

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**VAKUM ORTAMINDA OZMOTİK DEHİDRASYON
YÖNTEMİNİN İNCİR KURUTMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
DENEYSEL İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

UTKUCAN ŞAHİN

DENİZLİ, ARALIK - 2016

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



VAKUM ORTAMINDA OZMOTİK DEHİDRASYON
YÖNTEMİNİN İNCİR KURUTMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
DENEYSEL İNCELENMESİ

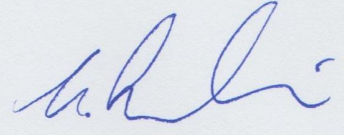
DOKTORA TEZİ

UTKUCAN ŞAHİN

DENİZLİ, ARALIK - 2016

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından 2014FBE032 nolu proje ile desteklenmiştir.**

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



UTKUCAN şAHİN

KABUL VE ONAY SAYFASI

Utkucan ŞAHİN tarafından hazırlanan “VAKUM ORTAMINDA OZMOTİK DEHİDRASYON YÖNTEMİNİN İNCİR KURUTMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 02.12.2016 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

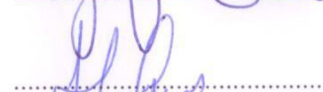
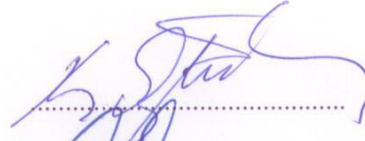
Danışman
Prof. Dr., Harun Kemal ÖZTÜRK

Üye
Prof. Dr., Rasim KARABACAK

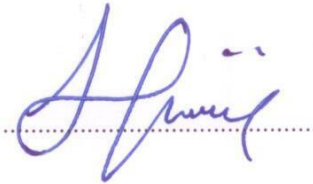
Üye
Prof. Dr., Mustafa Serhan KÜÇÜKA

Üye
Doç. Dr., Yahya TÜLEK

Üye
Doç. Dr., Hakan ÇALIŞKAN



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 16/12/2016.. tarih ve 46/27... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

VAKUM ORTAMINDA OZMOTİK DEHİDRASYON YÖNTEMİNİN İNCİR KURUTMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

UTKUCAN ŞAHİN

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HARUN KEMAL ÖZTÜRK)

DENİZLİ, ARALIK - 2016

Bu tez çalışmasında, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış Sarılop (*Ficus carica* L.) türü incirlerin kurutma kinetiği deneysel olarak incelenmiştir. Kurutma işleminden önce incirlere vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmıştır. Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirler 55, 60, 65, 70, 75 ve 80°C'de ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler ise 55, 60, 65 ve 75 °C'de kurutulmuştur. Farklı çözelti türü, çözelti sıcaklığı ve çözelti konsantrasyon oranı ile vakum işleminin incirin kurutma kinetiği üzerindeki etkileri incelenmiştir. İncirlerin kuruma davranışı literatürdeki kurutma modelleriyle ve bu tez kapsamında geliştirilen matematiksel modelle karşılaştırılmıştır. Kurutulmuş incirlerin duyusal değerlendirilmesi yapılmıştır. Buna ek olarak, taze incirler ile kurutulmuş incirlerin mikroyapısı incelenmiştir.

Sonuçlar, ozmotik dehidrasyon işleminin incirin kurutma süresini kısalttığını göstermiştir. Kurutma sıcaklığının artması, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerde kurutma süresinin kısalmasına ve kurutma sabiti, efektif nem difüzyonu ve aktivasyon enerjisinin artmasına neden olmuştur. Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirler ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin aktivasyon enerjisinin sırasıyla 44.92 (kJ/mol) ve 33.27 (kJ/mol) olduğu tespit edilmiştir. Ortalama efektif nem difüzyon katsayısının 2.75×10^{-10} m²/s- 11.55×10^{-10} m²/s aralığında olduğu görülmüştür. Buna ek olarak, deneysel verilere en iyi uyan kurutma modelinin bu tez kapsamında geliştirilen model olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Duyusal değerlendirmenin sonuçları, geleneksel yöntemle kurutulmuş incirlerin vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirler ile arasında istatistiksel bir farkın olmadığını ($p > 0.05$) ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler ile arasında ise istatistiksel bir farkın olduğunu ($p < 0.05$) göstermiştir. Mikroyapısal analizin sonuçlarına göre, ozmotik dehidrasyonun incirin dokusunda deformasyonlara sebep olduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: İncir, kurutma kinetiği, aktivasyon enerjisi, efektif nem difüzyonu, modelleme

ABSTRACT

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF EFFECTS OF OSMOTIC DEHYDRATION PROCESS UNDER VACUUM ON THE FIGS DRYING

PH.D THESIS

UTKUCAN ŞAHİN

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

MECHANICAL ENGINEERING

(SUPERVISOR:PROF. DR. HARUN KEMAL ÖZTÜRK)

DENİZLİ, DECEMBER 2016

In this thesis study, drying kinetics of osmotic dehydrated under vacuum and non-osmotically dehydrated Sarılop variety figs (*Ficus carica* L.) were experimental investigated. Osmotic dehydration under vacuum was applied to the figs before drying. Osmotic dehydrated under vacuum figs were dried at 55, 60, 65, 70, 75 and 80 °C and non-osmotically dehydrated figs were dried at 55, 60, 65 and 75 °C. Effects of different solution type, solution temperature, solution concentration ratio and vacuum impregnation on drying kinetics of figs were investigated. Drying behaviour of figs was compared with drying models which were used in literature and mathematical model which was developed for this thesis study. Sensory evaluation of dried figs was made. Addition to this, microstructure of dried and fresh figs was investigated.

Results show that osmotic dehydration shortened the drying period of figs. Increasing of drying temperature shortened the drying period and increased the drying constant, effective moisture diffusivity and activation energy of both osmotic dehydrated under vacuum and non-osmotically dehydrated figs. It was found that activation energy of osmotic dehydrated under vacuum and non-osmotically dehydrated figs were obtained 44.92 (kJ/mol) and 33.27 (kJ/mol), respectively. It was seen that mean of effective moisture diffusivity values of figs was ranged 2.75×10^{-10} m²/s- 11.55×10^{-10} m²/s. Additionally; it was obtained that developed model for this thesis was the most suitable drying model for all experiments. Results of sensory evaluation showed that there was no significant differences ($p > 0.05$) between traditional dried and osmotic dehydrated under vacuum dried figs but there was significant differences ($p < 0.05$) between traditional dried and non-osmotically dehydrated dried figs. According to the results of microstructure analysis, it was found that osmotic dehydration caused deformations in the structure of fig tissue.

KEYWORDS: Fig, drying kinetics, activation energy, effective moisture diffusivity, modeling

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	viii
SEMBOL LİSTESİ.....	xi
ÖNSÖZ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR	6
2.1 Ozmotik Dehidrasyon ile İlgili Yapılan Çalışmalar	6
2.2 Vakum Ortamında Ozmotik Dehidrasyon ile İlgili Yapılan Çalışmalar	11
2.3 İncirin Kurutulması ile İlgili Yapılan Çalışmalar	16
3. OZMOTİK DEHİDRASYON YÖNTEMİ	20
4. OZMOTİK DEHİDRASYONDA KÜTLE TRANSFER KİNETİĞİ.....	24
4.1 Kurutma Kinetiği	24
4.2 Nem Oranının Matematiksel Modellenmesi.....	25
4.3 Efektif Nem Difüzyonu	27
4.4 İstatistiksel Hesaplamalar	30
5. YÖNTEM.....	32
5.1 Ürünlerin Hazırlanması	32
5.2 Ozmotik Dehidrasyon Yönteminin Uygulanması	32
5.3 Ozmotik Dehidrasyon Yönteminde Vakum İşleminin Uygulanması.....	33
5.4 Kurutma İşlemi	35
6. DENEYSEL ANALİZLER	37
6.1 Nem Oranı (MR)-Kurutma Süresi (t) Değişimi İçin Oluşturulan Matematiksel Modellemelerin Karşılaştırılması.....	37
6.2 Vakum Ortamında Ozmotik Dehidrasyon Uygulanmış İncirlerde Kurutma Sıcaklığının Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 1, 2, 3, 4, 14 ve 15)	37
6.3 Ozmotik Dehidrasyon İşlemi Uygulanmamış İncirlerde Kurutma Sıcaklığının Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 16, 17, 18 ve 19).....	42
6.4 Vakum Ortamında Ozmotik Dehidrasyon Uygulanmış ile Ozmotik Dehidrasyon İşlemi Uygulanmamış İncirler Arasında Kurutma Kinetiğinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 4, 14, 15, 16, 17, 18 ve 19)	47
6.5 Çözelti Türünün Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 5 ve 6)	55
6.6 Çözelti Oranının Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 7 ve 10)	59
6.7 Çözelti Sıcaklığının Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 8 ve 11)	63
6.8 Vakumun, Ozmotik Dehidrasyon Uygulanan İncirlerin Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 9 ve 12).....	67

6.9	Vakum Süresinin, Vakum Ortamında Ozmotik Dehidrasyon Uygulanmış İncirlerin Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 9 ve 13)	71
6.10	Deneylerden Elde Edilen Efektif Nem Difüzyonu ile Aktivasyon Enerjisi Değerlerinin Literatür ile Karşılaştırılması	75
7.	DUYUSAL TEST ANALİZİ.....	77
8.	TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU ANALİZİ.....	86
9.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	88
10.	KAYNAKLAR	91
11.	EKLER.....	99
	EK A.....	99
	EK B.....	118
12.	ÖZGEÇMİŞ.....	119

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1: Ozmotik dehidrasyon boyunca kütle transfer mekanizması.....	21
Şekil 5.1: Vakum sisteminin (a) şematik ve (b) deney düzeneğinin resimsel gösterimi	34
Şekil 6.1: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin altı farklı kurutma sıcaklığında nem oranındaki değişimi.....	38
Şekil 6.2: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin altı farklı kurutma sıcaklığında $\ln(MR)$ değişimi.....	38
Şekil 6.3: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin altı farklı sıcaklıkta kurutulmasında geometrik çap (de)-nem içeriği (Mt) değişimi	39
Şekil 6.4: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin altı farklı sıcaklıkta kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı ($Deff$)-nem içeriği (Mt) değişimi	40
Şekil 6.5: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerde $\ln(Deff)$ ile $1/Tabs$ arasındaki değişim.....	41
Şekil 6.6: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C sıcaklıktaki nem oranı-kurutma süresi değişimi	42
Şekil 6.7: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin dört farklı sıcaklıktaki $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi.....	43
Şekil 6.8: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C sıcaklıkta kurutulmasında geometrik çap (de)-nem içeriği (Mt) değişimi.....	44
Şekil 6.9: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55, 60, 65 ve 75 °C sıcaklıktaki efektif nem difüzyon katsayısı ($Deff$)-nem içeriği (Mt) değişimi	45
Şekil 6.10: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerde $\ln(Deff)$ ile $1/Tabs$ arasındaki değişimi.....	46
Şekil 6.11: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C'de kurutulmasındaki nem oranı-kurutma süresi değişimi.....	47
Şekil 6.12: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C kurutma sıcaklığındaki $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi.....	48
Şekil 6.13: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C sıcaklıktaki geometrik çap (de)-nem içeriği (Mt) değişimi	49
Şekil 6.14: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin dört farklı sıcaklıktaki efektif nem difüzyon katsayısı ($Deff$)-nem içeriği (Mt) değişimi	50

Şekil 6.15: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerde $\ln(Deff)$ ile $1/Tabs$ arasındaki değişimi.....	51
Şekil 6.16: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin deneysel ve Arrhenius modeli kurutma sabiti değerlerinin karşılaştırılması	53
Şekil 6.17: Sakkaroz, fruktoz, glikoz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında nem oranı-kurutma süresi değişimi	55
Şekil 6.18: Sakkaroz, fruktoz ve glikoz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi.....	56
Şekil 6.19: Sakkaroz, fruktoz ve glikoz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında geometrik çap (de)-nem içeriği (Mt) değişimi	57
Şekil 6.20: Sakkaroz, fruktoz ve glikoz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı ($Deff$)-nem içeriği (Mt) değişimi	58
Şekil 6.21: 30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında nem oranı-kurutma süresi değişimi.....	59
Şekil 6.22: 30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi	60
Şekil 6.23: 30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında geometrik çap (de)-nem içeriği (Mt) değişimi	61
Şekil 6.24: 30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı ($Deff$)-nem içeriği (Mt) değişimi	62
Şekil 6.25: 30°C, 40°C ve 50°C'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında nem oranı-kurutma süresi değişimi.....	63
Şekil 6.26: 30°C, 40°C ve 50°C'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi	64
Şekil 6.27: 30°C, 40°C ve 50°C'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında geometrik çap (de)-nem içeriği (Mt) değişimi	65
Şekil 6.28: 30°C, 40°C ve 50°C'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı ($Deff$)-nem içeriği (Mt) değişimi	66
Şekil 6.29: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde vakum uygulanan incirlerin 75°C'de kurutulmasında nem oranı-kurutma süresi değişimi.....	67
Şekil 6.30: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde vakum uygulanan incirlerin 75°C'de kurutulmasında $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi.....	68

Şekil 6.31: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde vakum uygulanan incirlerin 75°C'de kurutulmasında geometrik çap (<i>de</i>)-nem içeriği (<i>Mt</i>) değişimi.	69
Şekil 6.32: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde vakum uygulanan incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı(<i>Def</i>)-nem içeriği (<i>Mt</i>) değişimi.	70
Şekil 6.33: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı vakum süreleri uygulanan incirler ile vakum uygulanmayan incirlerin 75°C'de kurutulmasında nem oranı-kurutma süresi değişimi.	71
Şekil 6.34: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı vakum süreleri uygulanan incirler ile vakum uygulanmayan incirlerin 75°C'de kurutulmasında $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi.	72
Şekil 6.35: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı vakum süreleri uygulanan incirler ile vakum uygulanmayan incirlerin 75°C'de kurutulmasında geometrik çap (<i>de</i>)-nem içeriği (<i>Mt</i>) değişimi.	73
Şekil 6.36: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı vakum süreleri uygulanan incirler ile vakum uygulanmayan incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı(<i>Def</i>)-nem içeriği (<i>Mt</i>) değişimi.	74
Şekil 7.1: Duyusal testte kullanılan dört farklı incir örneklerine ait kod bilgileri ve fotoğrafları.	78
Şekil 8.1: Taze ve kurutulmuş incirlerin taramalı elektron mikroskobu analizi ile elde edilen mikrografları.	87

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1:	Ozmotik dehidrasyonla ilgili yapılan çalışmalar	10
Tablo 2.2:	Vakum ortamında ozmotik dehidrasyonla ilgili yapılan çalışmalar	14
Tablo 2.3:	İncirin kurutulması ile ilgili yapılan çalışmalar	19
Tablo 4.1:	Literatürde incirlerin nem oranı için kullanılan matematiksel modeller.....	26
Tablo 5.1:	İncir kurutma için yapılan deneylerin listesi	36
Tablo 6.1:	Altı farklı sıcaklıkta kurutulan vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin ortalama efektif nem difüzyon katsayısı (\overline{Deff}) ve standart sapma değerleri	41
Tablo 6.2:	Dört farklı sıcaklıkta kurutulan ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin ortalama efektif nem difüzyon katsayısı ve standart sapma değerleri	46
Tablo 6.3:	Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin dört farklı sıcaklıktaki $\ln(\overline{Deff})$ değerleri	51
Tablo 6.4:	Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin dört farklı kurutma sıcaklığı için elde edilen deneysel ve Arrhenius modeli kurutma sabiti değerleri.....	53
Tablo 6.5:	Deneylerden elde edilen en küçük, en büyük ve ortalama efektif nem difüzyon katsayısı ile standart sapma (\pm) değerleri	75
Tablo 6.6:	Literatürde incir için elde edilen efektif nem difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi değerlerinin tez çalışması ile karşılaştırılması	76
Tablo 7.1:	Duyusal test için incir örneklerine verilen kodlar ve bu kodların açıklaması.....	77
Tablo 7.2:	İncir örneklerinin renk, koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni açısından Cronbach alfa katsayısı değerleri	79
Tablo 7.3:	Dört farklı yöntemle kurutulan incir örneklerinin renk, koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni bakımından elde edilen Levene testinin sonuçları	80
Tablo 7.4:	Dört farklı yöntemle kurutulan incir örneklerinin renk, koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmeye yönelik ANOVA testi.....	80
Tablo 7.5:	Renk özelliğinin beğenilmesi açısından değerlendirilen ürün kodlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri.....	81
Tablo 7.6:	Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin renk özelliğinin beğenilmesi bakımından birbirleri arasındaki ortalama farkın karşılaştırılması.....	81
Tablo 7.7:	Koku özelliğinin beğenilmesi açısından değerlendirilen ürün kodlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri.....	82
Tablo 7.8:	Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin koku özelliğinin beğenilmesi bakımından birbirleri arasındaki ortalama farkının karşılaştırılması.....	82
Tablo 7.9:	Tekstür özelliğinin beğenilmesi açısından değerlendirilen ürün kodlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri.....	83

Tablo 7.10: Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin tekstür özelliğinin beğenilmesi bakımından birbirleri arasındaki ortalama farkının karşılaştırılması.....	83
Tablo 7.11: Lezzet özelliğinin beğenilmesi açısından değerlendirilen ürün kodlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri.....	84
Tablo 7.12: Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin lezzet özelliğinin beğenilmesi bakımından birbirleri arasındaki ortalama farkının karşılaştırılması.....	84
Tablo 7.13: Genel beğeni açısından değerlendirilen ürün kodlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri.....	85
Tablo 7.14: Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin genel beğeni bakımından birbirleri arasındaki ortalama farkının karşılaştırılması.....	85
Tablo A.1: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 80°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	99
Tablo A.2: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	100
Tablo A.3: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 70°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	101
Tablo A.4: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 55°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	102
Tablo A.5: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki fruktoz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	103
Tablo A.6: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki glikoz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	104
Tablo A.7: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 30°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	105
Tablo A.8: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 30°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	106
Tablo A.9: Açık hava basıncındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	107

Tablo A.10: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 40°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	108
Tablo A.11: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 40°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	109
Tablo A.12: Vakum (512 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	110
Tablo A.13: Vakum (130 mbar, 180dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	111
Tablo A.14: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 65°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	112
Tablo A.15: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 60°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	113
Tablo A.16: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	114
Tablo A.17: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirin 65°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	115
Tablo A.18: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirin 60°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	116
Tablo A.19: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirin 55°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar.....	117

SEMBOL LİSTESİ

α	: Cronbach alfa katsayısı (birimsiz)
α_w	: Su aktivitesi (birimsiz)
d_e	: Geometrik çap (m)
$d_{e,t}$: Ürünün t anındaki geometrik çapı (m)
$d_{e,o}$: Ürünün başlangıçtaki geometrik çapı (m)
d_z	: Ürünün z eksenindeki çapı (m)
d_y	: Ürünün y eksenindeki çapı (m)
d_x	: Ürünün x eksenindeki çapı (m)
D_o	: Difüzyon katsayısı faktörü (m^2/s)
D_{eff}	: Efektif nem difüzyonu (m^2/s)
\overline{D}_{eff}	: Ortalama efektif nem difüzyonu (m^2/s)
E_a	: Aktivasyon enerjisi (kJ/mol)
$k_{kurutma}$: Kurutma sabiti (h^{-1})
M_e	: Ürünün denge anındaki nem içeriği (kg su/kg kuru madde)
M_o	: Ürünün başlangıçtaki nem içeriği (kg su/kg kuru madde)
M_t	: Ürünün t anındaki nem içeriği (kg su/kg kuru madde)
MR	: Nem oranı (birimsiz)
$MR_{tahmin,i}$: Tahmini olarak elde edilen nem oranı (birimsiz)
$MR_{deneysel,i}$: Deneysel olarak elde edilen nem oranı (birimsiz)
$\overline{MR}_{deneysel,i}$: Deneysel olarak elde edilen nem oranının ortalaması (birimsiz)
N	: Toplam veri sayısı (birimsiz)
OD	: Ozmotik dehidrasyon
p	: p değeri (birimsiz)
P^o	: Aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncı (kPa)
P_i	: Üründeki serbest suyun kısmi basıncı (kPa)
r	: Yarıçap (m)
R^2	: Regresyon katsayısı (birimsiz)
R_g	: Üniversal gaz sabiti (8,3143 J/mol.K)
$RMSE$: Hata kareler ortalamasının karekökü (birimsiz)
t	: Zaman (s)
T_{abs}	: Mutlak hava sıcaklığı (K)
V_o	: Ürünün başlangıçtaki hacmi (m^3)
V_t	: Ürünün t anındaki hacmi (m^3)
VR	: Hacim oranı (birimsiz)
χ^2	: Ki-kare (birimsiz)
z	: Değişken sayısı (birimsiz)

ÖNSÖZ

Yaklaşık altı yıllık bir emek sonucunda nihai hale ulaşmış bu çalışmanın gerçekleştirilmesi sürecinde katkı sağlayan aşağıda belirtilmiş kişilere teşekkür etmek isterim.

İncir ürünlerinin tedarik edilmesinde yardımcı olan Sayın Ayhan SALAFUR'a, gıda analizi konusunda yardımcı olan Sayın Arş. Gör. Dr. Engin DEMİRAY'a, lisansüstü eğitime başlamama vesile olan Sayın Prof. Dr. Muhammed ELTEZ'e, tez konumda benimle değerli görüşlerini paylaşan Sayın Prof. Dr. Rasim KARABACAK'a ve Sayın Prof. Dr. Mustafa Serhan KÜÇÜKA'ya, tezimle ilgili bilgilerini paylaşan ve beni her zaman destekleyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Harun Kemal ÖZTÜRK'e,

Desteklerini esirgemeyen Sayın Mükerrerem ve Dail KAŞMER'e,

Sevgisi, saygısı, sabrı ve desteği ile her zaman yanımda olan canım eşim Sayın Yrd. Doç. Dr. Tezcan KAŞMER ŞAHİN'e,

Her şeyden fedakârlık ederek beni büyüten, emeği ve sonsuz desteğiyle her zaman yanımda olan canım annem Sayın Ender ŞAHİN'e ve canım babam Sayın Mehmet ŞAHİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, varlığıyla ailemize tarif edilemez bir mutluluk veren, candan öte evladım Ayşe Nehir ŞAHİN'e ithaf olunur.

1. GİRİŞ

İncir (*Ficus carica* L), bitkiler aleminin Urticales takımının, Moraceae familyasında yer almaktadır (Mawa ve diğ. 2013). Akdeniz çevresine, Fenikeliler, Yunanlılar ve Romalılar tarafından yayıldığı bilinen incir, özellikle Yunanlıların temel besin kaynaklarından biri olması itibariyle büyük önem taşımıştır. M.Ö. 4. yüzyılda Anadolu'nun güneybatısındaki antik bölge olan ve bugünkü Aydın ve Muğla illerinin büyük kesimlerini içine alan Karia bölgesinde üretilen incirin, Miletos limanından Akdeniz ülkelerine yollandığı ve incirin bilimsel adı olan *ficus carica*'nın buradan geldiği düşünülmektedir (Günel 2008).

Türkiye incir üretiminde dünyada önemli bir paya sahiptir. Birleşmiş Milletler Tarım ve Gıda Örgütü (FAO) verilerine göre Türkiye, 2013/2014 sezonunda yaklaşık %26'lık payla (~299 bin ton) dünya yaş incir üretiminde ve yaklaşık %58'lik payla (~62 bin ton) dünya kuru incir üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Bununla birlikte, 2013/2014 sezonunda yaklaşık 51 bin tonluk ihracat miktarı ve yaklaşık 184 milyon \$'lık ihracat değeri ile Türkiye dünya kuru incir ihracatında da birincidir (Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü 2016). Bu bakımdan incirin Türkiye ekonomisi açısından önemli bir gıda türü olduğunu söylemek mümkündür.

Subtropikal ve ılıman iklim kuşağındaki ülkelerde yetiştiriciliği yapılan incir için, Türkiye'de en uygun ortam Ege ve Akdeniz bölgelerinde bulunmaktadır. Ege bölgesinde Bakırçay, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes vadileri ile kıyı kesimleri incirin yetiştirildiği alanlar olmakla beraber özellikle Büyük Menderes vadisinin orta kesiminde yer alan Aydın-Nazilli arasındaki bölge incir ağacının yetişmesi bakımından en uygun yerlerdir (Günel 2008). Öyle ki, Türkiye'de incirin %80'i Aydın İli çevresindeki Büyük ve Küçük Menderes havzalarında yetişmektedir (Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü 2016).

Üstün kaliteli kurutmalık incir de, iklim koşulları ve çevresel etkenler nedeniyle Ege Bölgesi'ndeki Büyük ve Küçük Menderes havzalarında yetiştirilmektedir. Üretilen incir çeşitleri arasında en fazla tercih edileni (~%90) ise Sarılop türüdür (Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü

2016). Sarılop türü incirin, çapı 47-54 mm, et kalınlığı 3.5-6 mm, beyazımsı ince kabuklu, kabuk oranı % 15, etli kısım oranı % 85, şeker miktarı % 65-70 ve 1080 tohumu bulunmaktadır. Bu tür, eskiden beri İzmir limanından ihraç edildiği için Avrupa pazarlarında İzmir inciri olarak da bilinmektedir (Günel 2008).

Raf ömrünün ve hasat zamanının kısa olması nedeniyle incir ürünlerine kurutma işlemi uygulanmaktadır (Yemiş ve diğ. 2012). İncirler, düşük maliyetli ve basit oluşu nedeniyle geleneksel yöntem olan güneşte kurutulmaktadır (Yemiş ve diğ. 2012). Enerji kaynağının bedava ve yenilenebilir oluşu bu metodu oldukça ekonomik yapmaktadır. Bununla birlikte, bu kurutma tekniğinde ürün mikrobiyal kontaminasyona, mikroorganizma gelişmesine ve böcek istilasına açıktır, ayrıca ürünün beslenme değerinde azalma meydana gelmektedir (Ayensu 1997, Madhlopa ve diğ. 2002). Bu tür kaygıların üstesinden gelebilmek için geleneksel yöntem olan güneşte kurutma yerine yeni endüstriyel kurutma teknolojileri kullanılmaya başlanmıştır (Piga ve diğ. 2004, Babalis ve Belessiotis 2004, Silva ve diğ. 2013, Villalobos ve diğ. 2016).

Kurutma, meyve ve sebzelerin depolama stabilitesini arttırmaya, paketleme ihtiyaçlarını minimize etmeye ve taşıma ağırlığını azaltmaya yaramaktadır (Sagar ve Suresh Kumar 2010). Kurutmanın, gıdalarda su aktivitesinin düşürülmesi, mikrobiyolojik aktivitenin azaltılması ve fiziksel ve kimyasal değişimlerin en aza indirilmesi gibi gıda kalitesi açısından birçok yararı vardır (Mujic ve diğ. 2014).

Gıdalardan suyun uzaklaştırılmasını sağlayan kurutma yöntemi, büzülme, sertleşme ve diğer olumsuz etkiler gibi üründe doku değişikliğine neden olabilmekte ve bunun sonucunda tüketici açısından ürünün kabul edilebilirliğini ve pazar değerini düşürmektedir (Farahnaky ve diğ. 2010). Kurutma tekniğinin başarılı olabilmesi kullanılan tekniğin, donanımın ve kurutma parametrelerinin en uygun biçimde kullanılmasına bağlıdır. Uygulanacak kurutma tekniğinin başarılı olmasıyla üründeki duyusal kalite, vitaminler, mikroelementler ve aroma bileşenleri daha iyi biçimde korunacaktır (Çınar 2009).

Kurutma, konserveleme ve dondurma gibi koruma yöntemleri gıdaların raf ömürlerinin uzatılması için uygulanmakta, ancak bu yöntemler bazı gıdaların orijinal taze durumundaki ürünleriyle karşılaştırıldığında daha düşük kalitede olmalarına neden olmaktadır (Shi 2008). Kurutma işlemi, esmerleşme ve doku sertleşmesi gibi gıdaların kalitesinde azalmaya neden olabilmektedir (An ve diğ. 2013).

Kurutulmuş ürünün kalitesini artırmak için kurutma işleminden önce araştırmacılar çeşitli metotlar üzerinde durmuşlardır. Bu metotlardan biri ozmotik dehidrasyondur (Shi 2008, An ve diğ. 2013). Ozmotik dehidrasyon, kurutma teknolojisinin ihtiyaç duyduğu enerji girdisinin azaltılması ve istenen niteliklerde ürün elde edilmesi gibi avantajları sebebiyle popülerliği artan bir yöntemdir (Çınar 2009).

Ozmotik dehidrasyon yöntemi, gıda ürününün hipertonic bir çözeltiye daldırılarak gıdadan suyun uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır. Bu sayede ürünlerin su aktivitesi düşerek raf ömrü artmakta ve ürünlerin renk, koku ve tekstür gibi özelliklerinin de korunması sağlanmaktadır (Moreno ve diğ. 2011). Ozmotik dehidrasyon, gıdanın kimyasal, fiziksel ve biyolojik aktivitesini kabul edilebilir seviyeye indirerek gıdanın besinsel ve duyuşal özelliklerini geliştirmeye yardımcı olmaktadır (Ahmed ve diğ. 2016).

Ozmotik dehidrasyon, düşük sıcaklıklarda ürünlerdeki suyun uzaklaştırılmasını sağlama potansiyeline sahip olduğu için enerji açısından verimli bir metottur (Bolin ve diğ. 1983). Bu yöntemde, gıda ürünündeki su faz değıştirmeden uzaklaştırıldığı için kurutmadaki işletme maliyetleri azalmaktadır (Shi 2008). Birçok araştırmacı ozmotik dehidrasyon yöntemini kurutma işleminden önce bir ön adım olarak kullanmışlardır (Garcia ve diğ. 2007, Al-Harashsheh ve diğ. 2009, Tunde-Akintunde 2011, Nabnean ve diğ. 2016, da Costa Ribeiro ve diğ. 2016).

Araştırmacılar kütle transfer oranını arttırmak amacıyla ozmotik dehidrasyon yöntemini vakumla birlikte kullanmışlardır (Fito ve Pastor 1994, Fito ve diğ. 2001, Chiralt ve diğ. 2001, Barat ve diğ. 2001, Cháfer ve diğ. 2001, Deng ve Zhao 2008, Zhao ve Xie 2004). Bu yöntemde vakum, ozmotik dehidrasyon işleminin başlangıcından itibaren kısa bir süreliğine (5-15 dakika) uygulanmaktadır. Bu teknik, hidrodinamik mekanizma yoluyla ozmotik çözelti ile gıda ürünü arasındaki kütle transferinin hızlanmasına yardımcı olmaktadır (Chiralt ve Fito 2003, Zhao ve Xie 2004).

Ozmotik dehidrasyonda, gıda ürünü ile ozmotik çözelti arasındaki kütle transfer kinetiğı temelde kullanılan ürünün karakteristiğı (Panagiotou ve diğ. 1998, Lombard ve diğ. 2008, Ahmed ve diğ. 2016), ozmotik çözelti türü (Rodriguez ve diğ. 2015, Akharume ve diğ. 2016), çözelti konsantrasyon oranı (Panagiotou ve diğ. 1998, Giraldo ve diğ. 2003, Moreno-Castillo ve diğ. 2005, Lombard ve diğ. 2008, Akharume ve diğ. 2016, Ahmed ve diğ. 2016), çözelti sıcaklığı (Panagiotou ve diğ.

1998, Moreno-Castillo ve diğ. 2005, Lombard ve diğ. 2008, Ahmed ve diğ. 2016), ozmotik dehidrasyon süresi (Giraldo ve diğ. 2003, Mújica-Paz ve diğ. 2003, Barrera ve diğ. 2004, Lombard ve diğ. 2008, Moraga ve diğ. 2009, Rodriguez ve diğ. 2015, Akharume ve diğ. 2016, Ahmed ve diğ. 2016) ve ortam basıncı (Giraldo ve diğ. 2003, Mújica-Paz ve diğ. 2003, Barrera ve diğ. 2004, Lombard ve diğ. 2008, Moraga ve diğ. 2009, Ahmed ve diğ. 2016) gibi koşullara bağlıdır.

Gıda kurutma en önemli özelliklerden biri de ısı transfer sürecinin modellenmesi ve tasarımı hakkında bilgi veren efektif nem difüzyon katsayısıdır. Bu katsayı, ürünün nem içeriği, fiziksel yapısı ve sıcaklığı gibi bazı koşullara göre değişmektedir (Kim ve Bhowmik 1995, Dadalı ve diğ. 2007). Bununla birlikte, kurutma teknolojisinin en önemli çalışma konularından biri de matematiksel modelledir (Gunhan ve diğ. 2005). Matematiksel modelleme, kurutma işleminin benzetiminde, ürünün kurutma süresinin tahminlenmesinde ve kurutma davranışının geliştirilmesinde kullanılabilir (Vijayan ve diğ. 2016). Matematiksel modelleme, kurutma sistemini yeterince tanımlayabilen bir dizi matematiksel denklemlerden oluşmaktadır (Seremet ve diğ. 2016).

Literatürdeki incir ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, incirin kurutma davranışının matematiksel modellenmesi üzerine yapılan çalışmalara rastlamak mümkündür (Babalıs ve Belessiotis 2004, Doymaz 2005, Xanthopoulos ve diğ. 2009, Xanthopoulos ve diğ. 2010, Silva ve diğ. 2013). Bununla birlikte, bazı araştırmacılar tarafından incirin kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı da incelenmiştir (Babalıs ve Belessiotis 2004, Doymaz 2005, Xanthopoulos ve diğ. 2009, Xanthopoulos ve diğ. 2010). Ancak, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işleminin incirin kurutma kinetiği üzerindeki etkileri ve vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin kurutma davranışının matematiksel modellenmesi ile ilgili bilgiler literatürde kısıtlıdır.

Bu tezin amacı, ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış (taze) ve vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin kurutma kinetiğinin deneysel olarak incelenmesidir. Buna ek olarak, farklı çözelti türü, çözelti sıcaklığı ve çözelti konsantrasyon oranında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin farklı kurutma sıcaklıkları altındaki kurutma davranışları ve ozmotik dehidrasyonda vakum işleminin kurutma kinetiği üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bununla birlikte taze ve kurutulmuş incirlerin duyusal ve mikroyapı analizleri incelenerek sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bu tezde, literatürdeki ozmotik dehidrasyonla ilgili yapılan çalışmalar, vakum ortamında ozmotik dehidrasyonla ilgili yapılan çalışmalar ve incirin kurutulması ile ilgili yapılan çalışmalar ikinci bölümde verilmiştir.

Ozmotik dehidrasyon yöntemi ile ilgili bilgilere tezin üçüncü bölümünde yer verilmiştir.

Tezin dördüncü bölümünde, ozmotik dehidrasyonda kütle transfer kinetiği ve incir kurutma modelleri eşitliklerine yer verilmiştir.

Tezin beşinci bölümünde, deneylerde kullanılan incire ait özelliklere, ozmotik çözelti ve vakum işlemine ait bilgiler ile kurutma işleminin özelliklerine yer verilmiştir.

Tezin altıncı bölümünde, ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış ve vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerin kurutma davranışlarının analizi ile nem oranı kurutma modellerinin istatistiksel sonuçlarına yer verilmiştir.

Tezin yedinci bölümünde, ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış ve vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirler ile geleneksel yöntemle (güneşte) kurutulmuş incirlerin duyusal test analizi ile ilgili bilgilere ve istatistiksel sonuçlara yer verilmiştir.

Tezin sekizinci bölümünde, taze ve kurutulmuş incirin mikroyapısal analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

Tezin dokuzuncu bölümünde, çalışmanın sonuçları değerlendirilmiş ve önerilere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR

Bu bölümde, sırasıyla ozmotik dehidrasyon, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon ve incirin kurutulması ile ilgili yapılan çalışmalara ait literatür özetlerine yer verilmiştir.

2.1 Ozmotik Dehidrasyon ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Panagiotou ve diğ. (1998), dilimlenmiş elma, muz ve kivi meyvelerinin ozmotik dehidrasyonu sırasındaki su kaybı ve katı kazanımını modellemişlerdir. Ağırılıkça %30, %40 ve %50 oranında sakkaroz çözeltileri kullanılmış ve deneyler 3 grupta incelenmiştir. 1. grupta aynı kalınlıktaki (8mm) meyve dilimlerine 20°C, 40°C ve 60°C sıcaklığında ve %30, %40 ve %50 çözelti oranında 16h ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmıştır. 2. grupta farklı kalınlıktaki (4, 8, 12, 16 ve 20 mm) meyve dilimlerine %40 çözelti oranında ve 40°C sıcaklığında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmıştır. 3. grupta ise aynı kalınlıktaki meyve dilimlerine (8 mm) %40 çözelti oranında, 40°C sıcaklığında ve bir karıştırıcı yardımıyla 3 farklı devirde (0, 100 ve 170 devir/dakika) ozmotik dehidrasyon uygulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre; 1. gruptaki deneylerde işlem süresi, konsantrasyon oranı ve çözelti sıcaklığındaki artışın her üç meyve dilimi için de su kaybı ve katı kazanımı miktarını artırdığı tespit edilmiştir. 2. gruptaki deneylerde meyve dilimlerinin kalınlığındaki artışın su kaybında ve katı kazanımında önemli ölçüde fark yaratmadığı tespit edilmiştir. 3. Gruptaki deneylerde ise çalkalama miktarındaki artışın meyve dilimlerindeki su kaybı ve katı kazanımı artışında önemli bir fark ortaya koymadığı tespit edilmiştir. Bu bakımdan, meyvelerin denge su kaybında ozmotik çözeltinin konsantrasyon oranının işlem sıcaklığına kıyasla daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, katı kazanımı ve su kaybı kinetiklerinin konsantrasyon oranı, sıcaklık, ürünlerin kalınlığı ve çalkalama hızına göre modellenerek deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Buna göre, model ile deneysel sonuçlar arasındaki sapma oranı su kaybı için %3.68-3.78 arasında değişirken katı kazanımı için %0.92-1.07 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu (2000), elma dilimlerinin ozmotik dehidrasyon süresince kütle transfer kinetiğini incelemiştir. Ozmotik dehidrasyon işlemi sakkaroz, dekstroz (üzüm şekeri) ve sakkaroz-dextrose karışımı çözeltilerde yapılmıştır. Ürün/çözelti kütle oranı 1/5 ve çalkalama işlemi 130 devir/dakika olarak belirlenmiştir. Ozmotik işlem süresi 8h sürmüştür. Elde edilen bulgulara göre; çözeltinin konsantrasyon ve sıcaklığının artmasının üründeki su kaybını ve katı kazanımını arttırdığı gözlemlenmiştir. Sakkaroz-dekstroz karışımı çözeltisi içerisindeki dekstroz oranının artmasıyla katı kazanımının ve su kaybının arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Su ve çözünen maddenin difüzyon katsayılarının 10^{-10} - 10^{-11} m²/s arasında değiştiği ve bu sonucun yapılan diğer çalışmalar ile uyumlu olduğu belirtilmiştir.

Eren (2004), yaptığı tez çalışmasında, sakkaroz ve tuz çözeltilerine daldırılmış patateslerin ozmotik dehidrasyonunu incelemiştir. Yapılan çalışmada, çözelti konsantrasyon oranı, sıcaklık ve ozmotik dehidrasyon işlem süresi bağımsız değişkenler; su kaybı, katı kazanımı, ağırlık kaybı ve su aktivitesi bağımlı değişkenler olarak seçilmiş, bu değişkenlerden matematiksel bir model ortaya konmuştur.

Moreno-Castillo ve diğ. (2005), ozmotik dehidrasyon uygulanmış hint incirinin (*opuntia ficus indica*) su kaybı ve renk değişimini gözlemlemiştir. Ürünler silindirik biçimde 5 mm kalınlığında dilimlendikten sonra 3 farklı konsantrasyon oranındaki (40, 50 ve 60 °Brix), 3 farklı sıcaklıktaki (25, 40 ve 55 °C) sakkaroz çözeltisinde, 1:15 ürün/çözelti kütle oranında 10 saat boyunca ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmıştır. Fick'in ikinci yasası ve Page eşitlikleriyle kurutma eğrisi modellenmiştir. Toplam renk değişiminin değerlendirilmesi için deney öncesinde ve sonrasında renk parametreleri ölçülmüş, oluşturulan modelle deney sonuçlarının renk değişimi-sıcaklık etkisi karşılaştırılmıştır.

İspir (2006), yaptığı tez çalışmasında, hacihalil tipi aşılı kayısıların ozmotik dehidrasyonla kurutulmasında, ozmotik madde (glikoz, fruktoz, sakkaroz ve maltodekstrin, sorbitol), çözelti konsantrasyonu, sıcaklık, örnek/çözelti oranı, zaman, örnek geometrisi, ön işlem, çalkalama, kesikli-sürekli işlem gibi çeşitli parametrelerin etkisini araştırmıştır. Ozmotik dehidrasyon sırasında meydana gelen su kaybı ve katı kazanımı için etkin difüzyon katsayısı ve denge dağılım katsayısı hesaplanmış, non-lineer regresyon kullanılarak, bu katsayılar

üzerine işlem parametrelerinin etkisi modellenmiştir. Daha sonra, ozmotik olarak dehidre edilen kayısıları 75°C sabit sıcaklıkta kurutarak, kurutma kinetiklerini incelemiş her bir parametre için difüzyon katsayısını hesaplamıştır. Yapılan çalışma sonucunda, sürekli metodun kesikli metoda göre daha iyi olduğu ve çalkalamanın kurutma kinetiği üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu bununla birlikte çözelti konsantrasyonunun, çözelti sıcaklığının ve işlem süresinin artması ile su kaybı ve katı kazanımının arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Erünel (2010), yaptığı tez çalışmasında, sarı, kırmızı ve mürdüm eriğinin ozmotik dehidrasyonuna etki eden parametreleri ve ozmotik dehidrasyonun kurutmaya etkisini incelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda, en fazla dehidrasyonun sakkaroz çözeltisinde olduğu, ozmotik dehidrasyonun her üç erik türünde ve her ozmotik ortamda farklı etkiye neden olduğu; ozmotik ortam sıcaklığı ve konsantrasyonundaki artışın ve bununla birlikte örnek/çözelti oranındaki azalmanın meyvelerden su kaybını ve difüzyon katsayısını arttırdığı tespit edilmiştir.

Albak ve Belibağlı (2010), sakız kabağının (*Cucurbita pepo*) ozmotik dehidrasyonunda kütle transfer kinetiği ve renk değişimini incelemişlerdir. Kabukları soyulan kabaklar 1 cm³'lük dilimler halinde kesilmiştir. Tuz (NaCl) çözeltisi üç farklı konsantrasyon oranında (%5, %15 ve %25) ve üç farklı sıcaklıkta (15, 25 ve 35 °C) kullanılmıştır. Ürün/çözelti kütle oranı 1/10 olarak belirlenmiştir. Ozmotik dehidrasyon işlemi 4 saat sürmüştür. Sonuçlar, çözelti sıcaklığının ozmotik dehidrasyon üzerinde etkisinin olmadığını ve ana etkenin tuz konsantrasyonu olduğunu, buna ek olarak, yüksek tuz konsantrasyonu ve sıcaklığın ürünlerin rengi üzerinde olumsuz bir etkiye neden olduğunu göstermiştir.

Kıroğlu Zorlugenç (2010), tez çalışmasında dilimlenmiş Trabzon hurmasının sakkaroz, glikoz ve maltoz çözeltileri içerisindeki ozmotik dehidrasyon davranışlarını incelemiştir. Ozmotik dehidrasyon işlemi, durgun ve yatay çalkalamalı bir sistem içerisinde kesikli yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Ozmotik dehidrasyon işlemi 360 dakikada sürmüştür. Kurutma işlemi, sıcak hava akımlı kabin tipi kurutucuda gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, ozmotik dehidrasyon sıcaklığı ve süresi ile çözelti bileşimi hurmaların suda çözünür kuru madde (SÇKM) içeriklerinde artışa neden olduğunu, örneklerin SÇKM içeriklerini arttırma yönündeki en etkin çözeltinin sırasıyla sakkaroz, maltoz ve glikoz olduğunu göstermiştir. Toplam kuru madde artışı en çok sakkaroz çözeltisinde dehidre edilen örneklerde gerçekleştiği ve

çalkalamalı sistemde dehidre edilen meyvelerin durgun sistemde dehidre edilenlere kıyasla toplam kuru madde içeriklerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Jaiyeoba ve Raji (2012), ozmotik dehidrasyon uygulanan domates (*lycopersicum esculentum*) meyvesinin kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi değişimini incelemişlerdir. Ozmotik dehidrasyon işlemi, 1/10 ürün/çözelti kütle oranındaki 45/15°Brix konsantrasyonunda ve 30, 40 ve 50°C sıcaklığındaki şeker-tuz çözeltisi karışımında uygulanmıştır. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve taze domatesler 40, 45 ve 50°C'deki sıcaklıklarda kurutulmuştur. Sonuçlar, ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve taze domateslerde kurutma sıcaklığı arttıkça efektif nem difüzyon katsayısının arttığını göstermiştir. Buna ek olarak, 40 ve 45°C'deki kurutma işlemlerinde taze domateslerin ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış olanlara kıyasla efektif nem difüzyon katsayısının daha yüksek olduğu ancak 50°C'deki kurutma işleminde ise bunun tersi durumda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, kurutma işlemi sonrasında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış olanların taze domateslere kıyasla aktivasyon enerjisinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ayala-Aponte ve diğ. (2014), ozmotik dehidrasyon uygulanan sarı pitaya (*selenicereus megalanthus*) meyvesinin kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi değişimini incelemişlerdir. Ozmotik dehidrasyon işlemi, 1/15 ürün/çözelti kütle oranında, kütlece %55 konsantrasyonunda ve 27°C sıcaklığındaki sakkaroz çözeltisinde uygulanmıştır. Ozmotik dehidrasyon işlemi 45dk uygulanmıştır. Ayrıca ozmotik dehidrasyon işleminde 500 devir/dakika'lık çalkalama işlemi uygulanmıştır. Taze ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış meyveler 0.77m/s hızındaki 50, 60 ve 70°C'lik sıcaklıklarda kurutulmuşlardır. Sonuçlar, ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve taze sarı pitaya meyvelerinin kurutma sıcaklığı arttıkça efektif nem difüzyon katsayısının arttığını göstermiştir. Buna ek olarak, kurutma işlemi sonrasında ozmotik dehidrasyon uygulanmış olanların efektif nem difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi değerinin taze olanlara kıyasla daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Ozmotik dehidrasyonla ilgili literatürde yapılan çalışmalara ait bilgiler Tablo 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1: Ozmotik dehidrasyonla ilgili yapılan çalışmalar

Yazarlar	Ürün	Çözelti tipi	Çözelti sıcaklığı (°C)	Çözelti oranı (°Brix)	Ürün / çözelti kütle oranı	Çalkalama (devir/dk)	OD süresi
Panagiotou ve diğ. (1998)	Elma, muz, kiwi (dilimlenmiş)	Sakkaroz	20, 40, 60	30, 40, 50	Yüksek (sabit)	0, 100, 170	16h
Kaymak-Ertekin ve Sultanoglu (2000)	Elma (dilimlenmiş)	Sakkaroz, dekstroz, sakkaroz+dekstroz	20-50	30-70	1/5	130	8h
Eren (2004)	Patates (dilimlenmiş)	Sakkaroz, tuz	20- 60	0-60	1/5	200	30-480 dk
Moreno-Castillo ve diğ. (2005)	Hint inciri	Sakkaroz	25, 40, 55	40, 50, 60	1/15	-	10h
İspir (2006)	Kayısı	Glikoz, fruktoz, sakkaroz	25, 35, 45	40, 50, 60, 70	1/4, 1/8, 1/12, 1/16, 1/20, 1/25	-	15h, 24h, 40h
Ertunal (2010)	Erik	Sakkaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin	25, 35, 45	65	1/5, 1/10, 1/15, 1/20	-	24h
Albak ve Belibağlı (2010)	Sakız kabağı	Tuz	15, 25, 35	5, 15, 25	1/10	-	30-240dk
Kıroğlu Zorlugenç (2010)	Trabzon hurması (dilimlenmiş)	Sakkaroz, glikoz, maltoz	30, 45	45, 55	1/10	0, 126	360dk
Jaiyeoba ve Raji (2012)	Domates	Şeker+tuz	30, 40, 50	45/15	1/10	-	-
Ayala-Aponte ve diğ. (2014)	Sarı pitaya	Sakkaroz	27	55	1/15	500	45dk

2.2 Vakum Ortamında Ozmotik Dehidrasyon ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Mujica-Paz ve diğ. (2003), vakum ortamında izotonik çözeltiye daldırılmış meyvelerin hacim değişimini incelemiştir. Deneylerde dilimlenmiş elma, mango, papaya, muz, şeftali, kavun ve mamey meyveleri kullanılmıştır. Meyveler ürün/çözelti kütle oranı 1/10 olan 41-60°Brix oranındaki sakkaroz çözeltisine daldırılmış ve vakum uygulanmıştır. Vakum işlemi 135-674 mbar'da gerçekleştirilmiştir. Vakumun hacim üzerinde belirgin bir etkiye neden olduğu tespit edilmiştir.

Lombard ve diğ. (2008), sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış ananas dilimlerinin su kaybı ve katı kazanım kinetiğini incelemiştir. Ozmotik dehidrasyon işlemi 45, 55 ve 65 °Brix oranındaki ve 30, 40 ve 50 °C sıcaklığındaki sakkaroz çözeltisinde uygulanmış olup ozmotik işlem süresi 20, 40, 60, 120, 180 ve 240 dakika sürmüştür. Ozmotik dehidrasyon işlemi hem atmosfer basıncında hem de vakum altında uygulanmıştır. Vakum altında ozmotik dehidrasyon işleminde, ozmotik dehidrasyonun ilk 10 dakikası boyunca 200 mbar'lık vakum uygulanmış daha sonra ozmotik dehidrasyon işlemine atmosfer basıncında devam edilmiştir. Sonuçlar, çözelti sıcaklığı ve çözelti konsantrasyon oranının artmasıyla üründeki su kaybı ve katı kazanım miktarının yükseldiğini göstermiştir. Bununla birlikte, çözelti konsantrasyon oranının ve çözelti sıcaklığının en yüksek olduğu durumda vakum uygulama işleminin ürünün su kaybı miktarını kolaylaştırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, çözelti sıcaklığındaki değişimin en çok üründeki su kaybına, çözelti oranındaki değişimin ise en çok üründeki katı kazanımına etki ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Deng ve Zhao (2008), fruktoz mısır şurubu çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış elma dilimlerinin çalkalama, ultrason ve vakum uygulama işlemleri sonunda elma dilimlerindeki su kaybı, katı kazanımı ve doku dayanıklılığını incelemiştir. Çalkalama, vakum ve ultrason işlemleri sonunda ürünlerdeki su kaybı oranının sırasıyla %45.7, %6.9 ve %11.6 olduğu, üründeki katı kazanım oranının sırasıyla %2.49, %3.02 ve %2.70 olduğu, gıdadaki doku dayanıklılık kaybı oranının ise sırasıyla %17.0, %14.6 ve %22.3 olduğu tespit edilmiştir.

Moreno ve diğ. (2011), armutun (*cv. Packham's Triumph*) ozmotik dehidrasyon altındaki kütle transfer kinetiğini incelemişlerdir. Armutlar kabuğu soyulduktan sonra 1cm³ olacak biçimde kesilip %1.5 askorbik asit ve %3 sitrik asit çözeltisinde 3 dakika kadar bekletilerek ürünlerde enzimatik esmerleşme sağlanmıştır. Enzimatik esmerleşme işleminden sonra ürünlere 65 °Brix oranındaki ve 30, 40 ve 50 °C sıcaklığındaki sakkaroz çözeltilerinde ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmıştır. Ozmotik dehidrasyon işlemi hem atmosfer basıncında hem de vakum altında uygulanmıştır. Vakum altında ozmotik dehidrasyon işleminde, ozmotik dehidrasyonun ilk 5 dakikası boyunca 50 mbar'lık vakum uygulanmış daha sonra ozmotik dehidrasyon işlemine atmosfer basıncında devam edilmiştir. Ozmotik dehidrasyon işlemi toplam 300 dakika sürmüştür. Bununla birlikte, ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca 50/60Hz ve 100V'luk alternatif akımda ve 13V/cm'lik elektrik alan şiddetinde ohmik ısıtma işlemi uygulanmıştır. Sonuçlar, ozmotik dehidrasyon süresince uygulanan ohmik ısıtma işleminin su kaybı ve katı kazanımı kinetiğinde istatistiksel farklılığa neden olduğunu göstermiştir. En yüksek su kaybının, ohmik ısıtma işleminin atmosfer basıncındaki ozmotik dehidrasyon işlemi ile birarada uygulandığı durumda gerçekleştiği en yüksek katı kazanımının ise ohmik ısıtma işleminin vakum altındaki ozmotik dehidrasyon işlemi ile birarada uygulandığı durumda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

An ve diğ. (2013), vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış çeri domateslerinin sıcak hava ile kurutulmasındaki kurutma kinetiğini ve gıda kalitesini incelemişlerdir. Ozmotik dehidrasyon işlemi, çözelti/ürün kütle oranı 4/1, kütlece 50°Brix ve 70°Brix çözelti oranındaki ve 50°C sıcaklığındaki sakkaroz çözeltisinde gerçekleşmiştir. Buna ek olarak, ozmotik dehidrasyonda 15 dakika süresince 13kPa vakum uygulanmıştır. Sonuçlar, atmosferik basınçta uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminde 70 °Brix'teki su kaybı değerinin 50 °Brix'tekinden daha yüksek olduğunu ve ozmotik dehidrasyonun kurutma süresini kısalttığı buna ek olarak vakumun katı kazanımı üzerinde artırıcı bir etkisi olduğunu ve kurutma süresi üzerinde pozitif etki yaptığını göstermiştir.

Moreno ve diğ. (2016), vakum altında ozmotik dehidrasyon ve ohmik ısıtma uygulanan yaban mersininin kütle transfer kinetiğini ve kurutma davranışını incelemişlerdir. Ozmotik dehidrasyon işlemi çözelti/ürün kütle oranı 3/1, 65°Brix oranındaki ve 30, 40 ve 50°C sıcaklığındaki sakkaroz çözeltisinde 300 dakika

boyunca sürmüştür. Ozmotik dehidrasyon işlemi hem atmosfer basıncında hem de vakum altında uygulanmıştır. Vakum altında ozmotik dehidrasyon işleminde, ozmotik dehidrasyonun ilk 15 dakikası boyunca 5 kPa'lık vakum uygulanmış daha sonra ozmotik dehidrasyon işlemine atmosfer basıncında devam edilmiştir. Bununla birlikte, ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca 60Hz ve 100V'luk alternatif akımda ve 13V/cm'lik elektrik alan şiddetinde ohmik ısıtma işlemi uygulanmıştır. Ohmik ısıtmayla birlikte uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminden sonra ürünler 1.5 m/s'lik akış oranında 50, 60 ve 70°C sıcaklıkta hava akımlı bir fırında kurutulmuştur. Kurutma işlemi ürünlerin son nem içeriği %20 oluncaya kadar sürmüştür. Sonuçlar, ohmik ısıtma ile birlikte uygulanan ozmotik dehidrasyonda vakum uygulama işleminin üründe su kaybı ve katı kazanımı miktarını arttırdığını göstermiştir. Kurutma sıcaklığının ürünlerin kurutma süresinde azalmaya neden olduğu bununla birlikte vakum altında ozmotik dehidrasyon uygulanmış ürünlerin atmosfer basıncında ozmotik dehidrasyon uygulanmış ürünlere göre 50°C sıcaklıkta daha kısa sürede kuruduğu tespit edilmiştir.

Corrêa ve diğ. (2016), dilimlenmiş domateslerin ozmotik dehidrasyonda vakum uygulama işleminin kütle transfer kinetiği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Domateslere 80/1 çözelti/ürün kütle oranındaki ve 40°C sıcaklığındaki sakkaroz-tuz (27.5°Brix-10°Brix) ve maltodekstrin-tuz (27.5°Brix-10°Brix) çözeltilerinde ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmıştır. Ozmotik dehidrasyon işlemi hem atmosfer basıncında hem de vakum altında uygulanmıştır. Vakum altında ozmotik dehidrasyon işleminde, ozmotik dehidrasyonun ilk 20 dakikası boyunca 100 mbar'lık vakum uygulanmış daha sonra ozmotik dehidrasyon işlemine atmosfer basıncında devam edilmiştir. Ozmotik dehidrasyon işlemi toplam 240 dakika sürmüştür. Sonuçlar, hem sakkaroz-tuz hem de maltodekstrin-tuz çözeltilerinde ozmotik dehidrasyon altında vakum uygulama işleminin ürünlerde su kaybı oranını arttırdığını ve ürünlerin su aktivitesini düşürdüğünü göstermiştir. Bununla birlikte, vakum işleminin sakkaroz-tuz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanan ürünlerde katı kazanım oranını arttırdığı, maltodekstrin-tuz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanan ürünlerde ise katı kazanım oranını azalttığı tespit edilmiştir.

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyonla ilgili literatürde yapılan çalışmalara ait bilgiler Tablo 2.2'de verilmektedir.

Tablo 2.2: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyonla ilgili yapılan çalışmalar

Yazarlar	Ürün	Çözeltili tipi	Çözeltili sıcaklığı (°C)	Çözeltili oranı (°Brix)	Ürün / çözeltili kütle oranı	OD süresi	Basınç değeri	Basınç süresi	Kurutma yöntemi
Mujica-Paz ve diğ. (2003)	Elma, mango, kavun, papaya, muz, şeftali, mamey (dilim)	Sakkaroz	-	-	1/10	-	135-674 mbar	3-45 dk	-
Deng ve Zhao (2008)	Elma (dilimlenmiş)	Fruktoz	20	60	1/3	3h	3mPa	5 dk (Kesikli)	Ultrason
Lombard ve diğ. (2008)	Ananas (dilimlenmiş)	Sakkaroz	30, 40, 50	45, 55, 65	-	20, 40, 60, 120, 180, 240 dk	200 mbar	10 dk	-
Moreno ve diğ. (2011)	Armut (dilimlenmiş)	Sakkaroz	30, 40, 50	65	-	5h	50 mbar	5 dk	-

Tablo 2.2 (devam): Vakum ortamında ozmotik dehidrasyonla ilgili yapılan çalışmalar

Yazarlar	Ürün	Çözelti tipi	Çözelti sıcaklığı (°C)	Çözelti oranı (°Brix)	Ürün / çözelti kütle oranı	OD süresi	Basınç değeri	Basınç süresi	Kurutma yöntemi
An ve diğ. (2013)	Çeri domates (kabuğu soyulmuş)	Sakkaroz	50	50, 70	1/4	3h	1 atm, 13kPa	15dk	70 °C'de hava ile
Moreno ve diğ. (2016)	Yaban mersini (bütün)	Sakkaroz	30, 40, 50	65	1/3	5h	15kPa	15dk	50°C, 60°C, 70°C'de hava ile
Corréa ve diğ. (2016)	Domates (dilimlenmiş)	Sakkaroz + NaCl Maltodekstrin + NaCl	40	27.5 + 10 27.5 + 10	1/80	240 dk	100 mbar	20 dk	-

2.3 İncirin Kurutulması ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Babalis ve Belessiotis (2004), taze incirlerin laboratuvar ölçekli tünel tipi kurutucuda kurutma kinetiğini incelemiştir. Uzunlamasına kesilen taze incirler, tünel tipi kurutucuda 55, 65, 75 ve 85°C kurutma sıcaklığında ve 0.5, 1, 2 ve 3 m/s hava akım hızında kurutulmuşlardır. Sonuçlar; hava sıcaklığı ve hava akım hızındaki artışın kurutma süresini kısalttığını ancak 2 m/s ve 3 m/s'deki hava akım hızlarında ise kurutma süresinde önemli bir farkın olmadığını göstermiştir. Efektif nem difüzyon katsayısının (D_{eff}) $8.4-11.3 \times 10^{-10}$ m²/s aralığında olduğu bununla birlikte, kurutma sıcaklığının artmasıyla efektif nem difüzyon katsayısının arttığı tespit edilmiştir. Aktivasyon enerjisinin (E_a) 30.8-48.47 kJ/mol aralığında değiştiği sonucuna ulaşılmıştır.

Piga ve diğ. (2004), sarılop incirlerinin sıcak hava ile dehidrasyonunun kurutma kinetiklerini ve ürün kalitesini incelemiştir. İncir örnekleri kurutma işleminden önce birbirinden bağımsız olarak üç farklı önışlemden geçirilmiştir. I. önışlemden önce örnekler önce 1 dakika kaynar suda bekletilmiş sonra musluk suyuyla yıkanarak ortam sıcaklığına kadar soğutulmuş, sonra da 9:1 çözelti/kütle oranında H₂S₂O₅ (%3 çözelti oranı) çözeltisine 3 dakika daldırılarak sülfatlanmıştır. II. önışlemden önce örnekler önce 9/1 su/kütle oranında 1 dakika kaynar suda bekletilmiş sonra musluk suyuyla yıkanarak ortam sıcaklığına kadar soğutulmuştur. III. önışlemden herhangi bir işlem uygulanmamıştır. İncir örnekleri kapalı bir ortamda 55°C'de kurutulmuşlardır. Sonuçlar, I., II. ve III. önışlemlerden geçen her bir kurutma işleminin sırasıyla 33h, 37h ve 54h sürdüğünü göstermiştir. Buna ek olarak, başlangıçtaki ürünlerde 0.96 olan su aktivitesi (a_w) değerinin, kurutma işlemleri sonucu 0.61-0.63 aralığına düştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Doymaz (2005), sarılop türü incirlerin güneşte kurutulması süresince kurutma kinetiğini incelemiştir. İncirler bütün halde (soyulmamış ve dilimlenmemiş) kurutulmuş ve kurutma işlemi ürünlerdeki son nem seviyesi %25 oluncaya kadar devam etmiştir. Nem oranı (MR), 8 farklı modele uyarlanarak deneysel verilerle karşılaştırılmış ve deneysel verilere en iyi uyanın *Verma ve diğ. modelinin* olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, efektif difüzyon katsayısının (D_{eff}) 2.47×10^{-10} m²/s olduğu bulunmuştur.

Apaydın (2007), yaptığı tez çalışmasında doğal akımlı bir güneş enerjili kurutucuda sarılop incirlerinin kurutulmasını incelemiştir. Ürünün zamana bağlı olarak nem içeriğinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Deneysel ayrılabilir nem oranı (ANO_{deneysel}), her periyot için hesaplanmış, hava sıcaklığı, rüzgar hızı, güneş ışınım şiddeti ve hava bağıl neminin etkisi her bir periyot için tek tek regresyon analizi yapılmıştır. Kuruma davranışını en iyi açıklayan eşitliğin bulunabilmesi için ANO değeri ilişkili olan hava sıcaklığı, rüzgar hızı, güneş ışınım şiddeti ve hava bağıl nemi değerlerine çoklu regresyon analizi uygulanmış ve her bir periyot için dört farklı eşitlik elde edilmiştir. Deneysel ayrılabilir nem oranı (ANO_{deneysel}) ve hesaplanan ayrılabilir nem oranı ($ANO_{\text{hesaplanan}}$) değerleri birbiriyle karşılaştırılmış ve sonuçların mükemmel yakın olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, hava sıcaklığının kuruma hızına etkisinin rüzgar hızından daha çok olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Xanthopoulos ve diğ. (2009), kurutma fırınında kurutulan incir (*Ficus carica* L. var. *tsapela*) ürünlerinin kurutma kinetiğini incelemişlerdir. İncirler kabuğu soyulmadan bütün olarak kurutulmuşlardır. Kurutma işlemi hava sıcaklığı 45, 55 ve 65 °C ve hava akım hızı ise 1, 3 ve 5 m/s'de gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi 45, 55 ve 65°C hava sıcaklığında sırasıyla ortalama 48, 36 ve 22h sürmüştür. Efektif nem difüzyon katsayısının (D_{eff}) $39.3-655.5 \times 10^{-10}$ m²/s aralığında olduğu tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklığının artmasıyla efektif nem difüzyon katsayısının arttığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak, aktivasyon enerjisinin (E_a) 7.37-40.95 kJ/mol aralığında değiştiği sonucuna ulaşılmıştır.

Xanthopoulos ve diğ. (2010), kurutma fırınında kurutulan kabuğu soyulmuş ve kabuğu soyulmamış incir (*Ficus carica* L. var. *tsapela*) ürünlerinin kurutma kinetiğini incelemişlerdir. Kurutma işlemi, 45, 55 ve 65°C hava sıcaklığında ve 1, 3 ve 5 m/s hava akım hızında gerçekleştirilmiştir. Kabuğu soyulmamış incirlerde efektif nem difüzyon katsayısının (D_{eff}) $3.97-7.52 \times 10^{-10}$ m²/s aralığında olduğu, kabuğu soyulmuş incirlerde ise efektif nem difüzyon katsayısının $5.54-7.80 \times 10^{-10}$ m²/s aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kurutma sıcaklığının artmasıyla efektif nem difüzyon katsayısının da arttığı ve kabuğu soyulmamış incirlerin kabuğu soyulmuş incilere kıyasla aktivasyon enerjisinin (E_a) 1.86 kat yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yemiş ve diğ. (2012), sarılop incirleriyle birlikte Bursa siyahi, Morgüz, Yeşilgüz ve Sarızeybek incirlerinin konvansiyonel güneş kurutma metoduyla kurutulmasının nem miktarı ve renk değişimlerini incelemiştir. Kurutma süresi 7 gün sürmüştür. Sarılop incirlerde nem içeriği, başlangıçta %52 iken kurutma süresinin ilk 5 günü boyunca doğrusal bir biçimde azalmış, bu azalma diğer 2 gün boyunca yavaşlamış ve son durumda nem içeriği yaklaşık %20'ye ulaşmıştır.

Mujić ve diğ (2012), incirlerin önişlem ve önişlemsiz kurutulmasını karşılaştırmıştır. Deneylerde, *Petrovača Crna* çeşidi incir kullanılmıştır. Kurutma, 2 adet 4 kW gücündeki ısıtıcıların olduğu kabin tipi kurutucuda gerçekleştirilmiştir. Kurutma hava sıcaklığı 60°C'dir. Önişlem basamakları sırasıyla, sülfürleme, %0.3'lük sitrik asit solüsyonuna daldırma, %0.3'lük askorbik asit solüsyonuna daldırma biçimindedir. Sülfürleme 30 dakika boyunca uygulanmıştır. Sonuçlar, önişlemeden geçirilerek kurutulan incirlerin önişlemsiz kurutulan incilere kıyasla kurutma süresini %50 kısalttığını göstermiştir.

Silva ve diğ. (2013), sarılop incirinin (*F. Carica L.*) ozmotik dehidrasyon sonrası sıcak hava ile kurutulmasında kurutma kinetiklerini incelemiştir. Dilimlenmiş incirlere, 1/10 ürün/çözelti kütle oranındaki, %46.6-63.4 çözelti konsantrasyon oranındaki ve 37-53°C sıcaklığındaki sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmıştır. Ozmotik dehidrasyonda çözelti konsantrasyon oranı, ozmotik işlem süresi ve çözelti sıcaklık artışının ürünlerin nem içeriğinde azalmaya ve toplam çözünür kuru madde miktarında artışa neden olmuştur. Ozmotik dehidrasyon uygulanmış incir ürünleri ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler 55, 65 ve 75°C sıcaklıkta ve 1.4 m/s'lik hava hızında kurutulmuşlardır. Kurutma sıcaklığının 75°C'den 50°C'ye düşmesi kurutma süresinin 300 dakikadan 600 dakikaya çıkmasına neden olmuştur. Kurutma sıcaklığındaki artışın, ozmotik dehidrasyon uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerde büzülme oranı üzerinde istatistiksel bir farka neden olmadığı ($p > 0.05$), ozmotik dehidrasyon uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler arasında büzülme oranı değeri arasında istatistiksel bir farkın olduğu ($p < 0.05$) sonucuna ulaşılmıştır. Kurutma süresince ozmotik dehidrasyon uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin nem oranı, iki-terimli exponansiyel modele göre hesaplanmış ve elde edilen modelin deneysel sonuçlara yakın olduğu tespit edilmiştir.

İncirin kurutulması ile ilgili literatürde yapılan çalışmalara ait bilgiler Tablo 2.3'de verilmektedir.

Tablo 2.3: İncirin kurutulması ile ilgili yapılan çalışmalar

Yazarlar	Ürün	Önişlem	Kurutma tipi
Piga ve diğ (2004)	Sarılop (bütün halinde)	a. 1 dk kaynar suya daldırma + 3dk sülfatlama, b. 1 dk kaynar suya daldırma, c. Ön işlemsiz	Sıcak hava
Babalıs ve Belessiotis (2004)	Kymi (dilim)		Sıcak hava
Doymaz (2005)	Sarılop (bütün halinde)		Güneşte
Apaydin (2007)	Sarılop (bütün halinde)		Doğal akımlı güneş enerjili kurutucu
Xanthopoulos ve diğ (2009)	Ficus carica L. var. tsapela		Sıcak hava
Xanthopoulos ve diğ (2010)	Ficus carica L. var. tsapela		Sıcak hava
Yemiş ve diğ (2012)	Sarılop, Bursa siyahı, Morgüz, Yeşilgüz, Sarızeybek (bütün halinde)		Konvansiyonel güneş kurutma
Mujji ve diğ (2012)	<i>Petrovača Crna</i>	a. Sülfürleme (30dk)+sitrik asit+askorbik asit b. Önişlemsiz	Kabin kurutucu
Silva ve diğ (2013)	Sarılop (dilimlenmiş)	Ozmotik dehidrasyon (sakkaroz)	Sıcak hava

3. OZMOTİK DEHİDRASYON YÖNTEMİ

Ozmotik dehidrasyon ilk kez 1966 yılında ortaya atılmıştır (Pointing ve diğ. 1966). Bu yöntem, hipertonic bir çözeltiye daldırılmış bitki dokularından suyun uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır (Zhao ve Xie 2004).

Ozmotik dehidrasyon, meyve ve sebze gibi gıda maddelerinin sakkaroz, glikoz, fruktoz, sodyum klorür ya da diğer ozmotik ajanların hipertonic bir çözeltisine daldırılması prensibine dayanan doğal suyun uzaklaştırılma sürecinin bir parçası olarak tanımlanabilir. Çünkü hipertonic çözelti yüksek ozmotik basınca ve düşük su aktivitesine sahiptir ve suyun uzaklaştırılması için çözelti ve gıda arasında bir sürüklenme kuvveti ortaya çıkar. Burada hücre yüzey yapısı, etkili yarı geçirgen zar gibi davranmaktadır (Shi 2008).

Ozmotik dehidrasyon, çözünen maddenin gıdaya nemin de gıdanın içinden ayrılarak hipertonic çözeltiye geçtiği bir işlemdir (Ahmed ve diğ. 2016). Ozmotik dehidrasyonun yüksek enerji gerektirmemesi bakımından avantajlı bir yöntem olmasına rağmen ürünü kabul edilebilir kurutma seviyelerine ulaştıramamaktadır. Bu sebeple, bu yöntem kurutmada bir ön işlem olarak kullanılmaktadır (Sagar ve Suresh Kumar 2010).

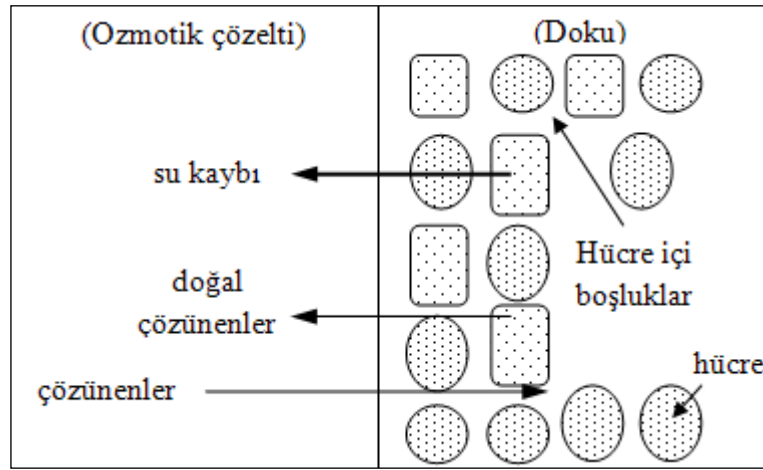
Ozmotik dehidrasyon, üründe renk, doku ve aroma gibi özellikleri koruduğu gibi su aktivitesini düşürerek ürünlerin raf ömrünü uzatır (Moreno ve diğ. 2011). Ozmotik dehidrasyon, taze meyvelerin kalite özelliklerini minimal derecede azaltmakla beraber ürünün raf ömrünü arttıran bir işlemdir (Moraga ve diğ. 2009).

Diğer dehidrasyon yöntemleriyle kıyaslandığında gıdaların ozmotik dehidrasyonunun sağladığı başlıca üstünlükler (Shi 2008);

1. Isının gıda dokusuna, rengine ve lezzetine vermiş olduğu hasarı minimize eder. Buna ek olarak, bitki dokularının ozmotik çözelti içerisine daldırılması, oksijen girişine karşı bir duvar etkisi sağlandığını ortaya koymaktadır.
2. Daha fazla dehidrasyon sırasında doğal uçucu bileşenlerin doku içerisinde tutunması artmaktadır.

3. Dokusal bakımdan kalite artmaktadır.
4. Enerji tüketimi azalmaktadır. Çünkü su faz değişimi olmadan uzaklaştırılmakta böylece ozmotik dehidrasyon, düşük işletme maliyetleriyle sonuçlanmaktadır.

Ozmotik dehidrasyonda, taze gıda maddesi hipertonic bir çözeltiye daldırıldıktan sonra, gıda ile çözelti arasında bir sürüklenme kuvveti doğar. Gıdalarda hücre zarı tamamen yarı geçirgen olmadığından ve ürün küçük parçalara kesilirken hücre duvarı zarar gördüğünden dolayı çözeltiden gıdaya karşıt akımla bir miktar da çözünür madde difüze olmaktadır. Bu nedenle, ozmotik dehidrasyon sırasında başlıca iki temel kütle transferi vardır (Şekil 3.1): (i) madde içine çözünenin hareketi ve (ii) dokunun dışına suyun akışı. Bununla birlikte, gıda maddesinde mevcut olan organik asit, indirgen şekerler ve bazı tat ve renk pigmentleri gibi bazı çözünenler gıda dokusundan çözeltiye doğru olan su akışıyla birlikte karışırlar. Bu da ürünün organoleptik (duyusal) ve besinsel karakterini etkiler. Ancak, hücre zarı tam olarak seçici bir zar olmadığından dolayı bu ihmal edilebilir (Zhao ve Xie 2004, Albak ve Belibağlı 2010, Shi 2008).



Şekil 3.1: Ozmotik dehidrasyon boyunca kütle transfer mekanizması

Ozmotik dehidrasyon işleminde kütle transfer kinetikleri genellikle su kaybı, ağırlık kaybı ve katı veya çözünenin kazanımı biçiminde tanımlanmaktadır (Moraga ve diğ. 2009, Shi 2008). Ozmotik dehidrasyon işleminde kütle transfer hızına; çözeltinin sıcaklığı, çözeltinin molekül ağırlığı, çözeltinin konsantrasyon oranı, ozmotik işlem süresi, çözelti kütlelerinin ürün kütlelerine oranı, ürünün geometrik şekli ve boyutları, çalışma basıncı ve sistemde karıştırma işleminin uygulanması gibi

parametrelerin etki ettiği görülmüştür (Allali ve diğ. 2010, Zhao ve Xie 2004, Moraga ve diğ. 2009).

Kurutma, birçok uygulamada yüksek enerji girdisi gerektiren bir işlemdir. Üretim süreçlerinde kullanılan toplam enerjinin ortalama yaklaşık %12'sini endüstriyel kurutucular tüketmekte ve üretim süreçlerinde kurutma işleminin maliyeti toplam maliyetin %60-70'ine kadar ulaşabilmektedir (Syahrul ve diğ. 2002). Kurutma, üründen nemin uzaklaştırılması sırasında suyun buharlaşma gizli ısısının yüksek olmasından dolayı gıda ve gıda dışı ürünlerde en çok enerji ihtiyacı duyan işlemlerden biri olarak kabul edilir (Ahmed ve diğ. 2016). Bununla birlikte, kurutmada enerji ihtiyacı üründeki nemin uzaklaştırılması sırasında geçen kurutma süresi ile orantılıdır. Ozmotik dehidrasyon yönteminde, birçok kurutma işleminde olduğu gibi üründeki suyun buharlaştırılmasının aksine üründeki nem fiziksel difüzyonla uzaklaştırılmakta ve bu sayede herhangi bir faz değişikliği olmamaktadır (Ramya ve Jain 2016). Bu bakımdan, ozmotik dehidrasyon yönteminin kurutma süresini kısalttığı ve enerji tüketiminde %20-30 oranında azalmaya neden olduğu belirtilmektedir (Lenart 1996).

Ozmotik dehidrasyon uygulanmış ürünlerin son kalitesi bir takım faktörlere dayanmaktadır. Bunlar aşağıdaki biçimde sıralanabilir (Shi 2008):

1. Ozmotik dehidrasyon öncesinde dondurma, haşlama ve kalsiyum pektin gibi kimyasal ile önışlem uygulanması,
2. Ozmotik çözeltinin türü,
3. Şeker çözeltisinin konsantrasyon oranı,
4. Şeker çözeltisinin pH değeri,
5. Kalsiyum ve sodyum klorit gibi ek maddelerin şeker çözeltisiyle karıştırılması,
6. Ozmotik çözeltinin sıcaklığı,
7. Ozmotik dehidrasyon işleminin süresi,
8. Ozmotik dehidrasyonda basıncın uygulanması,
9. Gıda ürününün geometrik özelliği

Ozmotik işlemlerin ultrason, mikrodalga, vurgulu elektrik alan, ohmik ısıtma ve vakum uygulamasıyla kombine edildiği uygulamalar mevcuttur (Allali ve diğ. 2010, Changrue ve Orsat 2009, Deng ve Zhao 2008, Eroğlu ve Yıldız 2011, Moreno ve diğ. 2012^{ab}, Moreno ve diğ. 2011).

Vakum işlemi, gözenekli yapıdaki hayvan ve bitki dokularının içerisine doku dışındaki sıvıların girmesini hızlandıran yararlı bir tekniktir. Özellikle yüksek gözenekli ürünlerde vakum işleminin uygulanması ürünlerin renk, tekstür ve toplam asit gibi fizikokimyasal özelliklerine etki etmektedir (Zhao ve Xie 2004).

Vakum işleminin ozmotik dehidrasyon yöntemi ile birlikte kullanılmasıyla, gıda ürünü ile hipertonic çözelti arasında gerçekleşen kütle transferinin hızını artırılması amaçlanmaktadır (Fito 1994). Bu yöntemde, hipertonic çözeltiye daldırılan gıda ürünü kısa bir süreliğine vakum altında tutulduktan sonra ozmotik dehidrasyon işlemine atmosfer basıncında devam edilmektedir (Zhao ve Xie 2004). Vakum işleminin ozmotik dehidrasyon yöntemi ile birlikte kullanılmasıyla üründe katı kazanımı ve su kaybı oranı artarak ürünün kurutma süresinin kısılması sağlanmaktadır (Ahmed ve diğ. 2016). Buna ek olarak, vakum işleminin uygulanması enerjinin kullanımı bakımından da fayda sağlamaktadır. Vakum tekniğinin ısıtma ihtiyacı duymadan doku içindeki suyu faz değiştirmeden sıvı olarak uzaklaştırılabildiği için enerji tasarrufu sağladığı da bilinmektedir (Eroğlu ve Yıldız 2011, Zhao ve Xie 2004).

4. OZMOTİK DEHİDRASYONDA KÜTLE TRANSFER KİNETİĞİ

Bu bölümde, nem oranının hesaplanması, literatürde incirlerin nem oranı için kullanılan matematiksel modellemelere ve bu tez kapsamında geliştirilen kurutma modeline, efektif nem difüzyonunun hesaplanması ile istatistiksel hesaplamalara yer verilmiştir.

4.1 Kurutma Kinetiği

Ürünlerin nem oranı eşitlik (4.1) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (4.1)$$

Burada, MR nem oranını, M_t ürünün herhangi bir t anındaki nem içeriğini (kg su/kg kuru madde), M_o ürünün başlangıçtaki nem içeriğini (kg su/kg kuru madde), M_e denge anındaki nem içeriğini (kg su/kg kuru madde) vermektedir.

İncirin denge nem içeriği (M_e), eşitlik (4.2)'de verilen GAB (Guggenheim-Anderson-De Boer) metodu ile analitik olarak hesaplanabilmektedir (Babalıs ve Belessiotis 2004; Xanthopoulos ve diğ. 2010).

$$M_e = \frac{M_m \cdot c \cdot k \cdot a_w}{(1 - k \cdot a_w) \cdot (1 - k \cdot a_w + c \cdot k \cdot a_w)} \quad (4.2)$$

Burada, katsayılar eşitlik (4.3) ve eşitlik (4.4) ile verilmektedir.

$$c = c_0 \exp\left(\frac{\Delta H_c}{R_g T_{abs}}\right) \quad (4.3)$$

$$k = k_0 \exp\left(\frac{\Delta H_k}{R_g T_{abs}}\right) \quad (4.4)$$

Eşitlik (4.2), (4.3) ve (4.4)'teki sabitler sırasıyla verilmektedir (Marinos-Kouris ve Maroulis 2015): $M_m = \%11.7$ kuru bazda, $c_0 = 1.77$, $\Delta H_c = -1.55$ J/mol · K, $k_0 = 0.05$, $\Delta H_k = 25.2$ J/mol · K.

Eşitlik (4.2)'de verilen a_w su aktivitesidir ve denge bağılı nemi olarak ölçülür. Aynı zamanda ürünün içindeki serbest suyun kısmi basıncının (P_i) aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına (P^0) oranıdır ve eşitlik (4.5) ile verilmektedir (Çolak Güneş 2009).

$$a_w = P_i/P^0 \quad (4.5)$$

a_w değerinin 0.7'nin altına düşmesi mikrobiyolojik bozulmayı önlemektedir. Buna ek olarak, bir gıda ürünün kurutulmuş başarılı bir şekilde muhafaza edilebilmesi için a_w değerinin 0.3'ün altına düşürülerek diğer bozulma reaksiyonlarının da önlenmesi gereklidir (Çolak Güneş 2009). İncirlerin kurutma sonrasındaki su aktivitesi değerlerinin 0.65-0.83 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Taoukis ve Richardson 2007).

4.2 Nem Oranının Matematiksel Modellenmesi

Deneylerde incirlerin kurutma süresince nem oranındaki değişimleri, incirin kurutulmasıyla ilgili kullanılan literatürdeki 10 adet kurutma eşitliği ile matematiksel olarak modellenmiştir. Nem oranı için kullanılan matematiksel modellere ait eşitlikler Tablo 4.1'de verilmektedir.

Tablo 4.1: Literatürde incirlerin nem oranı için kullanılan matematiksel modeller

Model No	Model İsmi	Model eşitliği	Kaynaklar
1	Lewis	$MR = \exp(-kt)$	Mujic ve diğ. (2014) Babalıs ve diğ. (2006) Doymaz (2005)
2	Page	$MR = \exp(-kt^n)$	
3	Modifiye edilmiş Page	$MR = a \exp[-(kt^n)]$	
4	Henderson ve Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	
5	Logaritmik	$MR = a \exp(-kt) + c$	
6	İki terimli	$MR = a \exp(-k_o t) + b \exp(-k_1 t)$	
7	İki terimli exponansiyel	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kat)$	
8	Wang ve Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	
9	Verma ve diğ.	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-gt)$	
10	Weibull dağılımı	$MR = a - b \exp[-(kt^n)]$	

Bu tez kapsamında, Tablo 4.1'de verilen matematiksel eşitliklere ek olarak Page modeli, Lewis modeli, Henderson ve Pabis modeli ile Wang ve Singh modellerine dayanan bir matematiksel model geliştirilmiştir. Literatürdeki incirin kurutulması ile ilgili yapılan çalışmalarda (Babalıs ve diğ. 2006, Xanthopoulos ve diğ. 2009, Xanthopoulos ve diğ. 2010, Silva ve diğ. 2013) nem oranının kurutma süresince üstel azalma gösterdiği söylenebilir. Bu bakımdan, tez kapsamında geliştirilen bu modelde nem oranının kurutma süresi ile ilişkisi dördüncü dereceden bir polinomun üstel fonksiyonu biçiminde olup matematiksel formülü eşitlik (4.6)'da verilmiştir.

$$MR = \exp(a + bt + ct^2 + dt^3 + et^4) \quad (4.6)$$

Burada, t kurutma süresini (h), a sabit değeri ($t = 0$ için), b , c , d ve e ise katsayıları belirtmektedir.

Tablo 4.1'deki kurutma modelleri ile eşitlik (4.6)'daki kurutma modelinin doğrusal olmayan tanımlama analizleri SPSS 20.0 istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve bu eşitliklere ait kurutma parametreleri ve katsayıları hesaplanmıştır.

4.3 Efektif Nem Difüzyonu

Ozmotik dehidrasyon süreci için birçok kütle transfer modeli, katı maddenin izotropik olduğu ve büzülmenin olmadığı katı faz içinde ozmotik çözünen ve suyun serbest olarak difüzlendiği kabulüne dayanmaktadır. Bu kabuller kullanılarak, kütle transfer modelleri Fick'in I. yasası gibi katı maddelerdeki difüzyonu ifade eden temel diferansiyel eşitliklere uygulanır. Ozmotik dehidrasyon süreci, gıda maddesinin çözünen kazanımı ve su kaybı oranı ile karakterize edilebilir. Ozmotik çözeltide sabit bir dış koşul (sabit konsantrasyon) ve katı-sıvı ara yüzeyinde ihmal edilebilir direnç (yeterli karıştırma) için, difüze olan materyalin iç direnci su ve çözünen transferini kontrol eder. Fick'in I. Yasası eşitlik (4.7)'de gösterildiği gibi kütle transferi için temel eşitliktir (Shi 2008).

$$J = D \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (4.7)$$

Burada J , x yönünde difüzyonun neden olduğu kütle çıkışını, $\partial C / \partial x$, x yönündeki konsantrasyon gradyanını, C ise x yönündeki konsantrasyonu belirtmektedir. Simetrik gözenekli maddelerde kararsız hal difüzyonunu analiz etmek için kullanılabilen Fick'in II. yasasının genel bir formu aşağıdaki eşitlikte verilmektedir.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{x^{n-1}} \frac{\partial}{\partial x} \left[x^{n-1} D \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right) \right] \quad (4.8)$$

Burada; t zamanı, $n=1$ sonsuz uzunluktaki levhayı, $n=2$ sonsuz uzunluktaki silindiri ve $n=3$ küreyi, x ise katı maddenin merkezinden ölçülen mesafeyi belirtmektedir.

Kütle transferi dengeden uzakta meydana gelmektedir ve önemli ölçüde büzülmeyle biyolojik maddelerin deformasyonu ve muhtemelen bir akış etkileşimi de buna eşlik etmektedir. Bu yaklaşım, kütle transfer oranının sadece difüzyonla olduğu süreçler için sınırlıdır. Bu yüzden akış tek yönlü ve difüzyon sırasında yapıdaki bileşenler arasındaki etkileşimler ihmal edilebilir olmaktadır (Shi 2008).

Çeşitli gıdaların ince tabaka kurutmasında kullanılan en yaygın model, Fick'in II. yasasının çözümüne dayanmaktadır. Bu yasa, üç boyutlu koordinat düzlemi için geliştirilmiş olup eşitlik (4.9)'da verilmektedir (Doymaz 2006).

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{eff} \frac{\partial M}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_{eff} \frac{\partial M}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{eff} \frac{\partial M}{\partial z} \right) \quad (4.9)$$

Küresel koordinatlarda Fick'in II. yasasının genel serilerin çözümü ise eşitlik (4.10)'da verilmektedir. Bu eşitlikte nem yayılma katsayısının sabit, ürünlerin küresel ve kurutma süresince büzülmenin olmadığı kabul edilmektedir (Doymaz 2005, Doymaz 2006, An ve diğ. 2013).

$$MR = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-\frac{n^2 \pi^2 D_{eff} t}{r^2}\right) \quad (4.10)$$

Burada;

D_{eff} : efektif nem difüzyonu (m²/s)

r : yarıçap (m)

n : sabit, pozitif tam sayı

t : kurutma süresi (h)

Efektif nem difüzyonu nem transferinin gerçekleştiği tüm olaylar için iletkenlik parametresi olarak kullanılmaktadır (Srikiatden ve Roberts 2006). Eşitlik (4.11) logaritmik olarak aşağıdaki biçimde yazılırsa;

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{6}{\pi^2}\right) - \frac{\pi^2 D_{eff} t}{r^2} \quad (4.11)$$

Burada, r yarıçap, D_{eff} ise efektif nem difüzyonudur.

Kurutma deneyinden elde edilen verilerle $\ln(MR)$ 'nin zamana (t) karşı grafiği çizilirse efektif nem difüzyonu (D_{eff}) hesaplanabilir. Eşitlik (4.11)'den elde edilen eğri, eşitlik (4.12)'de belirtildiği gibi eğimle birlikte bir doğru çizgi verir (Doymaz 2006).

$$\frac{d(\ln MR)}{dt} = \frac{\pi^2 D_{eff}}{r^2} \quad (4.12)$$

Kurutma süresince incir ürünlerinde büzülme olduğu kabul edilerek, 3 eksenden (yatayda x ve y eksenini ile dikeyde z eksenini) çap ölçümü yapılmıştır. İncirin

geometrik şekli elips biçiminde kabul edilerek geometrik çap eşitlik (4.13) yardımıyla hesaplanmaktadır (Xanthopoulos ve diğ. 2009).

$$d_e = \sqrt[3]{d_x d_y d_z} \quad (4.13)$$

Büzülme etkisi göz önünde bulundurularak efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff}) eşitlik (4.14) yardımıyla hesaplanabilir.

$$D_{eff} = k_{kurutma} \frac{(d_e/2)^2}{\pi^2} \quad (4.14)$$

Burada, $k_{kurutma}$ değeri $\ln(MR)$ 'nin kurutma süresine (t) karşı elde edilen doğrunun eğimini, d_e ise ortalama geometrik çapı göstermektedir.

Genellikle kurutma sıcaklığının efektif nem difüzyon katsayısı üzerindeki etkisini gösteren Arrhenius eşitliği ise eşitlik (4.15) ile ifade edilmektedir (Xanthopoulos ve diğ. 2009).

$$D_{eff} = D_o \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{R_g \cdot T_{abs}}\right) \quad (4.15)$$

Burada;

E_a : Aktivasyon enerjisi (kJ/mol)

D_o : Sonsuz sıcaklıktaki difüzyon katsayısına eşdeğer sabit değer (m^2/s)

R_g : Universal gaz sabiti (8.3143 J/mol.K)

T_{abs} : Mutlak hava sıcaklığı (K)

Eşitlik (4.16) yardımıyla $\ln(D_{eff})$ ile $(1/T_{abs})$ grafiğinin eğiminden (E_a/R_g) aktivasyon enerjisi hesaplanır.

$$\ln(D_{eff}) = \ln(D_o) - \frac{E_a}{R_g} \frac{1}{T_{abs}} \quad (4.16)$$

Bir prosesin aktivasyon enerjisinin yüksek olması, o prosesin sıcaklık değişimine duyarlılığının daha yüksek olduğunu göstermektedir (Kutlu ve diğ. 2015). Aktivasyon enerjisi, nem difüzyonunun gerçekleşmesi için aşılması gereken bir enerji sınırı olması nedeniyle önemlidir. Kurutma işlemi için uygulanan sıcaklığın artması gıdanın kuruma oranını arttırmakta ve bu enerji sınırının aşılmasını kolaylaştırmaktadır (Hii ve diğ. 2009).

Eşitlik (4.14)'den elde edilen $k_{kurutma}$ değeri Arrhenius eşitliği biçiminde yazılabilir.

$$k_{kurutma} = k_o \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{R_g \cdot T_{abs}}\right) \quad (4.17)$$

Burada, $k_{kurutma}$ kurutma sabiti (h^{-1}), k_o ise korelasyon katsayısıdır (h^{-1}).

4.4 İstatistiksel Hesaplamalar

Deneysel verilere en yakın olan matematiksel modelin belirlenmesinde R^2 değerinin en yüksek olması ve $RMSE$ ile χ^2 değerinin en düşük olması kriteri göz önünde bulundurulmaktadır (Doymaz ve diğ. 2015).

Regresyon katsayısı (R^2), incirlerin kurutma eğrisinin belirlenmesi için kurulan en uygun eşitliğin seçilmesinde birincil kriterdir (Babalıs ve Belessiotis 2004).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \left((MR_{deneyse\ell,i} - \overline{MR_{deneyse\ell,i}})^2 - (MR_{tah\min,i} - MR_{deneyse\ell,i})^2 \right)}{\sum_{i=1}^N (MR_{deneyse\ell,i} - \overline{MR_{deneyse\ell,i}})^2} \quad (4.18)$$

Burada,

R^2 : korelasyon katsayısı

$MR_{deneyse\ell,i}$: Deneysel olarak elde edilen nem oranı

$MR_{tah\min,i}$: Tahmini olarak elde edilen nem oranı

$\overline{MR_{deneyse\ell,i}}$: Deneysel olarak elde edilen nem oranının ortalaması

Hata kareler ortalamasının karekökü ($RMSE$); deneysel ile tahmini nem oranı değerleri arasındaki farkın toplamının karesinin, toplam veri sayısına bölümüdür.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (MR_{deneyse\ell,i} - MR_{tah\min,i})^2}{N}} \quad (4.19)$$

Ki-kare (χ^2); deneysel ile tahmini nem oranı değerleri arasındaki farkın karesinin toplamının, toplam veri sayısı ile değişken sayısı arasındaki farka bölümüdür.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{deneyel,i} - MR_{tahmin,i})^2}{N - z} \quad (4.20)$$

5. YÖNTEM

Bu bölümde, deneylerde kullanılan incirin özellikleri, ozmotik dehidrasyon işleminin ve ozmotik dehidrasyonda vakum işleminin nasıl uygulandığı ve kurutma işleminin hangi şartlar altında gerçekleştirildiği ile ilgili bilgilere yer verilmektedir.

5.1 Ürünlerin Hazırlanması

Sarılop türü incirler (*Ficus carica* L.), Aydın İli'nin Germencik Bölgesinden 2014, 2015 ve 2016 yılının Ağustos sonu ve Eylül başı olmak üzere yılda ikişer defa hasat edilmiştir. Hasat edilen incirler ağzı kilitli polietilen torbalara konularak deneylerin yapılacağı laboratuvara hızlı bir biçimde taşınmıştır. İncir örnekleri arasından hasar görmemiş (kabuğu soyulmamış, ezilmemiş) ve birbirine yakın ağırlıkta olanlar tercih edilmiştir. Seçilen taze incir örneklerinin ağırlıkları hassas terazi (Precisa XT 1220M, $\pm 0,001$ g) ile ortalama 65,433 g olarak ve ortalama geometrik çaplarının dijital kumpas ($\pm 0,01$ mm) ile ortalama 48,41 mm olarak ölçülmüştür. Ağırlık ve çap ölçümü 3 kez tekrarlanmıştır.

İncirlerin ilk nem içeriğini tespit edebilmek için incirlerden rastgele seçim yapılmıştır. Seçilen incirler bıçakla çok küçük parçalara (tekrar bıçakla bölünemeyecek kadar küçük) bölünerek (8-10g ağırlığında) metal kaplara yerleştirilmiştir. Kaplar, 75°C sıcaklığındaki etüvde 24h boyunca bekletilmiş ve incir ürünlerinin ilk nem değerleri yaklaşık %74 (yaş bazda) olarak belirlenmiştir (AOAC 1980). İncirlerin ilk nem içeriğinin ölçümü 3 kez tekrarlanmıştır. Tüm deneylerde incirler bütün (dilimlenmemiş, kabuğu soyulmamış) olarak kullanılmıştır.

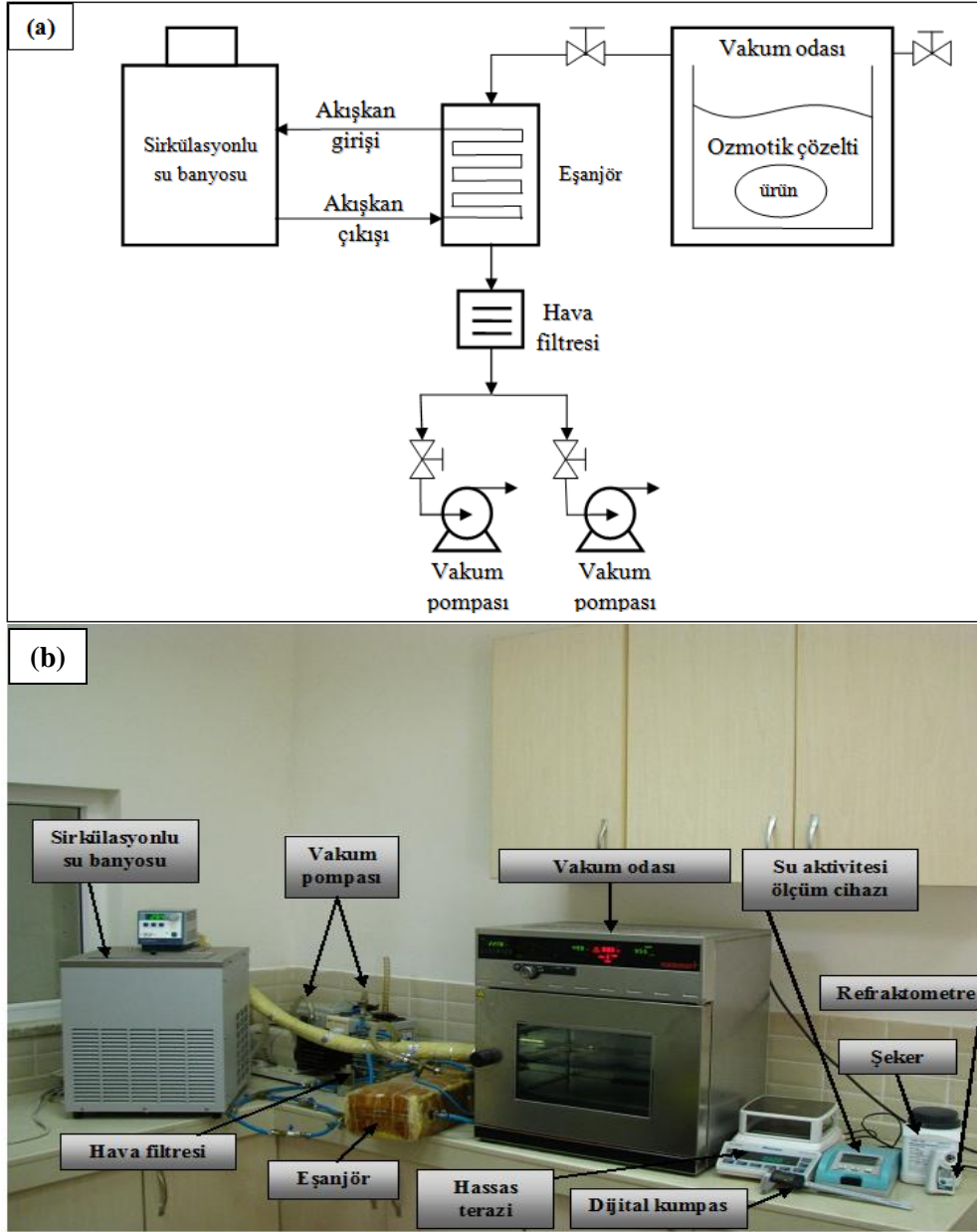
5.2 Ozmotik Dehidrasyon Yönteminin Uygulanması

Ozmotik dehidrasyon işlemi 30, 40 ve 50 °Brix çözelti oranındaki, 30, 40 ve 50 °C çözelti sıcaklığındaki ve 4/1 çözelti/ürün kütle oranındaki sakkaroz çözeltilerinde uygulanmıştır. Çözelti konsantrasyon oranları ve çözelti sıcaklıkları

sırasıyla dijital refraktometre (Atago PAL-3, $\pm 0,1$ °Brix) ve multi-termometre (Testo, Lenzkirch, Germany, $\pm 0,01$ °C) ile ölçülmüştür. Tüm ölçümler 3 kez tekrarlanmıştır.

5.3 Ozmotik Dehidrasyon Yönteminde Vakum İşleminin Uygulanması

Vakum sistemi temelde bir vakum odası (Memmert VO-200, Schwabach, Almanya), vakum pompası (Edward, RV8, New Jersey, ABD) ve eşanjörden (Polyscience 9506, Niles, Illinois, ABD) oluşmaktadır (Şekil 5.1). Vakum odasından vakum pompasıyla çekilen nemli hava ısı değiştirgecinde sirkülasyonlu su banyosu ile yoğuşturulmaktadır. Bununla birlikte, havadaki tozun vakum pompasına kaçmasını önlemek amacıyla pompadan önce hava filtresi kullanılmıştır.



Şekil 5.1: Vakum sisteminin (a) şematik ve (b) deney düzeneğinin resimsel gösterimi

Vakum işleminden önce, vakum odasının sıcaklığının osmotik çözeltinin sıcaklığına (30, 40 ve 50 °C) ulaşması beklenmiş, sonra çözelti içerisine tamamıyla daldırılmış olan incirler vakum odasına konulmuştur. Vakum odasının sıcaklığı Testo 434-5 radyofrekanslı ölçüm probu ile ölçülmüştür. Vakum odasında incir örneklerinin osmotik dehidrasyon işlemi 180 dakika sürmüştür. Deneylerde, vakum değerinin osmotik dehidrasyondaki etkisini karşılaştırmak amacıyla osmotik dehidrasyon işleminin ilk 15 dakikası boyunca 130 ve 512 mbar'da vakum uygulanmış sonra vakum kaldırılarak osmotik dehidrasyona atmosfer basıncında (165 dakika) devam edilmiştir. Vakum uygulama süresinin osmotik dehidrasyondaki

etkisini karşılaştırmak için ozmotik dehidrasyon işleminin tamamı boyunca (180 dakika) 130mbar vakum işlemi uygulanmıştır. Kurutma işleminden önce, ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirler 1 dakika içerisinde su ile yıkanıp kağıt havlu ile kurulandıktan sonra tepsilere yerleştirilerek kurutma cihazına konulmuşlardır. Ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin ağırlıkları ve ortalama geometrik çapları sırasıyla yaklaşık 65g ve 48mm olarak ölçülmüştür.

5.4 Kurutma İşlemi

Sıcak hava ile kurutma işlemi bir fırında (Ecocell 111, MMM Medcenter, iç ölçüleri: 0,54m x 0,39m x 0,53m) gerçekleştirilmiştir. Her deney için incir örneklerinden 3'er adet alınıp delikli fırın tepsisine düzgün bir biçimde yerleştirilmiştir. Kurutma işlemi 55, 60, 65, 70, 75 ve 80 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Kurutma süresince fırının içindeki nemli hava doğal taşınım ile fırının çıkış borusundan (49 mm çapında) tahliye edilmiştir.

Kurutma süresince incir ürünlerinin ağırlıkları hassas terazi (Precisa XT 1220M, $\pm 0,001$ g) ile ölçülmüştür. İncir ürünlerinin kurutma işlemi boyunca çap değişimi ise dijital kumpas (hassasiyet $\pm 0,01$ mm) yardımıyla üç eksen (yatayda x₁y eksen ve dikeyde z eksen) ölçülerek gözlemlenmiştir. Kurutma süresince ürünlerin her çap ve ağırlık ölçümü toplam 1 dakika içinde tamamlanmış ve fırın kapısı her ölçüm için yaklaşık 4s açık kalmıştır. Bu bakımdan, ölçüm sırasında fırının içindeki koşulların sabit kaldığı kabul edilmiştir. Kurutma işlemi, incirlerin son nem içeriği %22-23 (yaş bazda) oluncaya kadar sürmüştür (Babalıs ve Belessiotis 2004, Xanthopoulos ve diğ. 2009). Kurutma işleminden sonra incirlerin su aktivitesi (a_w) değerleri Novasina Lab-swift (ölçüm aralığı: 0.03.....1.00, ± 0.001) cihazı ile ölçülmüştür. Tüm ölçümler 3 kez tekrarlanmıştır. Tez kapsamında yapılan 19 farklı deneye ait bilgiler Tablo 5.1'de belirtilmektedir.

Tablo 5.1: İncir kurutma için yapılan deneylerin listesi

Deney No	İşlem Türü	Ozmotik dehidrasyon (OD)			Vakum		Kurutma sıcaklığı
		Çözelti tipi	Çözelti oranı	Çözelti sıcaklığı	Ortam basıncı	Vakum süresi	
1	OD+Vakum	Sakkaroz	%50	50°C	130 mbar	15 dk	80 °C
2	OD+Vakum	Sakkaroz	%50	50°C	130 mbar	15 dk	75 °C
3	OD+Vakum	Sakkaroz	%50	50°C	130 mbar	15 dk	70 °C
4	OD+Vakum	Sakkaroz	%50	50°C	130 mbar	15 dk	55 °C
5	OD+Vakum	Fruktoz	%50	50°C	130 mbar	15 dk	75 °C
6	OD+Vakum	Glikoz	%50	50°C	130 mbar	15 dk	75 °C
7	OD+Vakum	Sakkaroz	%30	50°C	130 mbar	15 dk	75 °C
8	OD+Vakum	Sakkaroz	%50	30°C	130 mbar	15 dk	75 °C
9	OD	Sakkaroz	%50	50°C	Açık hava	-	75 °C
10	OD+Vakum	Sakkaroz	%40	50°C	130 mbar	15 dk	75 °C
11	OD+Vakum	Sakkaroz	%50	40°C	130 mbar	15 dk	75 °C
12	OD+Vakum	Sakkaroz	%50	50°C	512 mbar	15 dk	75 °C
13	OD+Vakum	Sakkaroz	%50	50°C	130 mbar	180 dk	75 °C
14	OD+Vakum	Sakkaroz	%50	50°C	130 mbar	15 dk	65 °C
15	OD+Vakum	Sakkaroz	%50	50°C	130 mbar	15 dk	60 °C
16	-	-	-	-	Açık hava	-	75 °C
17	-	-	-	-	Açık hava	-	65 °C
18	-	-	-	-	Açık hava	-	60 °C
19	-	-	-	-	Açık hava	-	55 °C

6. DENEYSEL ANALİZLER

Bu bölümde, ozmotik dehidrasyon işleminde ozmotik çözelti türü, çözelti sıcaklığı, çözelti konsantrasyon oranı, ortam basıncı, vakum süresi ile kurutma sıcaklığındaki değişimin incirin kurutma kinetiği üzerindeki etkileri deneysel olarak karşılaştırılmış bununla birlikte, literatürdeki kurutma modelleri ile bu tez kapsamında geliştirilen matematiksel modelin sonuçlarına yer verilmiştir.

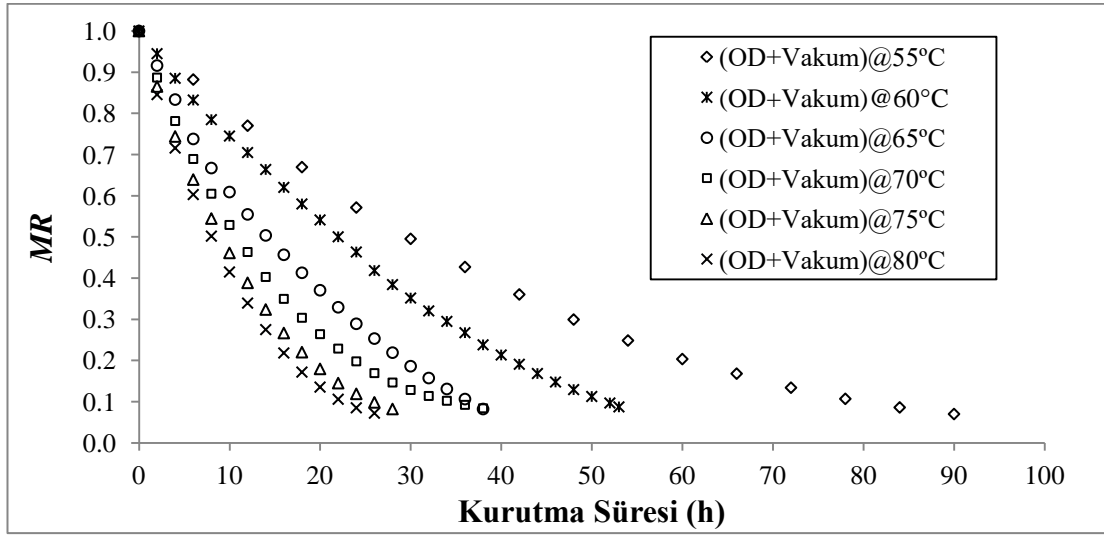
6.1 Nem Oranı (MR)-Kurutma Süresi (t) Değişimi İçin Oluşturulan Matematiksel Modellemelerin Karşılaştırılması

Tablo 5.1'de verilen deneylerin nem oranı (MR)-kurutma süresi (t) değişimi Tablo 4.1'de verilen kurutma modelleri ve eşitlik (4.7)'deki bu tez için oluşturulmuş kurutma modeli ile modellenmiştir. Deneysel veriler ile matematiksel modeller arasında istatistiksel analiz yapılarak R^2 , $RMSE$ ve χ^2 değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Ek A'daki Tablo A.1-A.19'da gösterilmiştir. Buna göre, deneysel verilere en iyi uyan kurutma modelinin tez kapsamında geliştirilen modelin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

6.2 Vakum Ortamında Ozmotik Dehidrasyon Uygulanmış İncirlerde Kurutma Sıcaklığının Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 1, 2, 3, 4, 14 ve 15)

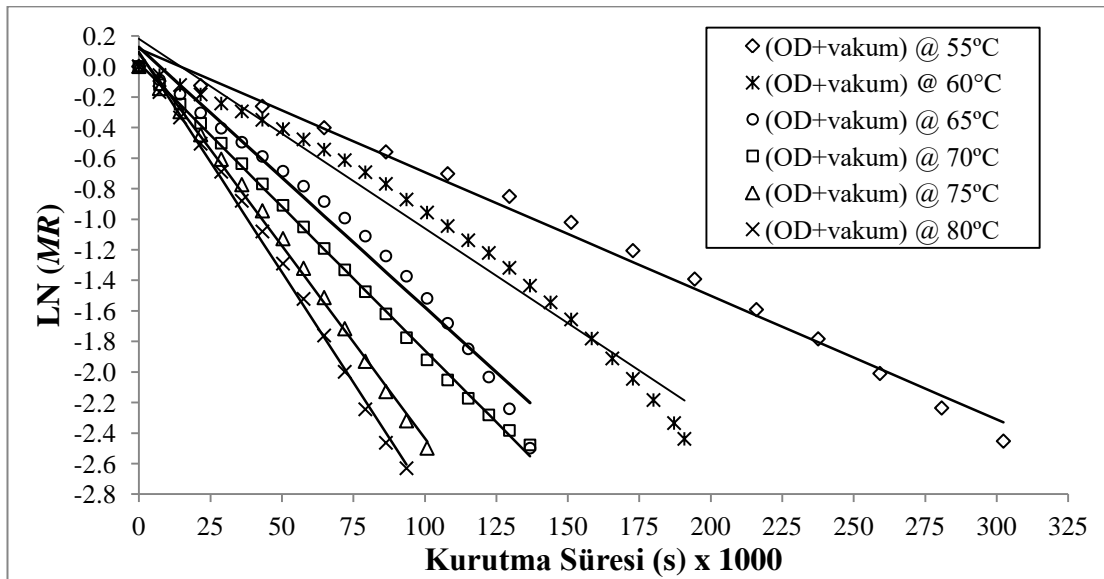
Bu deneyde, incir ürünlerine 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h boyunca ozmotik dehidrasyon uygulanmıştır. Ozmotik dehidrasyonun ilk 15 dk'sı boyunca 130mbar vakum uygulanmış, vakum bittikten sonra ozmotik dehidrasyon işlemine açık hava basıncında devam edilmiştir. Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işleminden sonra incirler 55, 60, 65, 70, 75 ve 80°C'de kurutulmuşlardır. Altı farklı kurutma sıcaklığındaki incirlerin kurutma süresi boyunca nem oranındaki değişimi Şekil 6.1'de gösterilmektedir. Buna göre, sıcaklık artışının kurutma süresini

kısalttığı söylenebilir. Bu durum, kurutma sıcaklığının artmasıyla üründeki suyun buharlaşmasının hızlandığı şeklinde açıklanabilir (Silva ve diğ. 2013).



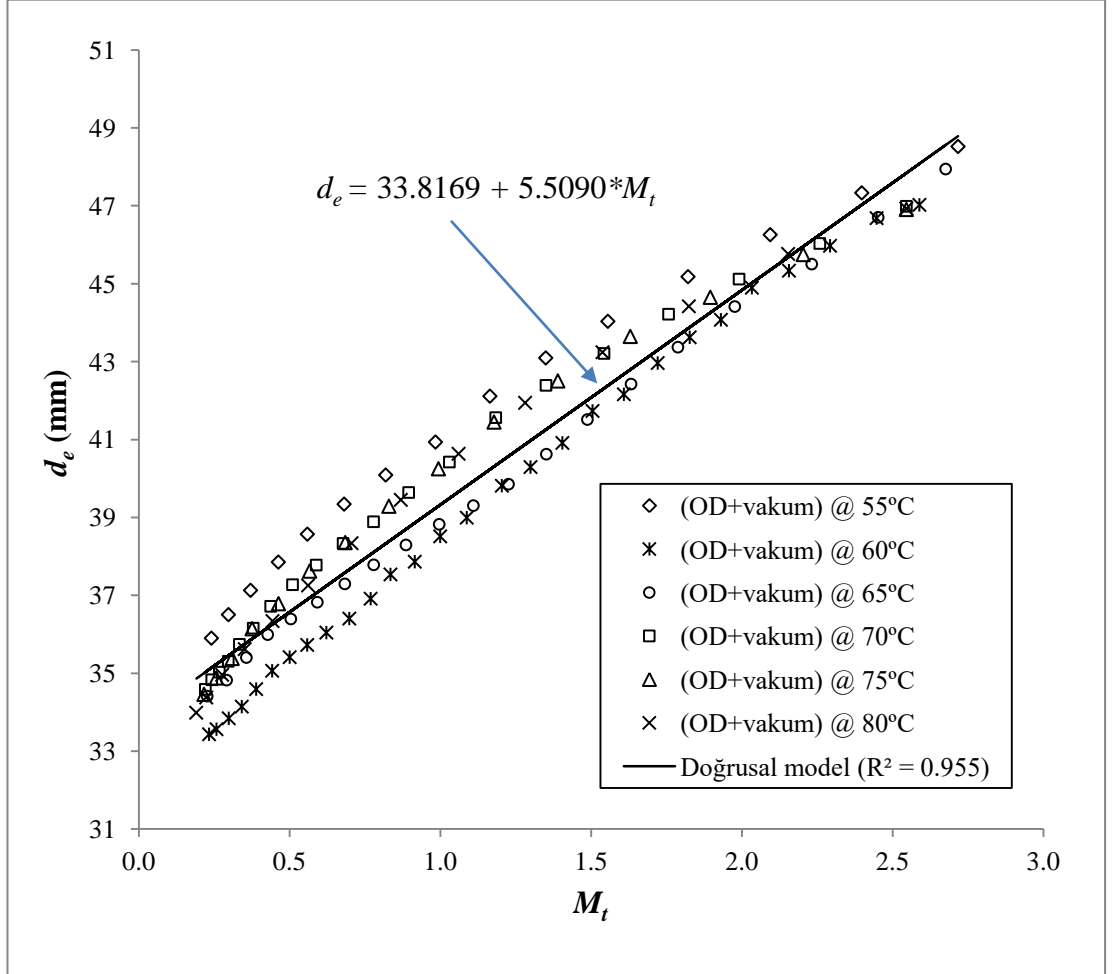
Şekil 6.1: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin altı farklı kurutma sıcaklığında nem oranındaki değişimi

Şekil 6.2'de, $\ln(MR)$ ile zaman (t) arasında oluşturulan doğrusal denklemin eğiminin 55°C, 60°C, 65°C, 70°C, 75°C ve 80°C'deki kurutma sıcaklıkları için sırasıyla $0.809 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ($R^2=0.992$), $1.241 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ($R^2=0.977$), $1.719 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ($R^2=0.979$), $1.881 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ($R^2=0.999$), $2.521 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ($R^2=0.997$) ve $2.888 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ($R^2=0.979$) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.2: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin altı farklı kurutma sıcaklığında $\ln(MR)$ değişimi

İncir ürünlerinin geometrik çap (d_e)-nem içeriği (M_t) değişimi Şekil 6.3'te gösterilmektedir. Buna göre, altı farklı kurutma sıcaklığı için vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incir ürünlerinin geometrik çapının kurutma süresince doğrusal olarak azaldığı söylenebilir. Bununla birlikte, altı farklı kurutma sıcaklığının vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incir ürünlerinin geometrik çap değişimleri arasında istatistiksel bir farka neden olmadığı ($p > 0.05$) tespit edilmiştir.

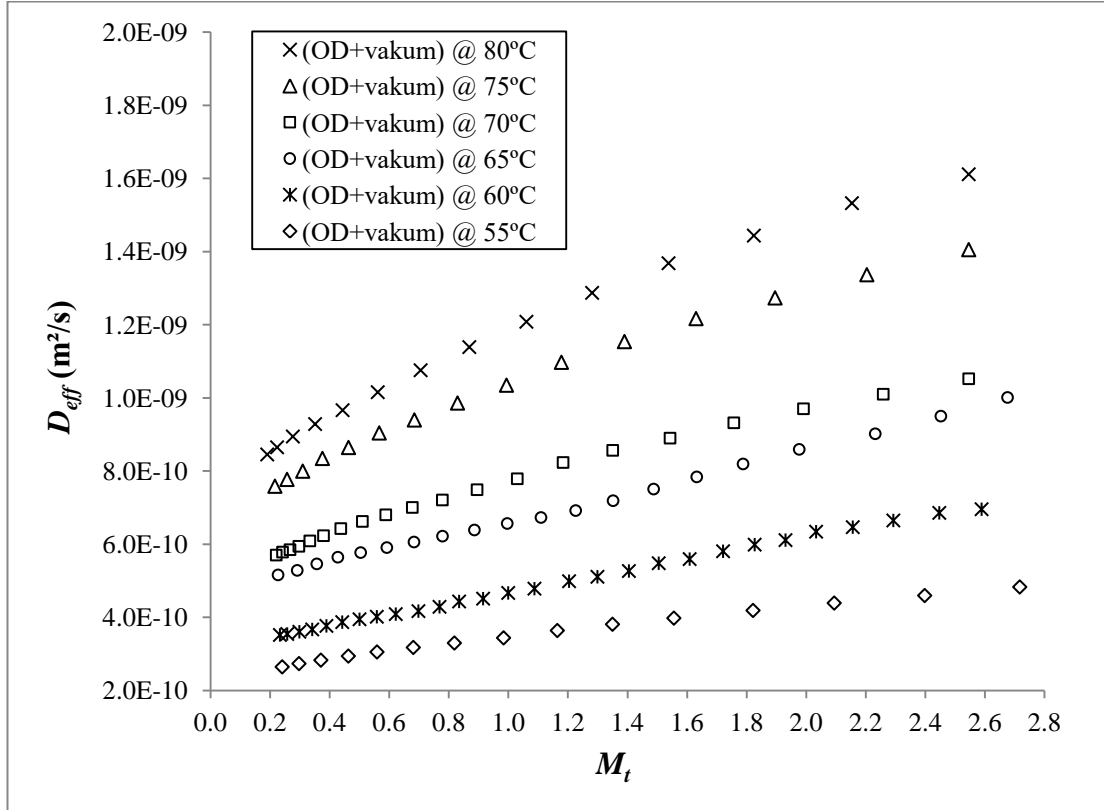


Şekil 6.3: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin altı farklı sıcaklıkta kurutulmasında geometrik çap (d_e)-nem içeriği (M_t) değişimi

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin altı farklı kurutma sıcaklığı altındaki geometrik çap-nem içeriğinin değişiminin doğrusal denklemi eşitlik (6.1)'de verilmektedir. Regresyon analizi sonucunda, doğrusal denklemden elde edilen veriler ile deneysel veriler arasındaki regresyon katsayısının (R^2) 0.955 olduğu tespit edilmiştir.

$$d_e = 33.8169 + 5.5090 \cdot M_t \quad (6.1)$$

Eşitlik (4.14) yardımıyla hesaplanan efektif nem difüzyon katsayısının (D_{eff}) nem içeriğine (M_t) bağlı olarak değişimi şekil 6.4'te gösterilmektedir. Buna göre; kurutma süresince efektif nem difüzyon katsayısının azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, kurutma sıcaklığı arttıkça efektif nem difüzyon katsayısının arttığı söylenebilir. Bu durumun, kurutma sıcaklığının artmasıyla ürünün merkezinden yüzeyine doğru olan su buharının transferini hızlandıran yüksek bir sürükleyici kuvvetin oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Falade ve Oyedele 2010).



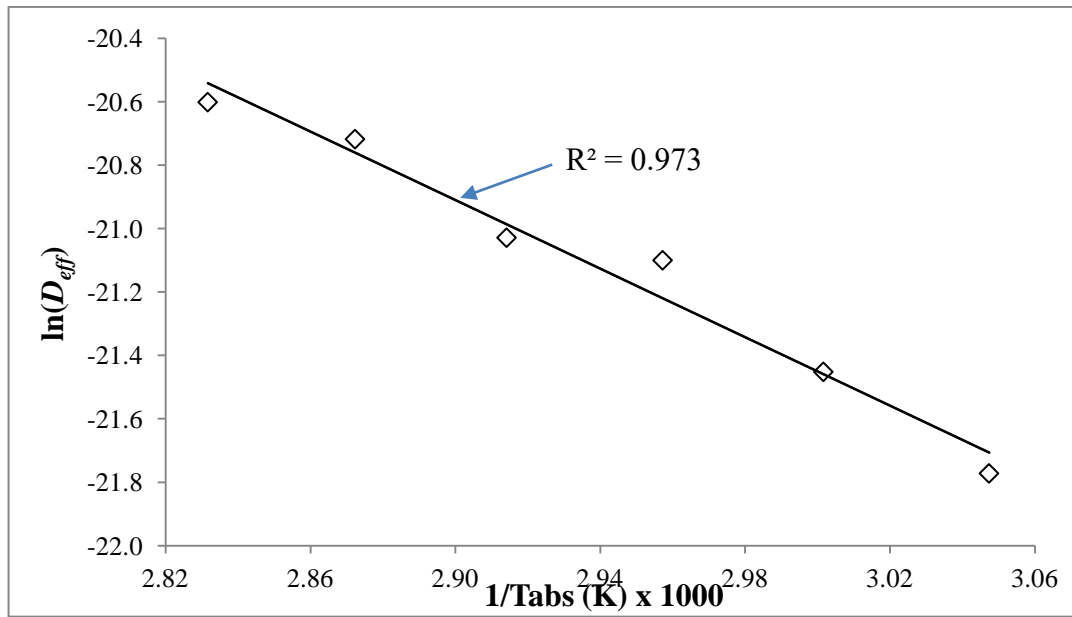
Şekil 6.4: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin altı farklı sıcaklıkta kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi

Şekil 6.4'te nem içeriğine karşılık gelen her efektif nem difüzyon katsayısının ortalaması alınarak ortalama efektif nem difüzyon katsayısı ($\overline{D_{eff}}$) hesaplanmıştır. 55, 60, 65, 70, 75 ve 80°C'de kurutulmuş vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirler için ortalama efektif nem difüzyon ($\overline{D_{eff}}$) değerleri tablo 6.1'de verilmektedir.

Tablo 6.1: Altı farklı sıcaklıkta kurutulmuş vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin ortalama efektif nem difüzyon katsayısı ($\overline{D_{eff}}$) ve standart sapma değerleri

T (°C)	$\overline{D_{eff}}$ (m ² /s)	
	Ortalama	Standart sapma (\pm)
55	$3.57 \cdot 10^{-10}$	$0.70 \cdot 10^{-10}$
60	$4.94 \cdot 10^{-10}$	$1.11 \cdot 10^{-10}$
65	$6.99 \cdot 10^{-10}$	$1.45 \cdot 10^{-10}$
70	$7.51 \cdot 10^{-10}$	$1.55 \cdot 10^{-10}$
75	$10.25 \cdot 10^{-10}$	$2.12 \cdot 10^{-10}$
80	$11.55 \cdot 10^{-10}$	$2.57 \cdot 10^{-10}$

Her farklı kurutma sıcaklığına karşılık gelen ortalama efektif nem difüzyonunun logaritmik ($\ln(\overline{D_{eff}})$) değerleri ile elde edilen bu $\ln(\overline{D_{eff}})$ değerlerinden geçen doğrusal denklem Şekil 6.5'te gösterilmektedir. Regresyon analizi sonucunda, doğrusal denklemin regresyon katsayısı (R^2) değerinin 0.973 olduğu tespit edilmiştir.

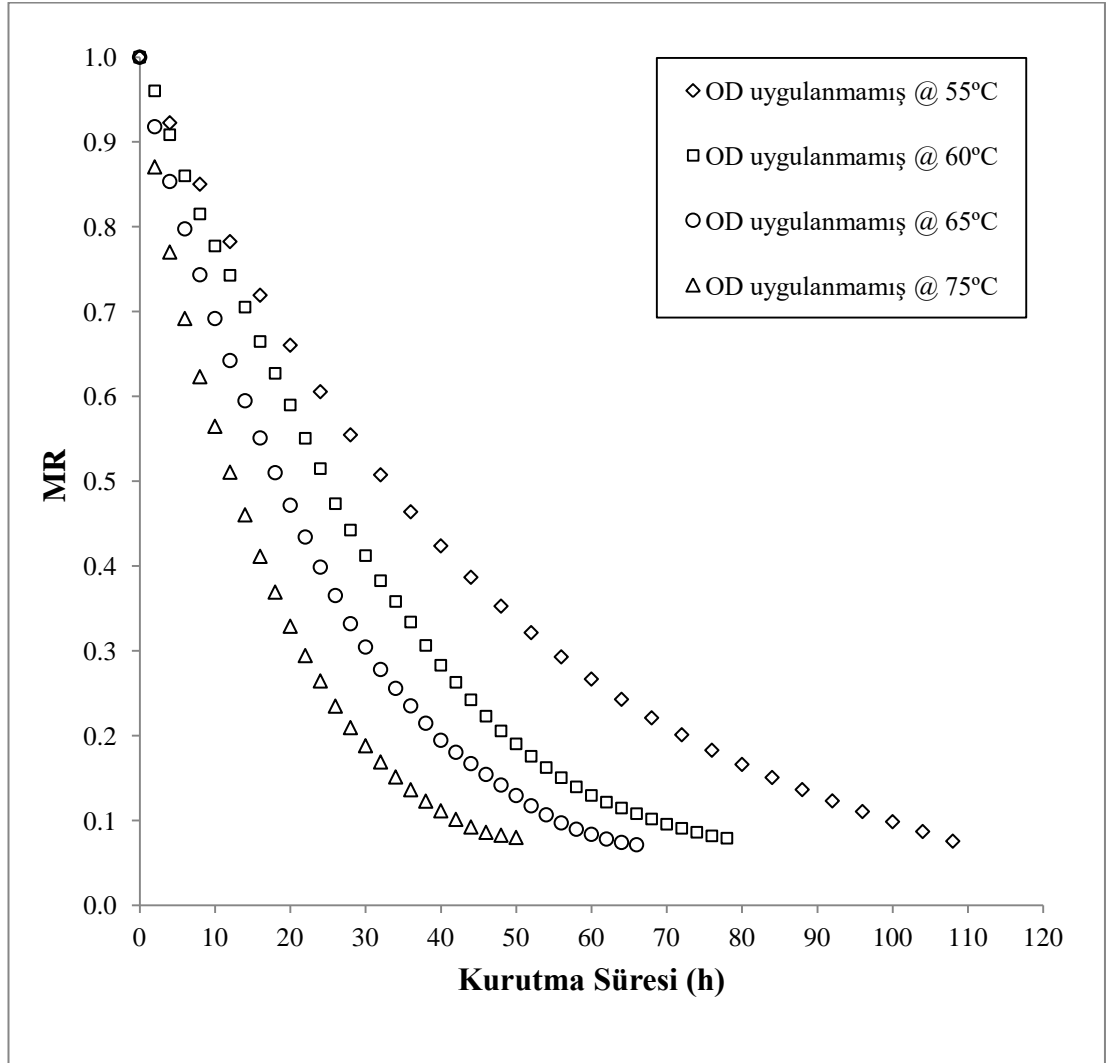


Şekil 6.5: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerde $\ln(\overline{D_{eff}})$ ile $1/T_{abs}$ arasındaki değişim

Eşitlik (4.16) kullanılarak $\ln(\overline{D_{eff}})$ ile $1/T_{abs}$ arasındaki doğrusal denklemden (Şekil 6.5), vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin altı farklı kurutma sıcaklığı için aktivasyon enerjisi (E_a) ve difüzyon katsayısı faktörü (D_0) değerleri sırasıyla 44.92 (kJ/mol) ve 52.83×10^{-4} m²/s olarak hesaplanmıştır.

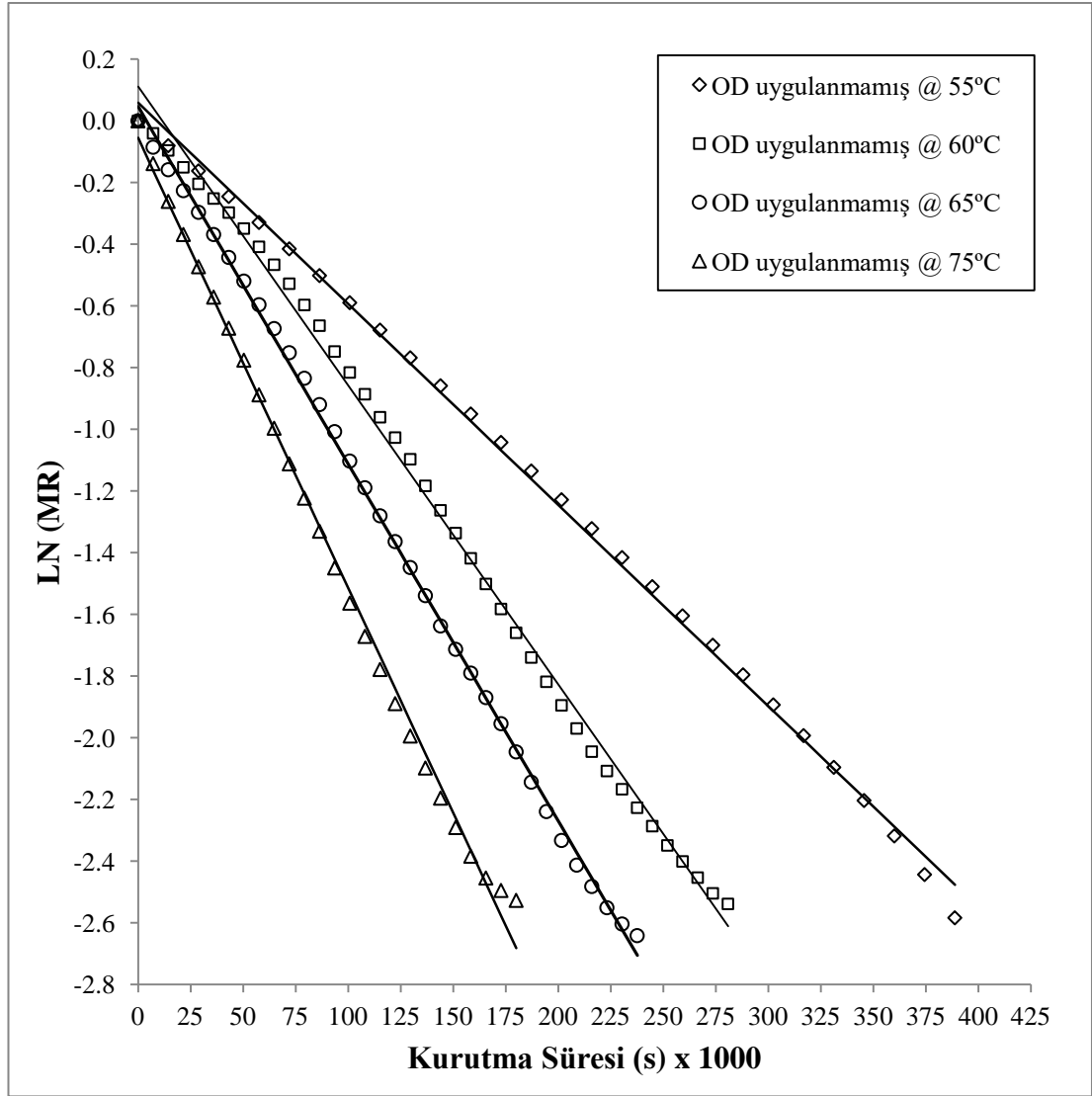
6.3 Ozmotik Dehidrasyon İşlemi Uygulanmamış İncirlerde Kurutma Sıcaklığının Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 16, 17, 18 ve 19)

Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış (taze) incirler 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C'deki sıcaklıklarda kurutulmuşlardır. Dört farklı kurutma sıcaklığındaki incirlerin kurutma süresi boyunca nem oranındaki değişimi Şekil 6.6'da gösterilmektedir. 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C'deki sıcaklıklarda kurutulan incirler için kurutma süresi sırasıyla 108h, 78h, 66h ve 50h sürmüştür. Bu bakımdan, ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmayan incirlerde kurutma sıcaklığındaki artışın kurutma süresini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.



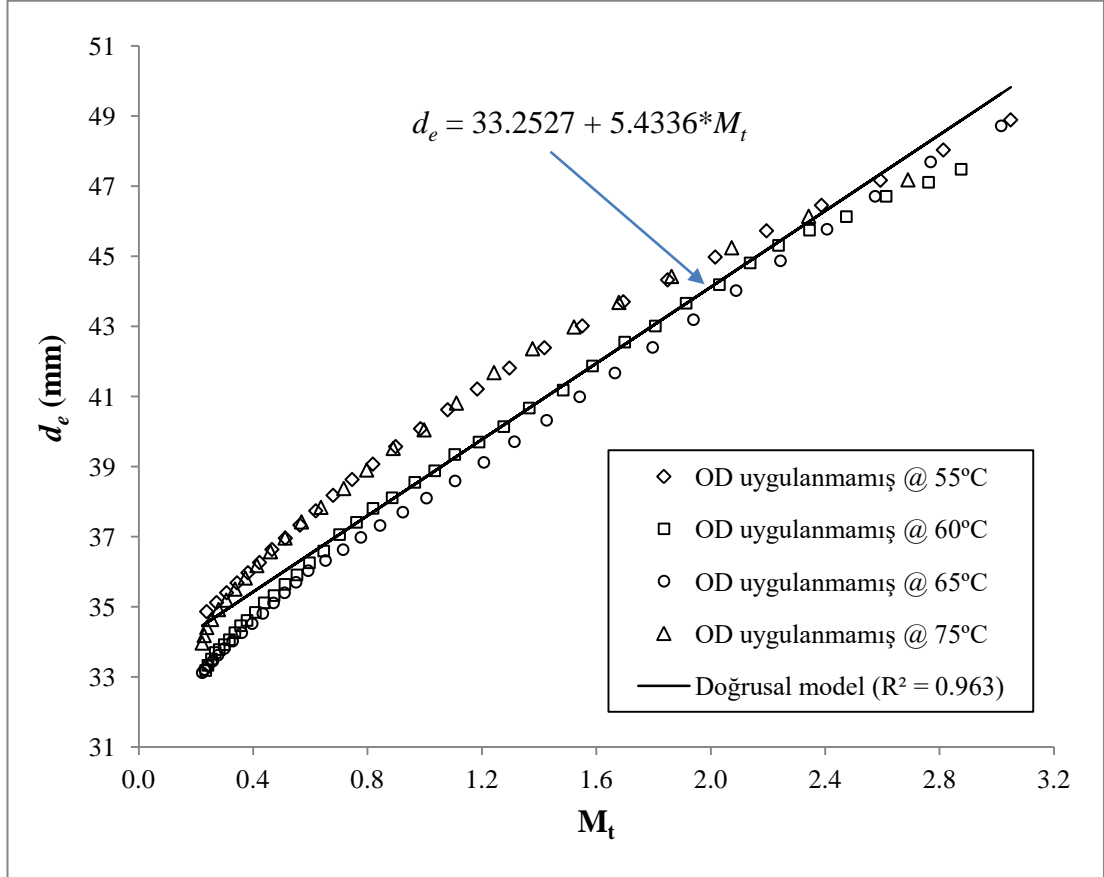
Şekil 6.6: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C sıcaklıktaki nem oranı-kurutma süresi değişimi

$\ln(MR)$ 'nin, kurutma süresince olan değişimi Şekil 6.7'de gösterilmektedir. $\ln(MR)$ ile zaman (t) arasında oluşturulan doğrusal denklemin eğiminin 55°C , 60°C , 65°C ve 75°C 'deki kurutma sıcaklıkları için sırasıyla $0.652 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ($R^2=0.998$), $0.969 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ($R^2=0.997$), $1.158 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ($R^2=0.999$) ve $1.459 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ($R^2=0.997$) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.7: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin dört farklı sıcaklıktaki $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi

Eşitlik (4.13) yardımıyla incir ürünlerinin geometrik çap (d_e)-nem içeriği (M_t) değişimi Şekil 6.8'de gösterilmektedir. Buna göre, dört farklı kurutma sıcaklığı için ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incir ürünlerinin geometrik çapının kurutma süresince doğrusal olarak azaldığı söylenebilir. Bununla birlikte, dört farklı kurutma sıcaklığının ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incir ürünlerinin geometrik çap değişimleri arasında istatistiksel bir farka neden olmadığı ($p > 0.05$) tespit edilmiştir.

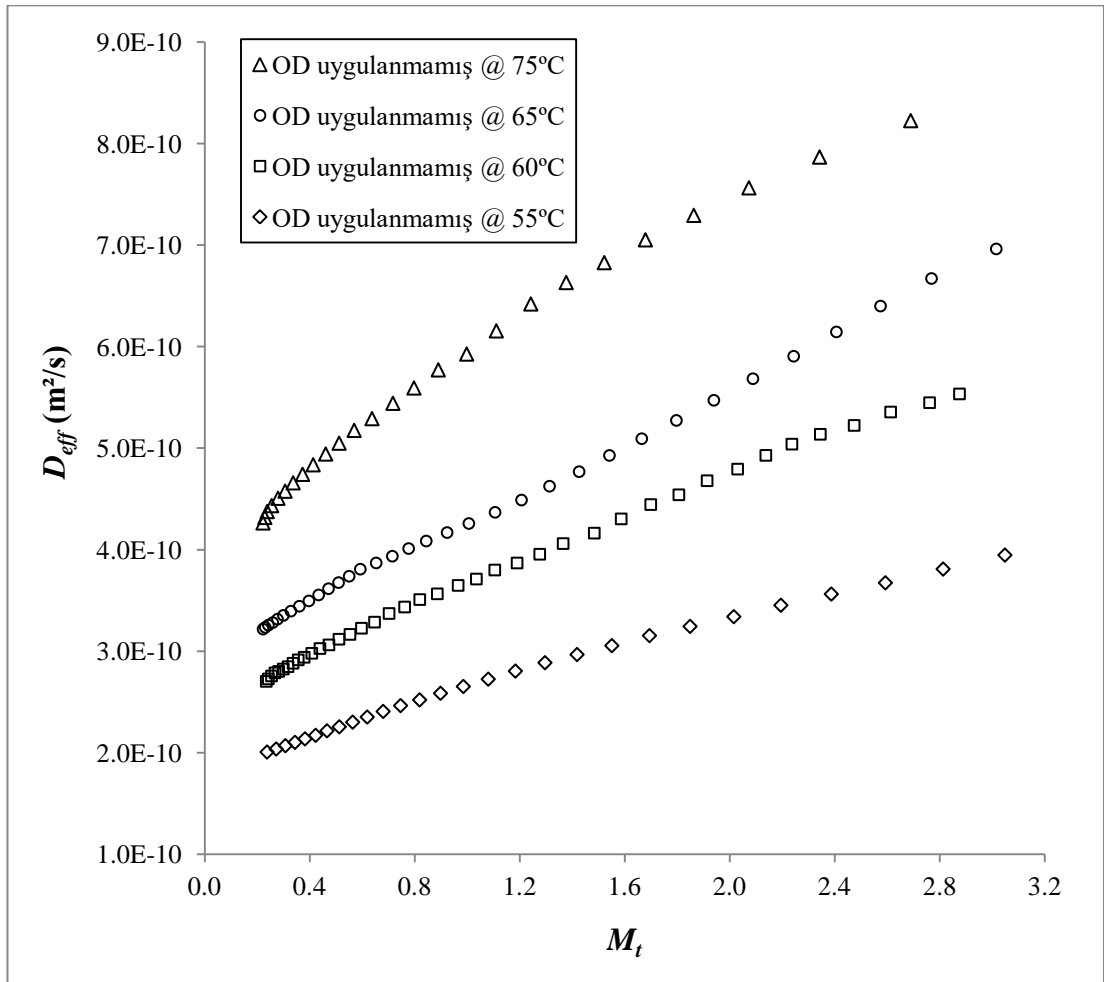


Şekil 6.8: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C sıcaklıkta kurutulmasında geometrik çap (d_e)-nem içeriği (M_t) değişimi

Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin dört farklı kurutma sıcaklığı altındaki geometrik çap-nem içeriğinin değişiminin doğrusal denklemi eşitlik (6.2)'de verilmektedir. Regresyon analizi sonucunda, doğrusal denklemden elde edilen veriler ile deneysel veriler arasındaki regresyon katsayısının (R^2) 0.963 olduğu tespit edilmiştir.

$$d_e = 33.2527 + 5.4336 \cdot M_t \quad (6.2)$$

Efektif nem difüzyon katsayısının (D_{eff}) nem içeriğine (M_t) bağlı olarak değişimi Şekil 6.9'da gösterilmektedir. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55, 60, 65 ve 75 °C sıcaklıktaki efektif nem difüzyon katsayısı değerlerinin sırasıyla, 2.00×10^{-10} m²/s- 3.95×10^{-10} m²/s, 5.53×10^{-10} m²/s- 2.70×10^{-10} m²/s, 3.22×10^{-10} m²/s- 6.96×10^{-10} m²/s ve 4.26×10^{-10} m²/s- 8.23×10^{-10} m²/s aralığında olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, kurutma süresince efektif nem difüzyon katsayısının azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, kurutma sıcaklığı arttıkça efektif nem difüzyon katsayısının arttığı söylenebilir. Bu durumun, kurutma sıcaklığının artmasıyla ürünün merkezinden yüzeyine doğru olan su buharının transferini hızlandıran yüksek bir sürükleyici kuvvetin oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Falade ve Oyedele 2010).



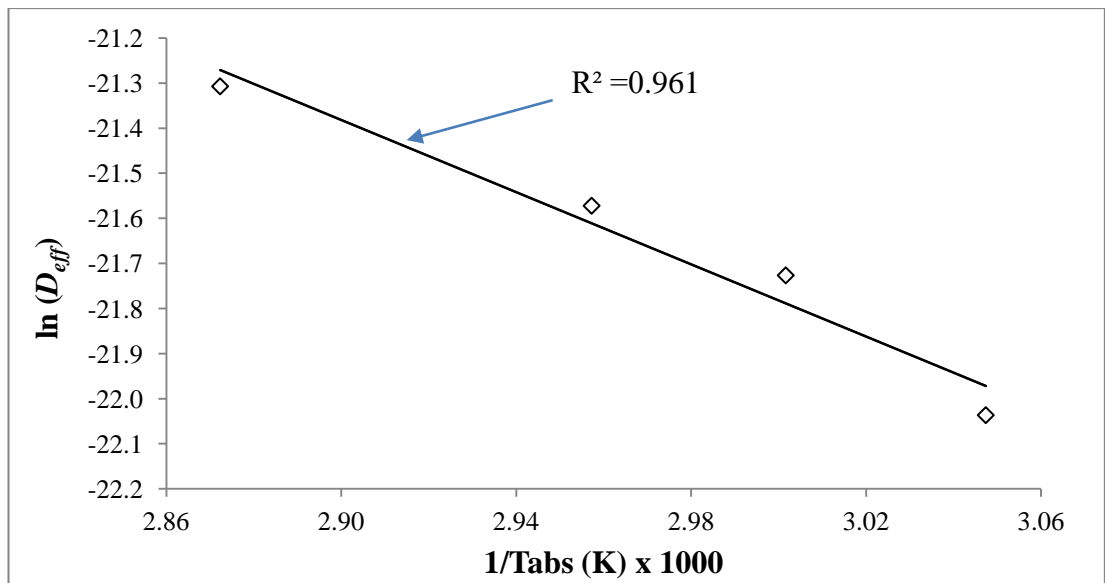
Şekil 6.9: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55, 60, 65 ve 75 °C sıcaklıktaki efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi

Şekil 6.9'da her nem içeriğine karşılık gelen efektif nem difüzyon katsayısının ortalaması alınarak ortalama efektif nem difüzyon katsayısı ($\overline{D_{eff}}$) hesaplanmıştır. 55, 60, 65 ve 75°C'de kurutulan ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler için ortalama efektif nem difüzyon ($\overline{D_{eff}}$) değerleri tablo 6.2'de verilmektedir.

Tablo 6.2: Dört farklı sıcaklıkta kurutulan ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin ortalama efektif nem difüzyon katsayısı ve standart sapma değerleri

T (°C)	$\overline{D_{eff}}$ (m ² /s)	
	Ortalama	Standart sapma (±)
55	2.75×10^{-10}	0.59×10^{-10}
60	3.76×10^{-10}	8.97×10^{-11}
65	4.40×10^{-10}	1.09×10^{-10}
75	5.69×10^{-10}	1.20×10^{-10}

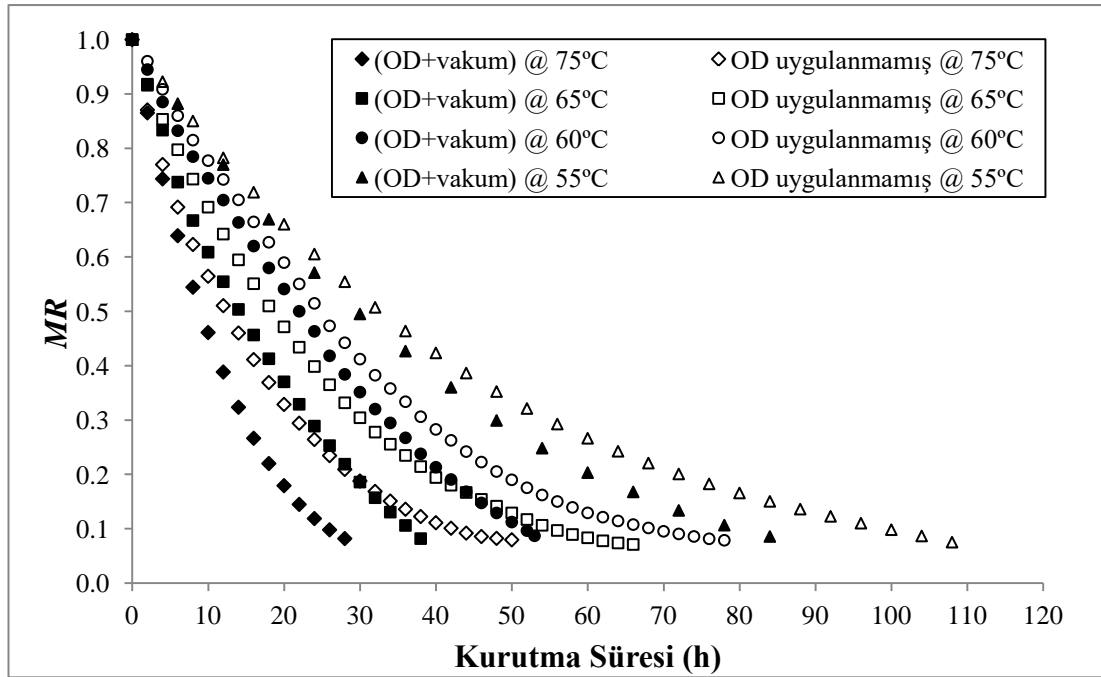
Her farklı kurutma sıcaklığına karşılık gelen ortalama efektif nem difüzyonunun logaritmik ($\ln(\overline{D_{eff}})$) değerleri ile elde edilen bu $\ln(\overline{D_{eff}})$ değerlerinden geçen doğrusal denklem Şekil 6.10'da gösterilmektedir. Regresyon analizi sonucunda, doğrusal denklemin regresyon katsayısı (R^2) değerinin 0.961 olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, eşitlik (4.16) kullanılarak $\ln(\overline{D_{eff}})$ ile $1/T_{abs}$ arasındaki doğrusal denklemden (Şekil 6.10), ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin dört farklı kurutma sıcaklığı için aktivasyon enerjisi (E_a) ve difüzyon katsayısı faktörü (D_o) değerleri sırasıyla 33.27 (kJ/mol) ve 56.63×10^{-6} m²/s olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6.10: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerde $\ln(\overline{D_{eff}})$ ile $1/T_{abs}$ arasındaki değişimi

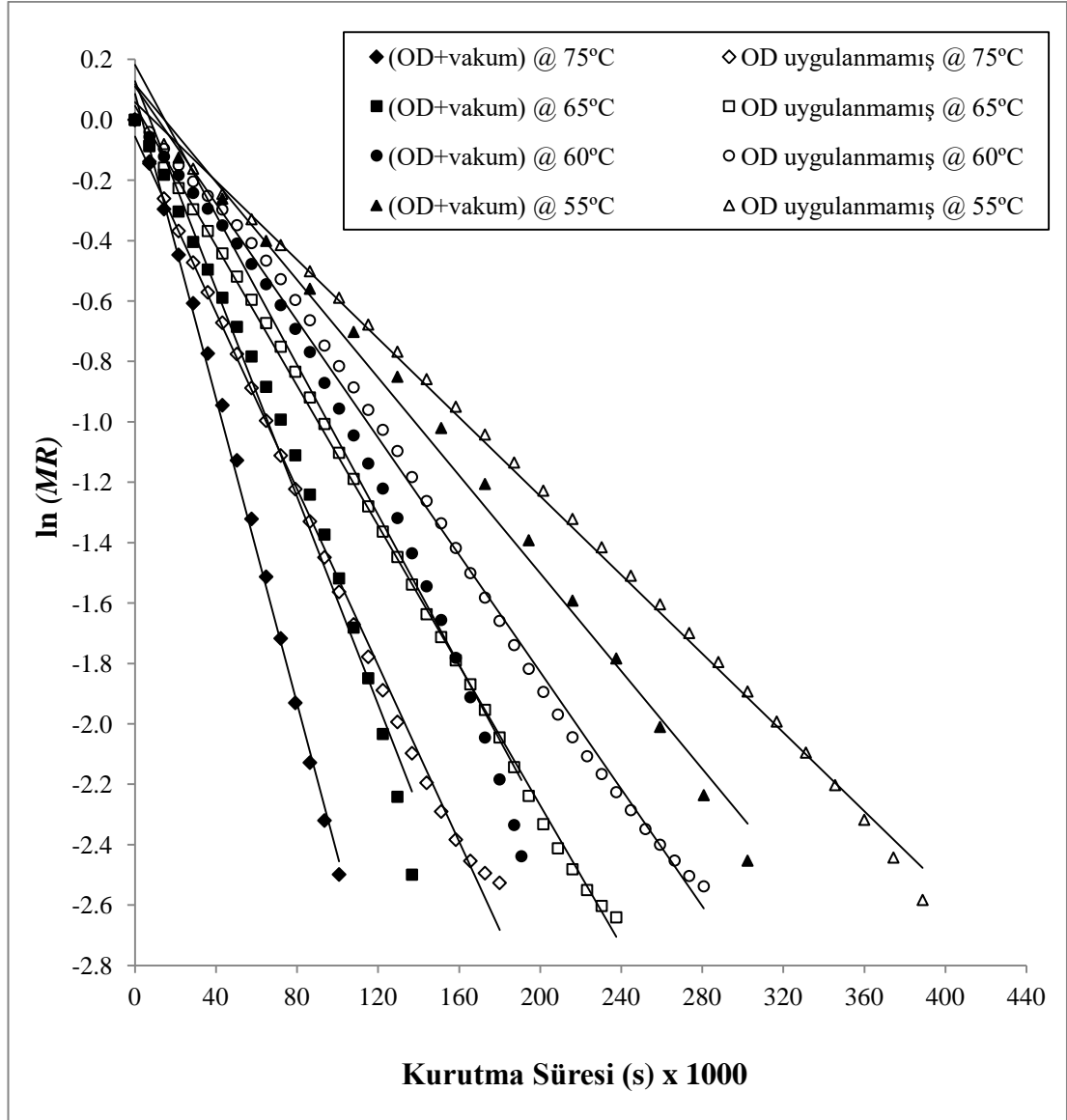
6.4 Vakum Ortamında Ozmotik Dehidrasyon Uygulanmış ile Ozmotik Dehidrasyon İşlemi Uygulanmamış İncirler Arasında Kurutma Kinetiğinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 4, 14, 15, 16, 17, 18 ve 19)

Bu deneyde, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış (taze) incirlerin kurutma kinetiği karşılaştırılmıştır. İncir ürünlerine 15dk boyunca 130mbar vakum altında, 50°Brix çözelti oranında ve 50°C sıcaklığında sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmıştır. Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incir ürünleri 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C sıcaklıkta kurutulmuşlardır. İncir ürünlerinin kurutma işlemi süresince nem oranı değişimi Şekil 6.11'de gösterilmektedir. Buna göre, her dört kurutma sıcaklığında da vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işleminin incirin kuruma süresini kısalttığı söylenebilir. Bu durumun, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işleminin incirlerdeki suyun uzaklaştırılmasına yardımcı olduğu şeklinde açıklanabilir (Mujic ve diğ. 2014). Ayrıca, bu sonucun çeri domatesle yapılan çalışma (An ve diğ. 2013) ile uyumlu olduğu söylenebilir.



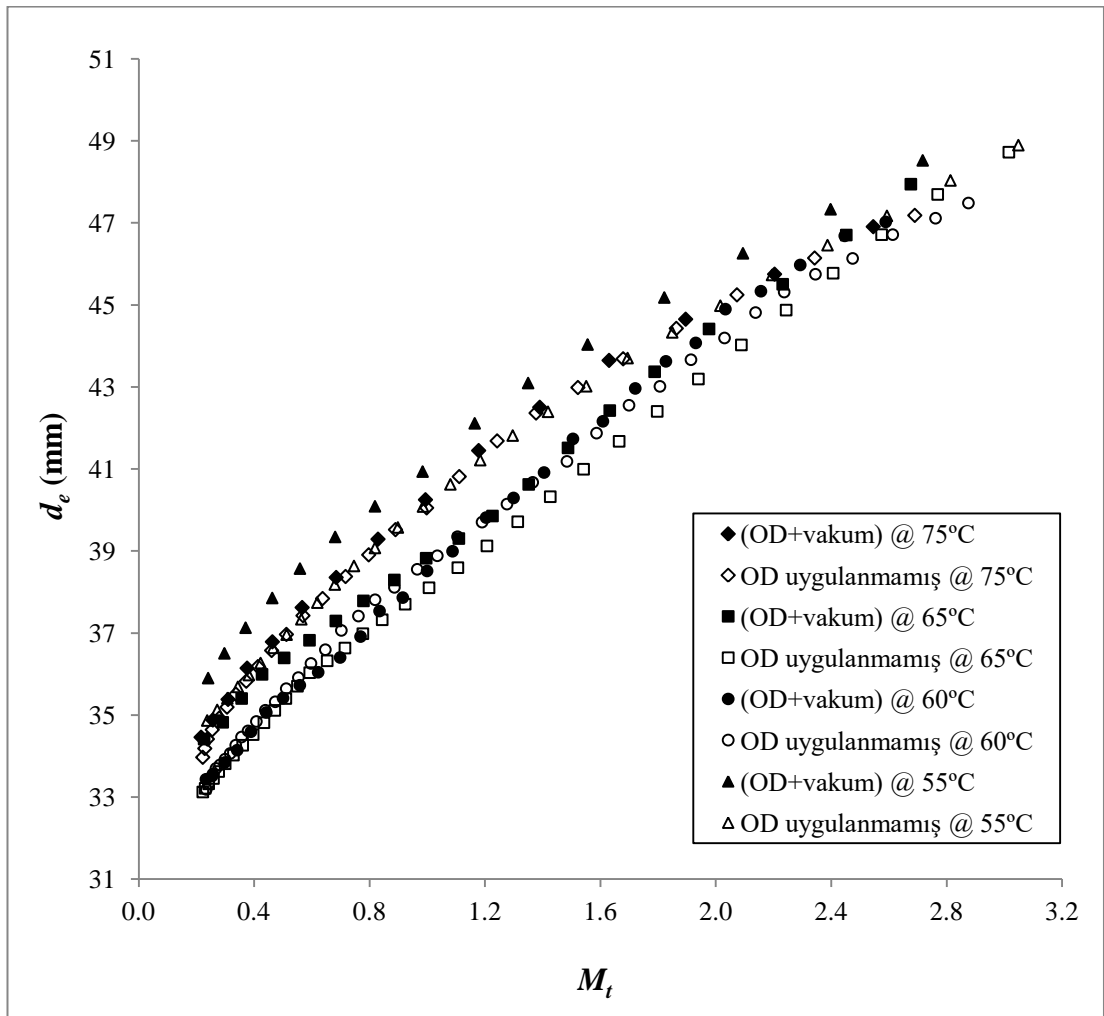
Şekil 6.11: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C'de kurutulmasındaki nem oranı-kurutma süresi değişimi

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin $\ln(MR)$ -zaman (t) değişimi Şekil 6.12'de gösterilmektedir. Buna göre, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin $\ln(MR)$ ile zaman (t) arasında oluşturulan doğrusal denklemin eğimi ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlere kıyasla her dört sıcaklıkta da daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



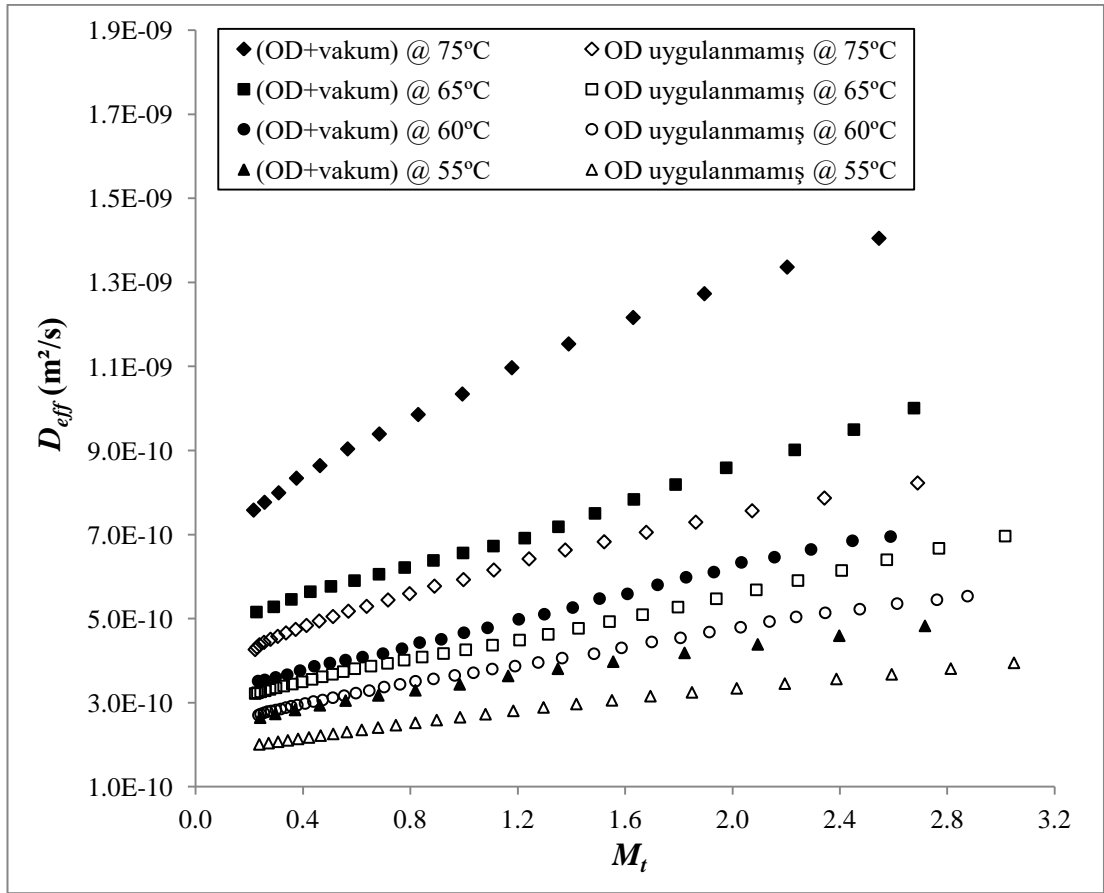
Şekil 6.12: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C kurutma sıcaklığındaki $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incir ürünlerinin geometrik çap (d_e)-nem içeriği (M_t) değişimi Şekil 6.13'te gösterilmektedir. Buna göre, her dört kurutma sıcaklığı için incir ürünlerinin geometrik çapının kurutma süresince doğrusal olarak azaldığı ve benzer durumun kabuğu soyulmuş ve kabuğu soyulmamış incirlerin kurutulması ile ilgili yapılan çalışmada (Xanthopoulos ve diğ. 2009) olduğu söylenebilir. Buna ek olarak, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incir ürünleri arasında geometrik çap değişiminde istatistiksel bir farkın olmadığı ($p > 0.05$) sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 6.13: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C sıcaklıktaki geometrik çap (d_e)-nem içeriği (M_t) değişimi

Şekil 6.14'te vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C sıcaklıktaki kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi gösterilmektedir. Buna göre, her dört kurutma sıcaklığı için vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerde D_{eff} değerinin ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmayan incirlere kıyasla daha yüksek olduğu ($p < 0.01$) tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ozmotik dehidrasyon işleminin uygulanmasının ve kurutma sıcaklığının artmasının efektif nem difüzyon katsayısı değerinin daha yüksek olmasını sağladığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuçların, sarı pitaya (*Selenicereus megalanthus*) (Ayala-Aponte ve diğ. 2014) ve domates (*lycopersicum esculentum*) (Jaiyeoba ve Raji 2012) ile yapılan çalışmalarla da uyumlu olduğu söylenebilir.



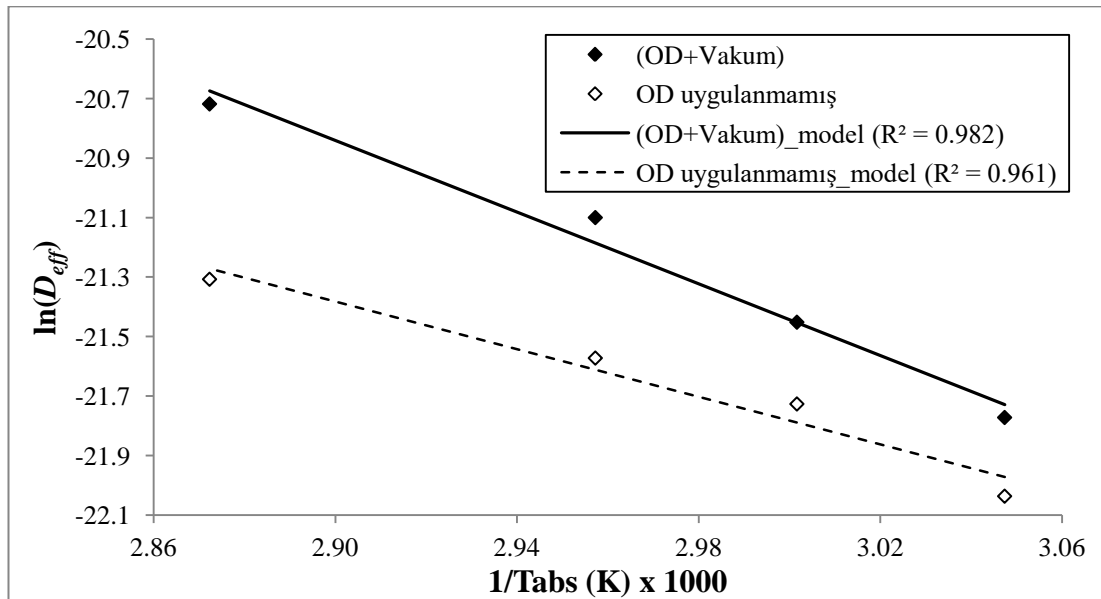
Şekil 6.14: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin dört farklı sıcaklıktaki efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler için sırasıyla Tablo 6.1 ve Tablo 6.2'de verilen 55°C, 60°C, 65°C ve 75°C sıcaklığındaki ortalama efektif nem difüzyonunun logaritmik değerleri Tablo 6.3'te verilmektedir.

Tablo 6.3: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin dört farklı sıcaklıktaki $\ln(\overline{D_{eff}})$ değerleri

T (°C)	$\ln(\overline{D_{eff}})$ (m ² /s)	
	Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış	Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış
55	-21.7723	-22.0368
60	-21.4519	-21.7268
65	-21.1002	-21.5724
75	-20.7182	-21.3076

Tablo 6.3'te verilen vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin her farklı kurutma sıcaklığına karşılık gelen ortalama efektif nem difüzyonunun logaritmik ($\ln(\overline{D_{eff}})$) değerleri ile elde edilen bu $\ln(\overline{D_{eff}})$ değerlerinden geçen doğrusal denklem Şekil 6.15'te gösterilmektedir. Bu doğrusal denklemin regresyon katsayısı (R^2) değerinin vakum ortamında ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirler için 0.982 ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler için 0.961 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.15: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerde $\ln(\overline{D_{eff}})$ ile $1/T_{abs}$ arasındaki değişimi

Eşitlik (4.16) kullanılarak $\ln(\overline{D_{eff}})$ ile $1/T_{abs}$ arasındaki doğrusal denklemden (Şekil 6.15), vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler için aktivasyon enerjisi (E_a) ve difüzyon katsayısı faktörü (D_o) değerleri sırasıyla 50.13 (kJ/mol), $34.88 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ve 33.27 (kJ/mol), $56.63 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, aktivasyon enerjisinin vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerde daha yüksek olduğunu göstermektedir. Benzer sonucun, kabuğu soyulmuş ve kabuğu soyulmamış incirler (Xanthopoulos ve diğ. 2010) ile ozmotik dehidrasyon uygulanmış diğer gıda ürünleri (Jaiyeoba ve Raji 2012, Ayala-Aponte ve diğ. 2014) ile yapılan çalışmalarla da uyumlu olduğu söylenebilir.

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin efektif nem difüzyon katsayısı ilişkisi Arrhenius eşitliği yardımıyla eşitlik (6.3) ve eşitlik (6.4)'te verilmektedir.

$$D_{eff} \Big|_{(OD+Vakum)} = 34.88 \cdot 10^{-3} \cdot \exp\left(-\frac{50129.02}{R_g \cdot T_{abs}}\right) \quad (6.3)$$

$$D_{eff} \Big|_{(OD \text{ uygulanmamış})} = 56.63 \cdot 10^{-6} \cdot \exp\left(-\frac{33266.07}{R_g \cdot T_{abs}}\right) \quad (6.4)$$

Eşitlik (6.3) ve eşitlik (6.4) kullanılarak, korelasyon parametreleri (D_o ve E_a) arasındaki ilişki eşitlik (6.5)'te verilmektedir.

$$\frac{\ln D_o \Big|_{(OD+Vakum)}}{\ln D_o \Big|_{(OD \text{ uygulanmamış})}} = 0.34316 \quad \text{ve} \quad \frac{E_a \Big|_{(OD+Vakum)}}{E_a \Big|_{(OD \text{ uygulanmamış})}} = 1.50691 \quad (6.5)$$

Eşitlik (6.5) kullanılarak vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler arasındaki efektif nem difüzyon katsayısı ilişkisi eşitlik (6.6)'da gösterildiği gibi modellenilebilir.

$$D_{eff} \Big|_{(OD+Vakum)} = D_o \Big|_{(OD \text{ uygulanmamış})}^{0.34316} \cdot \exp\left(-\frac{1.50691 \cdot E_a \Big|_{(OD \text{ uygulanmamış})}}{R_g \cdot T_{abs}}\right) \quad (6.6)$$

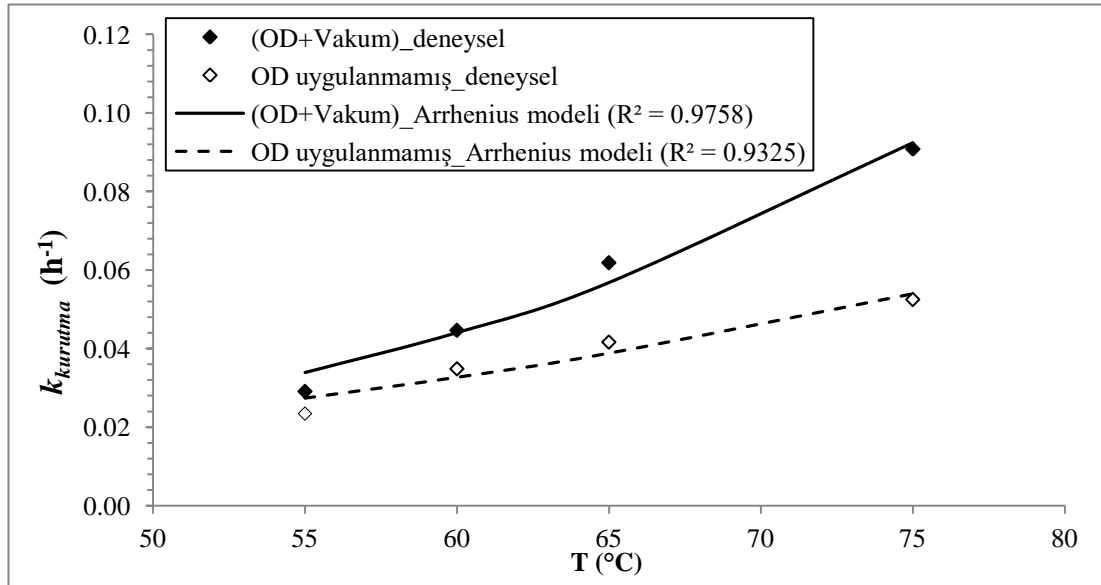
Şekil (6.12)'de belirtilen 4 farklı sıcaklıktaki $\ln(MR)$ 'nin kurutma süresine (t) karşı elde edilen doğrunun eğimi, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin kurutma sabitini ($k_{kurutma}$) vermektedir. Eşitlik (4.17) yardımıyla Arrhenius tipi modelin kurutma sabiti değerleri hesaplanmış ve Tablo 6.4'te belirtilmiştir. Regresyon analizi

sonucunda, deneysel ile Arrhenius modeli kurutma sabiti değerleri arasındaki regresyon katsayısı (R^2) değerinin vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerde 0.9758 ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerde ise 0.9325 olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6.4: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin dört farklı kurutma sıcaklığı için elde edilen deneysel ve Arrhenius modeli kurutma sabiti değerleri

T (°C)	$k_{kurutma} (h^{-1})$			
	Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış		Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış	
	Deneysel	Arrhenius modeli	Deneysel	Arrhenius modeli
55	0.02913	0.03389	0.02347	0.02738
60	0.04469	0.04404	0.03489	0.03269
65	0.06188	0.05681	0.04168	0.03882
75	0.09077	0.09245	0.05253	0.05394

Tablo 6.4'teki veriler kullanılarak deneysel ve Arrhenius tipi modele ait kurutma sabiti değerlerinin kurutma sıcaklığına göre değişimi Şekil 6.16'da gösterilmektedir. Buna göre, sıcaklık arttıkça kurutma sabiti değerinin de arttığı bununla birlikte kurutma sabiti değerinin vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerde daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonucun literatürdeki incir kurutma ile ilgili yapılan çalışma (Xanthopoulos ve diğ. 2010) ile benzerlik gösterdiği söylenebilir.



Şekil 6.16: Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin deneysel ve Arrhenius modeli kurutma sabiti değerlerinin karşılaştırılması

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin kurutma sabiti ilişkisi Arrhenius eşitliği yardımıyla eşitlik (6.8) ve eşitlik (6.9)'da verilmektedir.

$$k_{kurutma} \Big|_{(OD+Vakum)} = 1312420.94 \cdot \exp\left(-\frac{47668.52}{R_g \cdot T_{abs}}\right) \quad (6.7)$$

$$k_{kurutma} \Big|_{(OD \text{ uygulanmamış})} = 3655.51 \cdot \exp\left(-\frac{32198.55}{R_g \cdot T_{abs}}\right) \quad (6.8)$$

Eşitlik (6.7) ve eşitlik (6.8) kullanılarak korelasyon parametreleri (k_o ve E_a) arasındaki ilişki eşitlik (6.9)'da verilmektedir.

$$\frac{\ln k_o \Big|_{(OD+Vakum)}}{\ln k_o \Big|_{(OD \text{ uygulanmamış})}} = 1.71714 \quad \text{ve} \quad \frac{E_a \Big|_{(OD+Vakum)}}{E_a \Big|_{(OD \text{ uygulanmamış})}} = 1.48046 \quad (6.9)$$

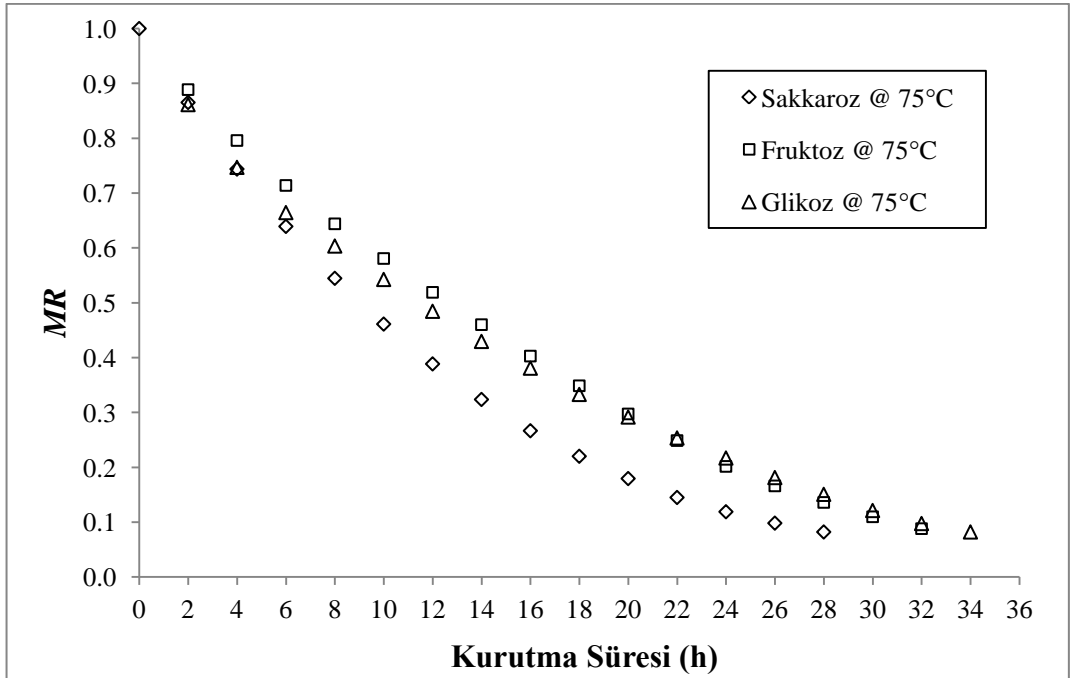
Eşitlik (6.9) kullanılarak vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler arasındaki kurutma sabiti katsayısı ilişkisi eşitlik (6.10)'da gösterildiği gibi modellenebilir.

$$k_{kurutma} \Big|_{(OD+Vakum)} = k_o \Big|_{(OD \text{ uygulanmamış})}^{1.71714} \cdot \exp\left(-\frac{1.48046 \cdot E_a \Big|_{(OD \text{ uygulanmamış})}}{R_g \cdot T_{abs}}\right) \quad (6.10)$$

Böylece, ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış (taze) incirlerin 55, 60, 65 ve 75°C sıcaklıktaki kurutulmasından elde edilecek k_o ve E_a değerleriyle vakum ortamında (130mbar, 15dk) ozmotik dehidrasyon (50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde) işlemi uygulanmış incirlerin kurutma sabiti değerinin hesaplanması sağlanmıştır.

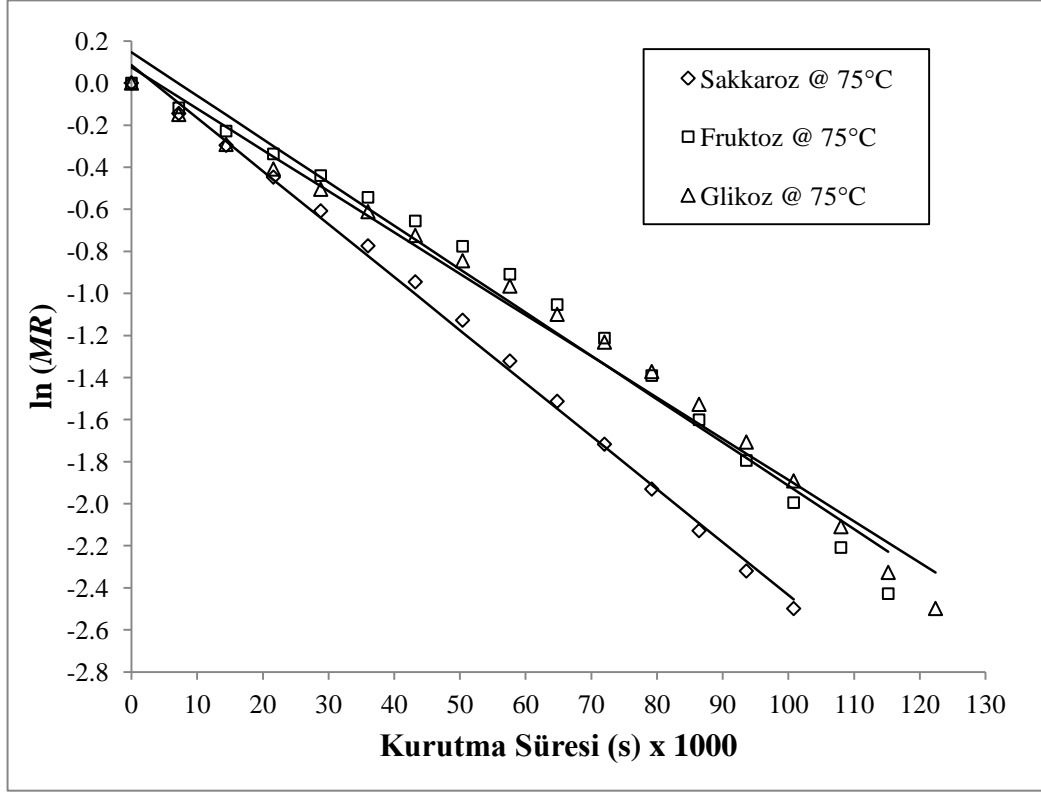
6.5 Çözelti Türünün Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 5 ve 6)

Çözelti türünün kurutma kinetiği üzerindeki etkisinin incelenmesi için incir ürünlerine önce 50°C sıcaklık ve 50°Brix oranındaki sakkaroz, glikoz ve fruktoz çözeltilerine 3h boyunca ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmıştır. Bu uygulamanın ilk 15 dakikası boyunca 130 mbar'lık vakum uygulanmıştır. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulandıktan sonra incirler, 75°C sıcaklıkta kurutulmuşlardır. Şekil 6.17, sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin, fruktoz ve glikoz çözeltilerinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlere kıyasla daha kısa sürede (~6h) kuruduğunu göstermektedir. Kıroğlu Zorlugenç (2010) tarafından yapılan bir çalışmada sakkaroz çözeltilerinde ozmotik dehidrasyon uygulanan dilimlenmiş Trabzon hurmasının glikoz çözeltilerinde ozmotik dehidrasyon uygulananlara kıyasla su kaybı, kuru madde kazanımı ve ağırlık azalışı miktarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler kapsamında, ozmotik dehidrasyon işleminde sakkaroz çözeltisinin glikoz çözeltisine kıyasla üründeki nem içeriğini daha fazla düşürerek incirin kuruma hızına daha fazla etki ettiği düşünülmektedir.



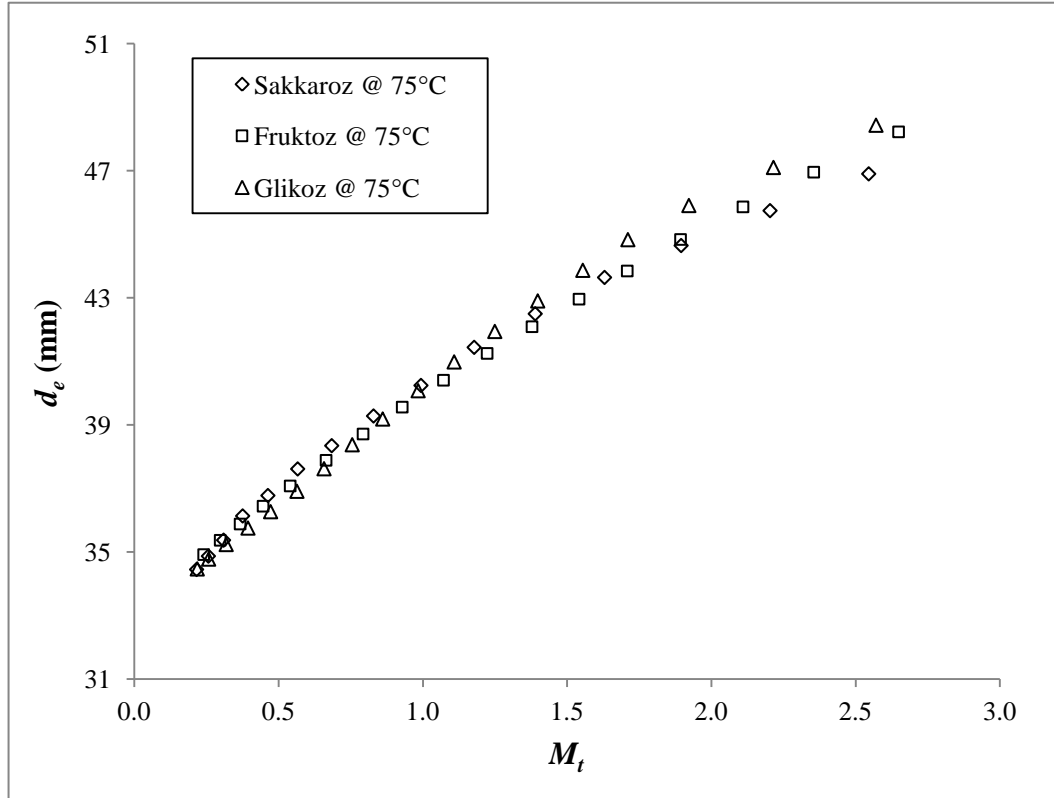
Şekil 6.17: Sakkaroz, fruktoz, glikoz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında nem oranı-kurutma süresi değişimi

$\ln(MR)$ 'nin, kurutma süresince olan değişimi Şekil 6.18'de gösterilmektedir. Buna göre; sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış olanların glikoz ve fruktoz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış olanlara kıyasla $\ln(MR)/t(s)$ eğiminin daha yüksek olduğu söylenebilir.



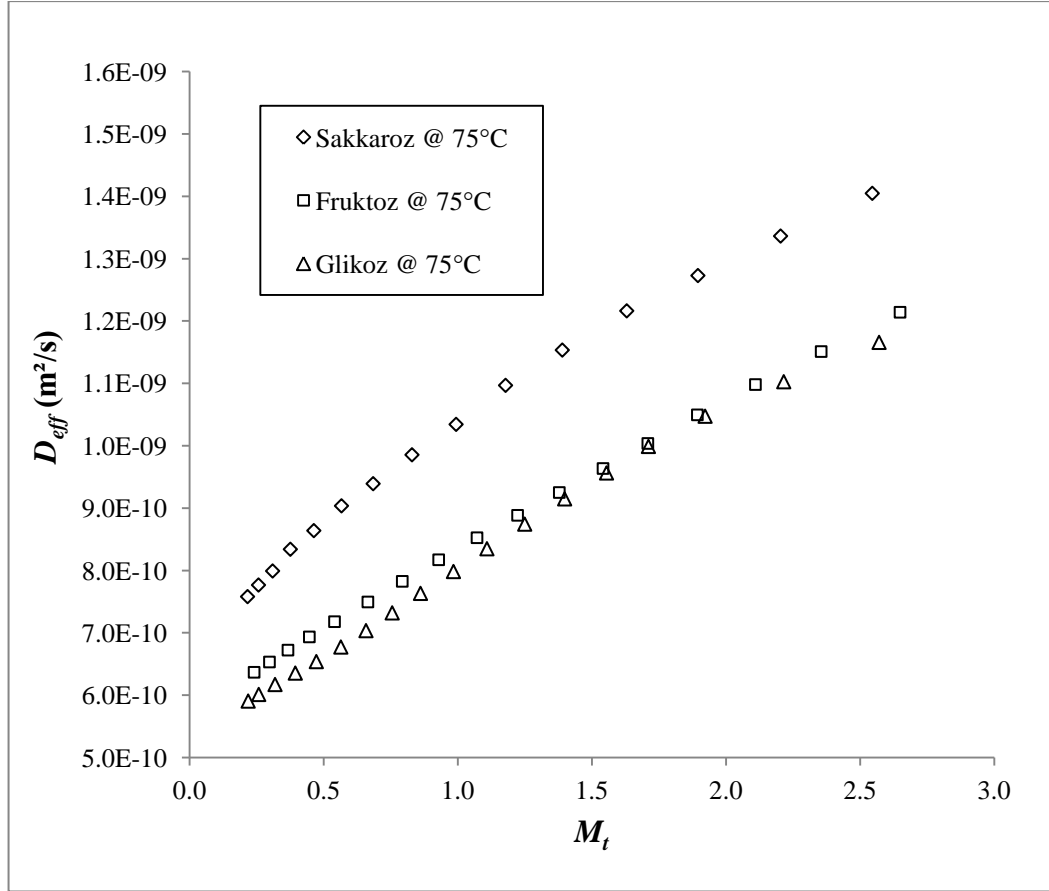
Şekil 6.18: Sakkaroz, fruktoz ve glikoz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi

Sakkaroz, fruktoz ve glikoz çözelti türlerinde ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incir ürünlerinin 75°C'deki kurutma süresince geometrik çap değişimi Şekil 6.19'da gösterilmektedir. Kurutma süresince incir ürünlerinin geometrik çapının doğrusal olarak azaldığı bununla birlikte ozmotik dehidrasyon işleminde çözelti türünün geometrik çap değişiminde istatistiksel bir farka neden olmadığı ($p > 0.05$) sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 6.19: Sakkaroz, fruktoz ve glikoz çözeltilerinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında geometrik çap (d_e)-nem içeriği (M_t) değişimi

Sakkaroz, fruktoz ve glikoz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi şekil 6.20'de gösterilmektedir. Buna göre, glikoz ve fruktoz çözeltilisine kıyasla sakkaroz çözeltilisinde D_{eff} değerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

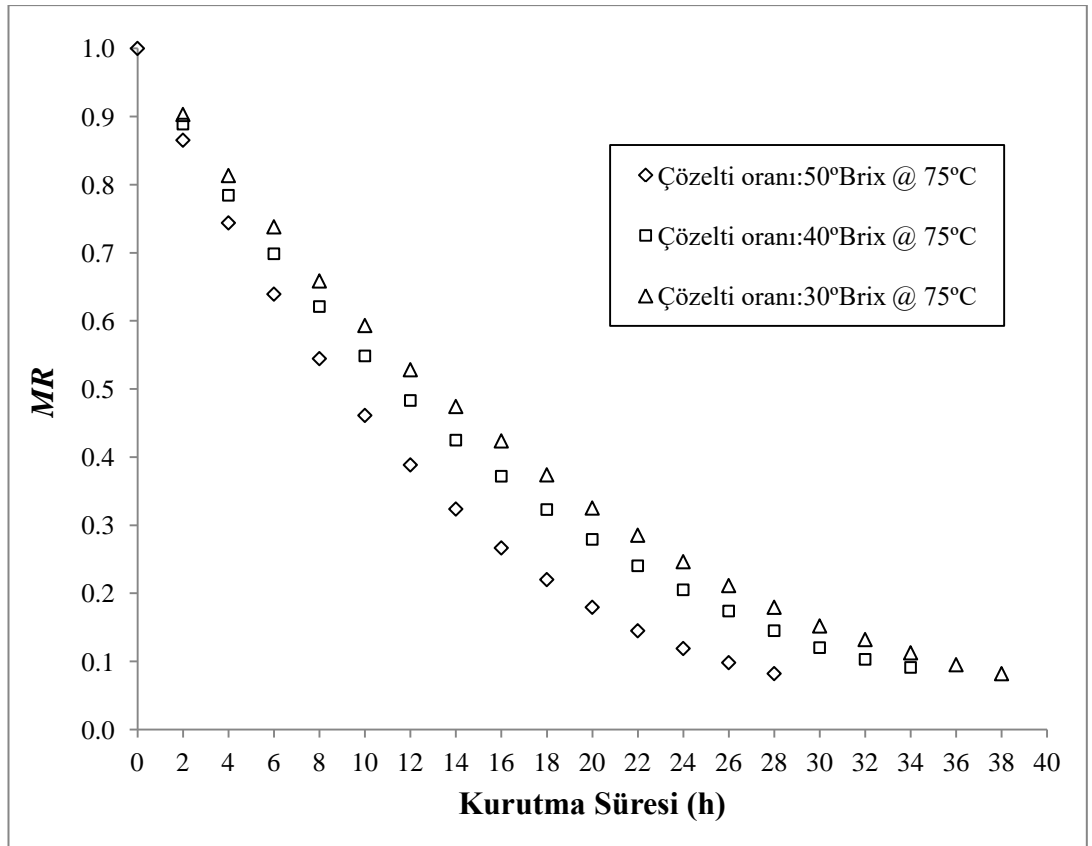


Şekil 6.20: Sakkaroz, fruktoz ve glikoz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı(D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi

Bununla birlikte, şekil 6.20'de her nem içeriğine karşılık gelen D_{eff} değerlerinin ortalaması alınarak ortalama efektif nem difüzyon katsayısı $\overline{D_{eff}}$ değerleri hesaplanmıştır. Buna göre, sakkaroz, fruktoz ve glikoz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirler için $\overline{D_{eff}}$ değerinin sırasıyla 10.25×10^{-10} (m^2/s), 8.75×10^{-10} (m^2/s) ve 8.15×10^{-10} (m^2/s) olduğu tespit edilmiştir.

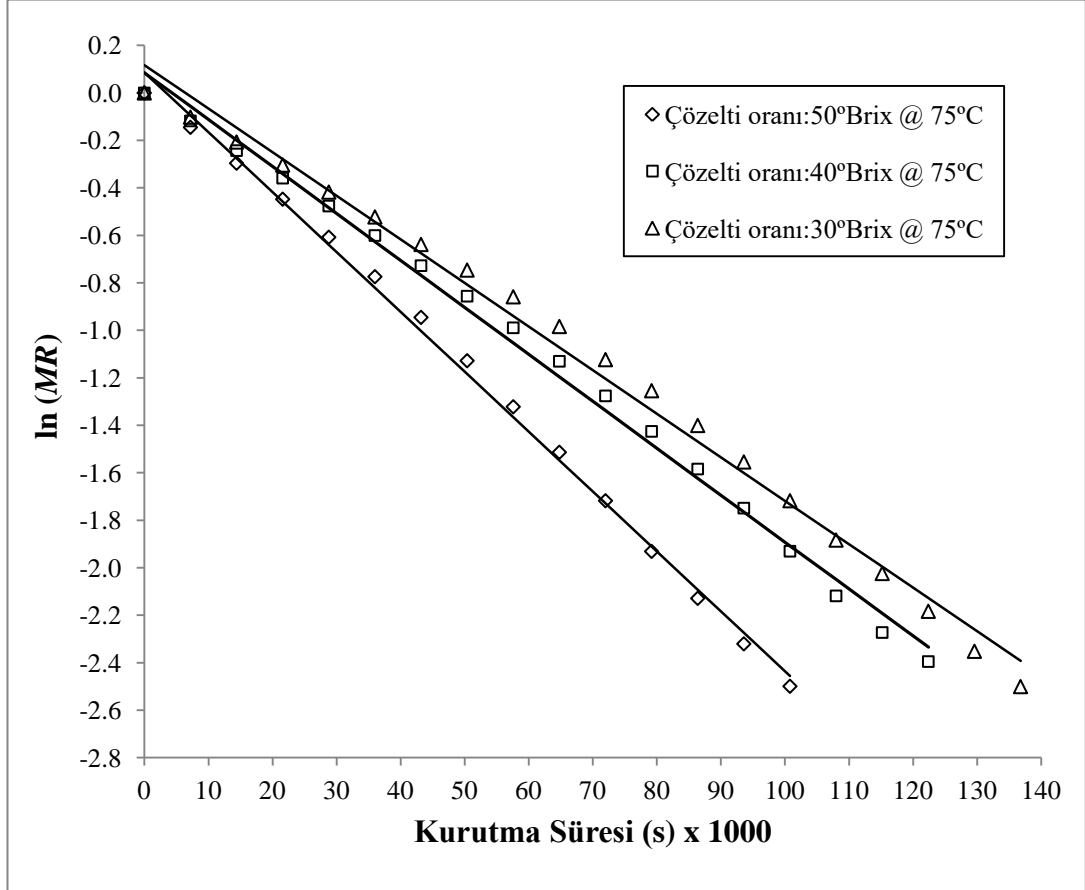
6.6 Çözelti Oranının Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 7 ve 10)

Çözelti oranının kurutma kinetiği üzerindeki etkisinin incelenmesi için incir ürünlerine 15dk süresince 130mbar vakum ortamında, 50°C sıcaklıktaki 30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix oranındaki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon işlemi uygulandıktan sonra incirler 75°C sıcaklıkta kurutulmuşlardır. Kurutma süresi-nem oranı değişimi şekil 6.21'de gösterilmektedir. Buna göre, çözelti oranının artmasının kurutma süresini kısalttığı söylenebilir.



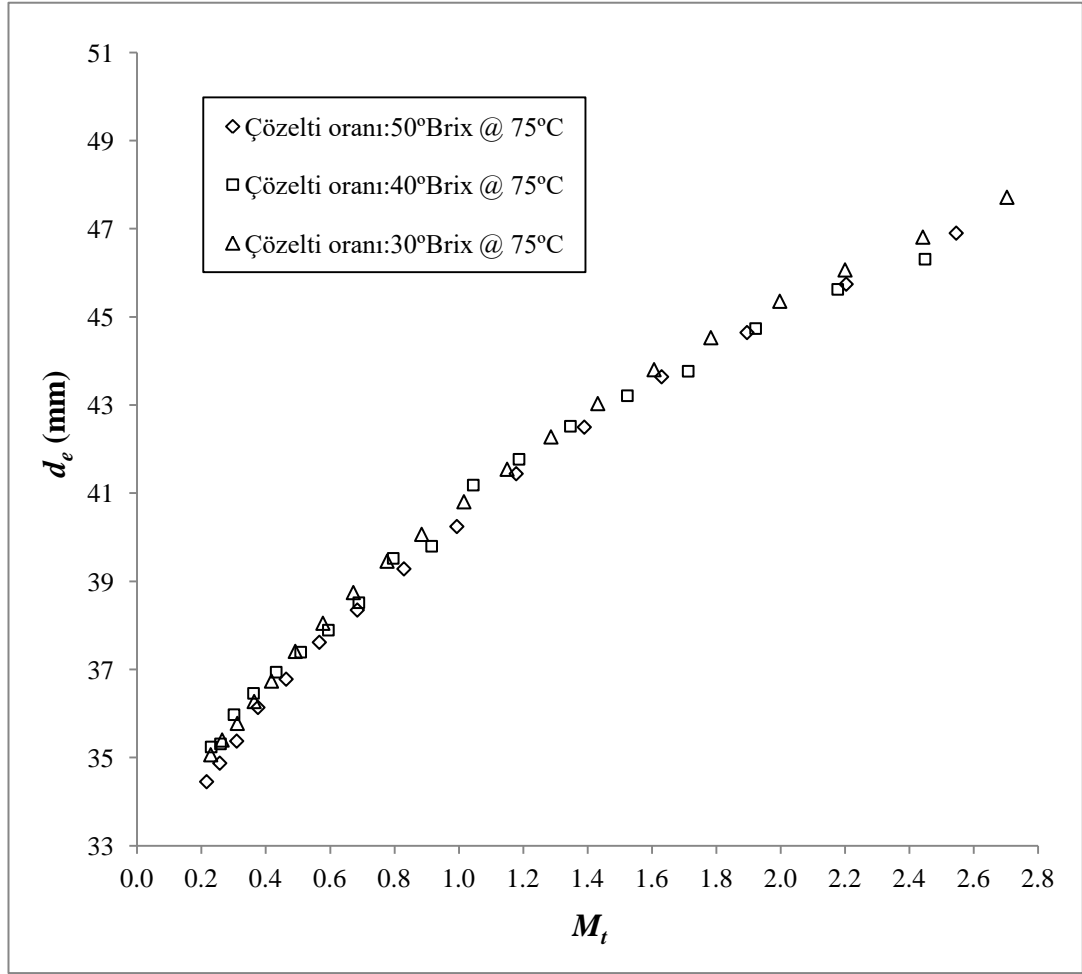
Şekil 6.21: 30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında nem oranı-kurutma süresi değişimi

Nem oranının (MR) logaritmik değeri olan $\ln(MR)$ 'nin, kurutma süresince olan değişimi Şekil 6.22'de gösterilmektedir. Buna göre, çözelti oranı daha yüksek olan sakkaroz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış olan incirlerin 75°C sıcaklıkta kurutulması süresince $\ln(MR)/t(s)$ eğiminin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.



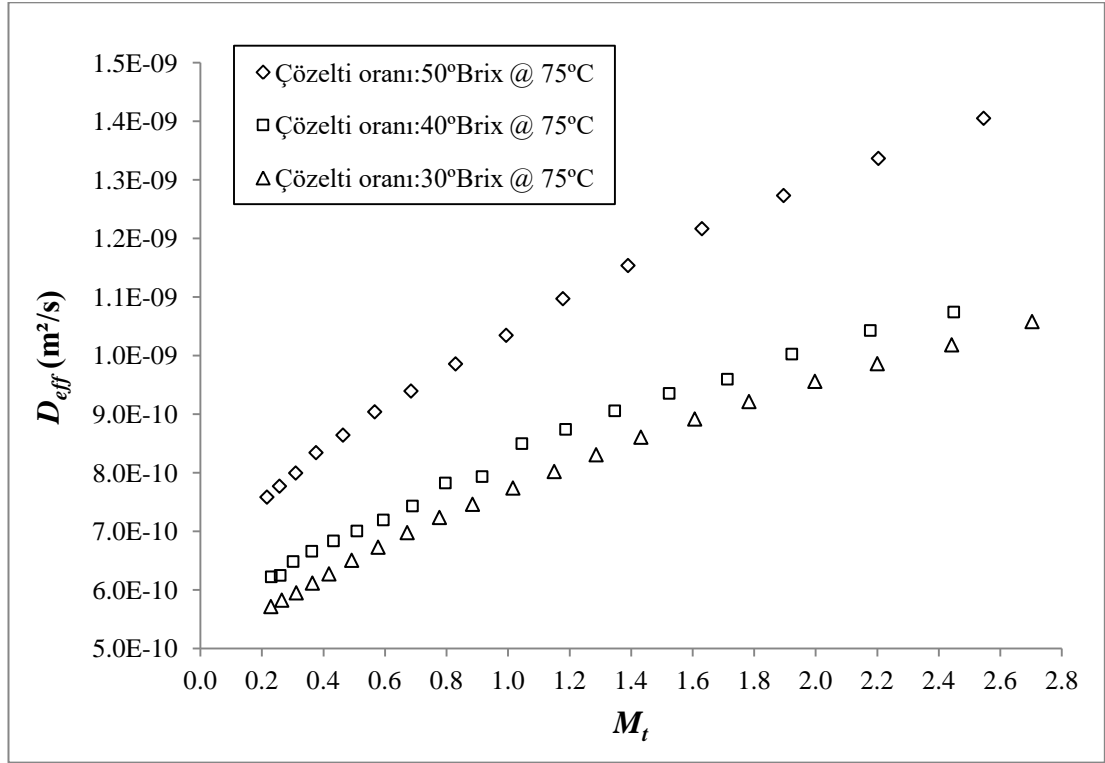
Şekil 6.22: 30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix'lik sakkaroz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C 'de kurutulmasında $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi

30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix'lik sakkaroz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C sıcaklıkta kurutulması süresince geometrik çap değişimi Şekil 6.23'te gösterilmektedir. Kurutma süresince incir ürünlerinin geometrik çapının doğrusal olarak azaldığı bununla birlikte ozmotik dehidrasyon işleminde çözelti oranının geometrik çap değişiminde istatistiksel bir farka neden olmadığı ($p > 0.05$) sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 6.23: 30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix'lik sakkaroz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında geometrik çap (d_e)-nem içeriği (M_t) değişimi

30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix'lik sakkaroz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi şekil 6.24'te gösterilmektedir. Buna göre, ozmotik dehidrasyonda çözelti oranı yüksek olanın D_{eff} değerinin de yüksek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

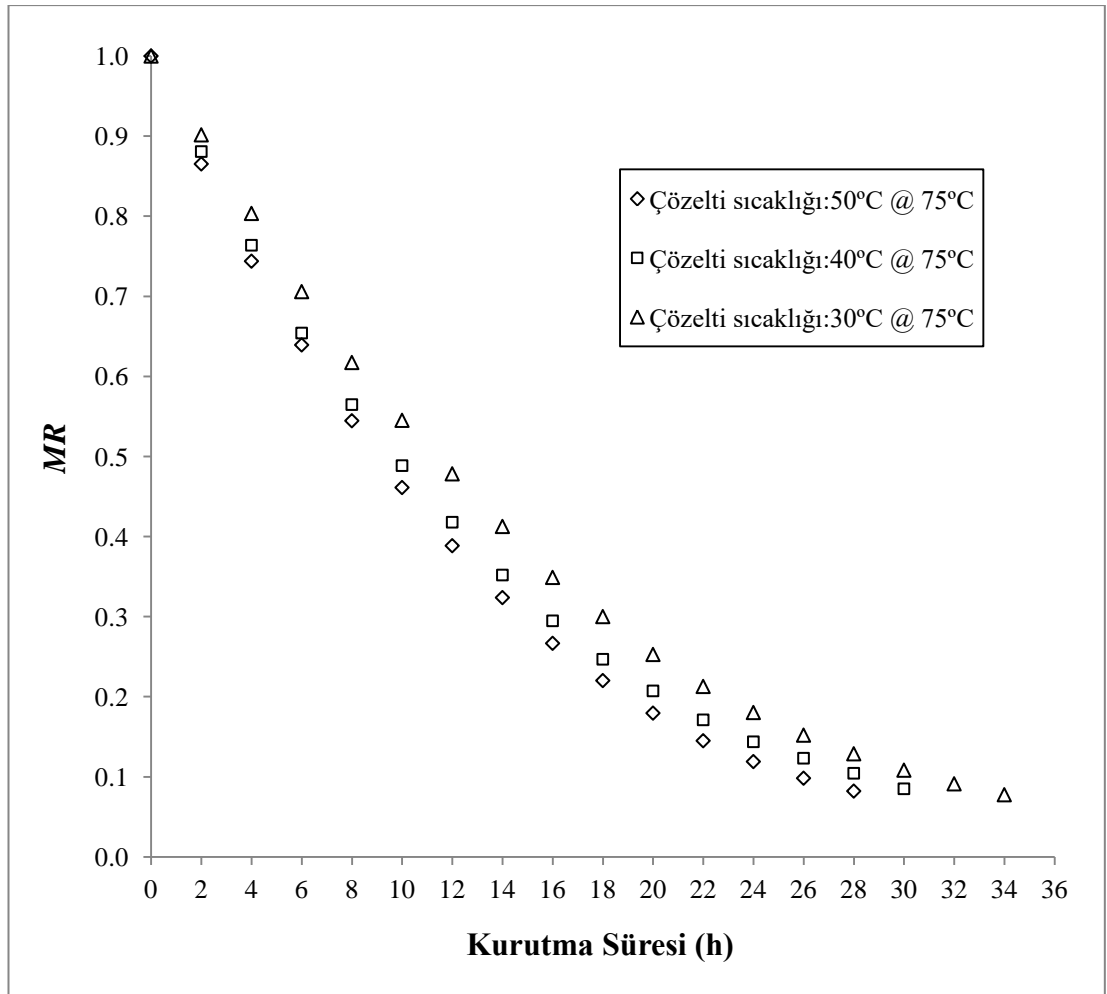


Şekil 6.24: 30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix'lik sakkaroz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı(D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi

Şekil 6.24'te, her nem içeriğine karşılık gelen D_{eff} değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanan ortalama efektif nem difüzyon katsayısı $\overline{D_{eff}}$ değerlerinin, 30°Brix, 40°Brix ve 50°Brix'lik sakkaroz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirler için sırasıyla 7.79×10^{-10} (m²/s), 8.12×10^{-10} (m²/s) ve 10.25×10^{-10} (m²/s) olduğu tespit edilmiştir.

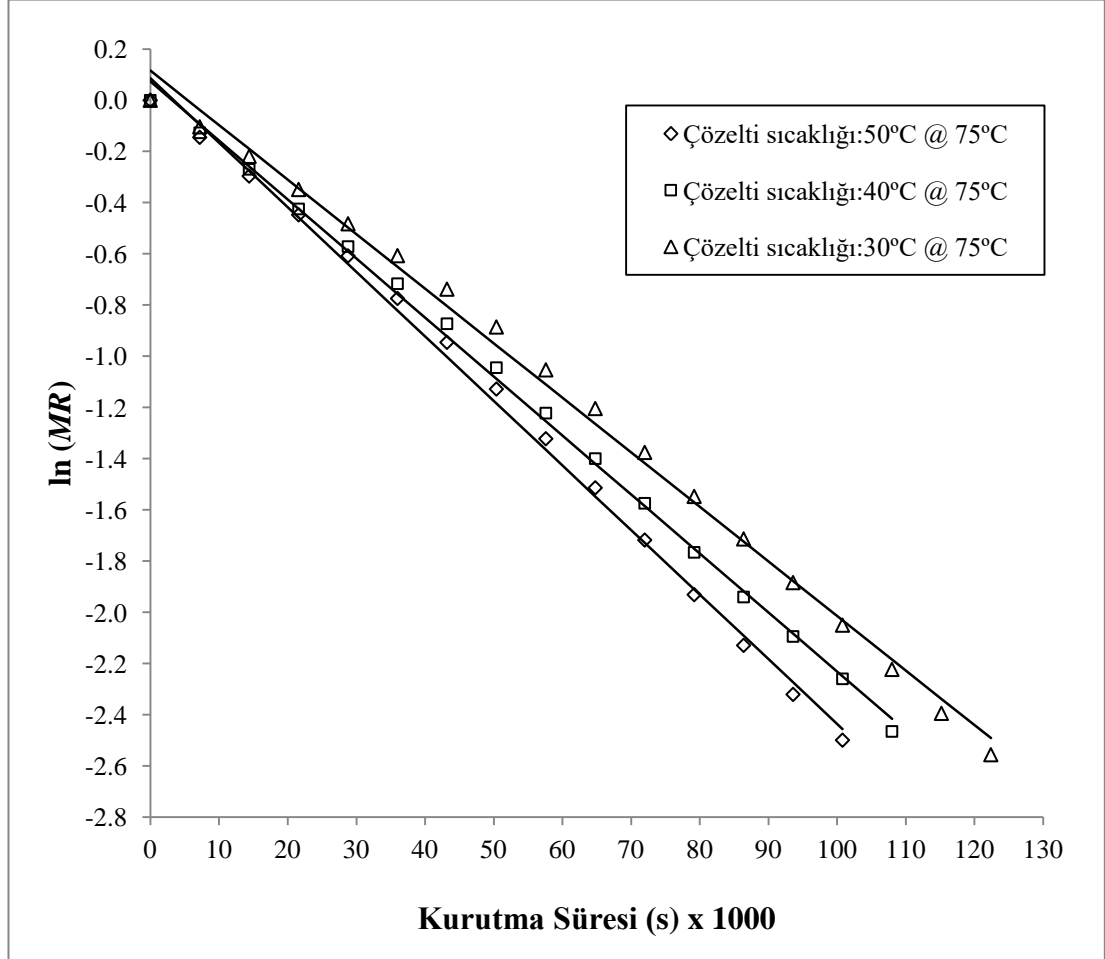
6.7 Çözelti Sıcaklığının Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 8 ve 11)

Çözelti sıcaklığının kurutma kinetiği üzerindeki etkisinin incelenmesi için incir ürünlerine 15dk süresince 130mbar vakum ortamında, 50°Brix oranındaki 30°C, 40°C ve 50°C sıcaklığındaki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon işlemi uygulandıktan sonra incirler 75°C sıcaklıkta kurutulmuşlardır. Kurutma süresi-nem oranı değişimi şekil 6.25'te gösterilmektedir. Buna göre, çözelti sıcaklığının artmasının kurutma süresini kısalttığı söylenebilir.



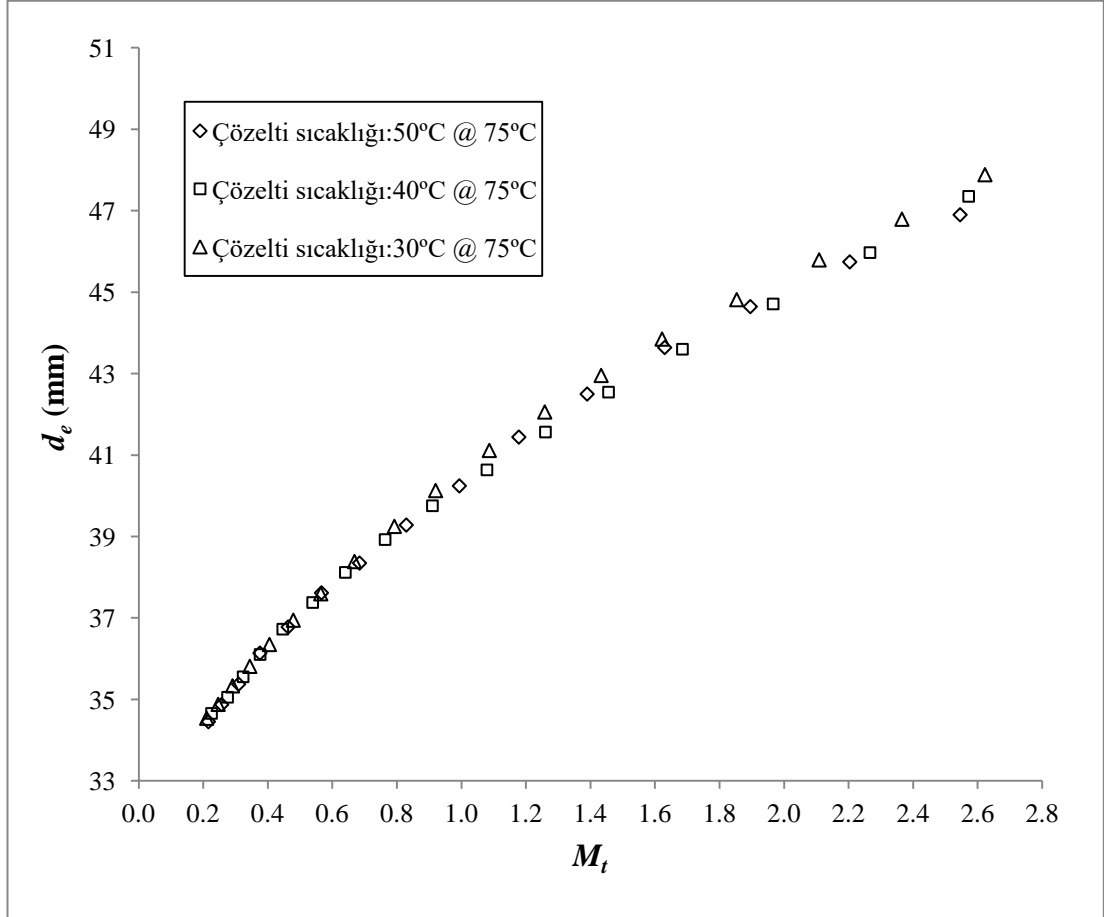
Şekil 6.25: 30°C, 40°C ve 50°C'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında nem oranı-kurutma süresi değişimi

Nem oranının (MR) logaritmik değeri olan $\ln(MR)$ 'nin, kurutma süresince olan değişimi Şekil 6.26'da gösterilmektedir. Buna göre, çözelti sıcaklığı daha yüksek olan sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış olan incirlerin $75^{\circ}C$ sıcaklıkta kurutulması süresince $\ln(MR)/t(s)$ eğiminin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.



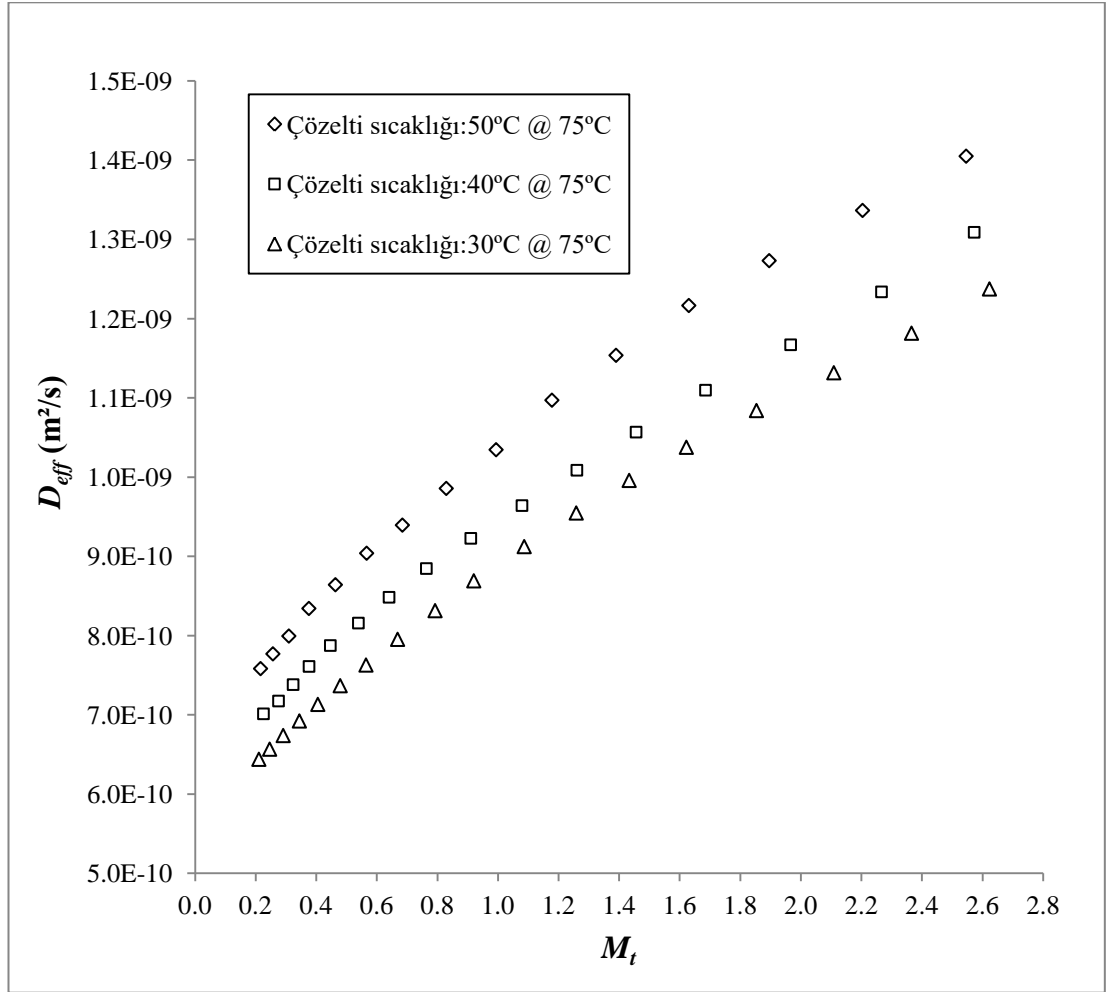
Şekil 6.26: $30^{\circ}C$, $40^{\circ}C$ ve $50^{\circ}C$ 'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin $75^{\circ}C$ 'de kurutulmasında $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi

30°C, 40°C ve 50°C'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerin 75°C sıcaklıkta kurutulması süresince geometrik çap değişimi Şekil 6.27'de gösterilmektedir. Kurutma süresince incir ürünlerinin geometrik çapının doğrusal olarak azaldığı bununla birlikte ozmotik dehidrasyon işleminde çözelti sıcaklığının geometrik çap değişiminde istatistiksel bir farka neden olmadığı ($p > 0.05$) sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 6.27: 30°C, 40°C ve 50°C'lik sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında geometrik çap (d_e)-nem içeriği (M_t) değişimi

30°C, 40°C ve 50°C'lik sakkaroz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi şekil 6.28'de gösterilmektedir. Buna göre, ozmotik dehidrasyon işleminde çözelti sıcaklığı arttıkça D_{eff} değerinin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

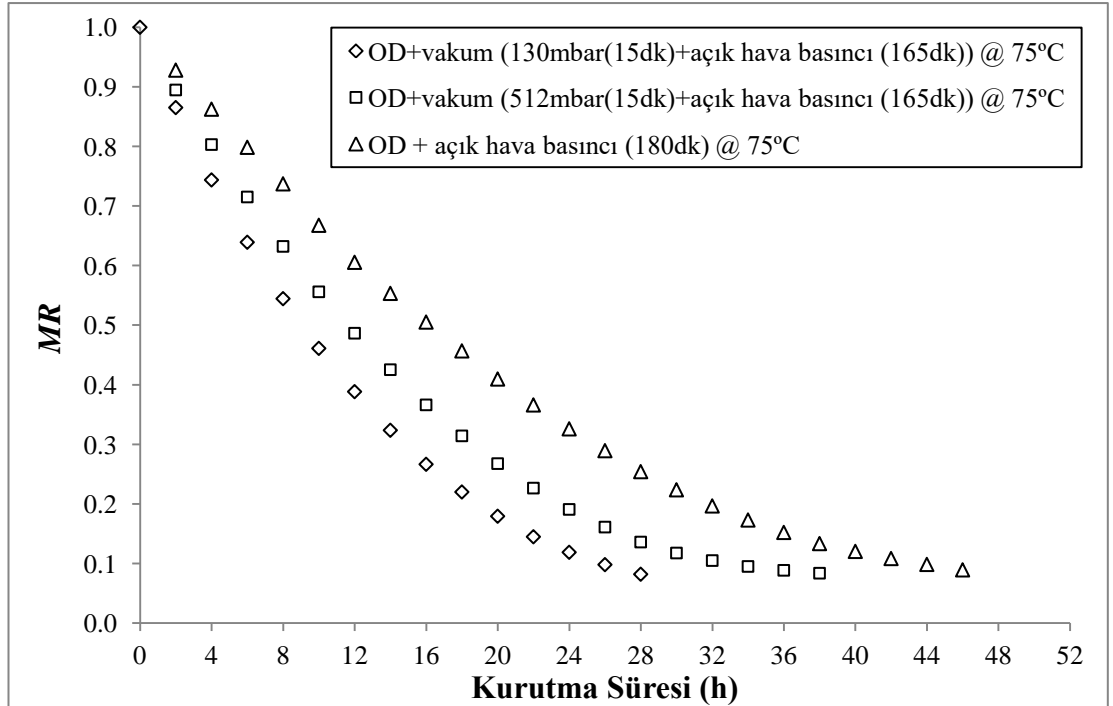


Şekil 6.28: 30°C, 40°C ve 50°C'lik sakkaroz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı(D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi

Bununla birlikte, şekil 6.28'de her nem içeriğine karşılık gelen D_{eff} değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanan ortalama efektif nem difüzyon katsayısı $\overline{D_{eff}}$ değerlerinin 30°C, 40°C ve 50°C'lik sakkaroz çözeltilisinde ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirler için sırasıyla 8.84×10^{-10} (m²/s), 9.39×10^{-10} (m²/s) ve 10.25×10^{-10} (m²/s) olduğu tespit edilmiştir.

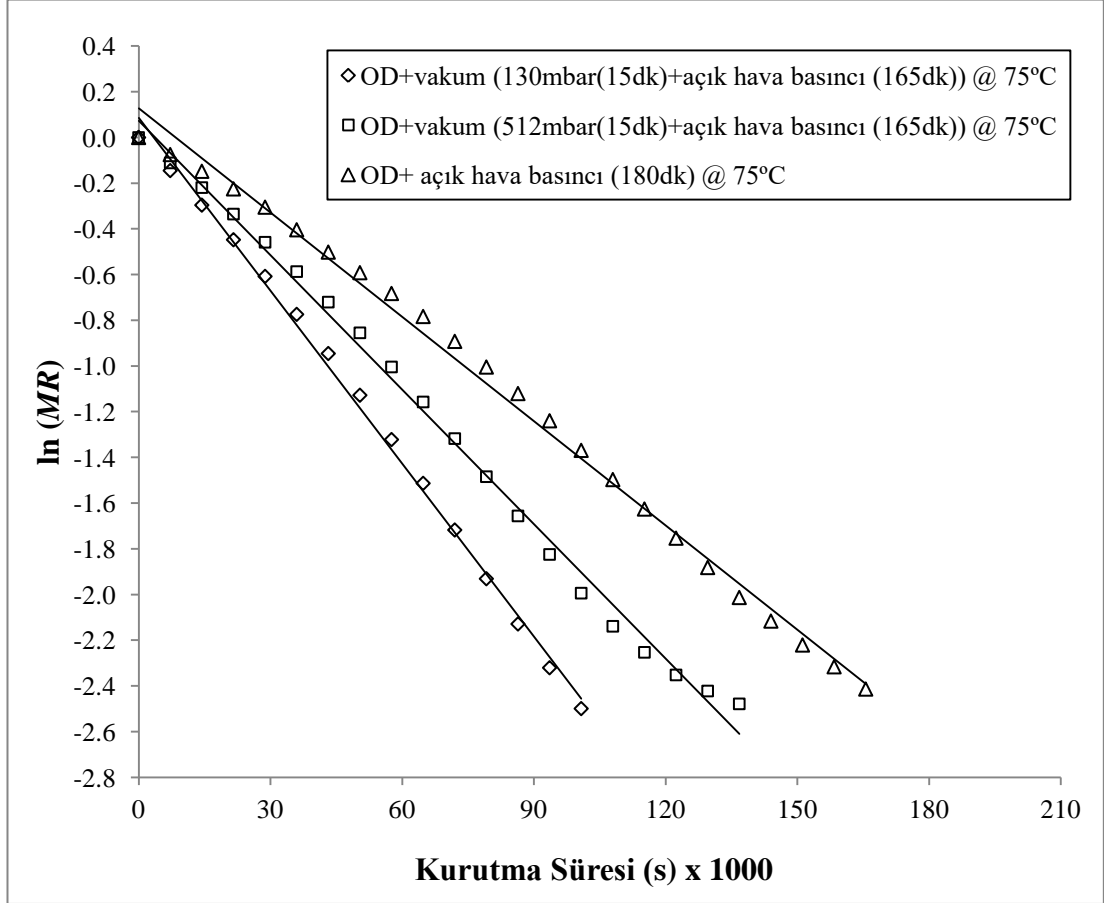
6.8 Vakumun, Ozmotik Dehidrasyon Uygulanan İncirlerin Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 9 ve 12)

Bu deneyde, incir ürünleri öncelikle üç gruba ayrılmıştır. Her birine 50°Brix çözelti oranındaki ve 50°C sıcaklığındaki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmıştır. İlk gruptakilere önce, ozmotik dehidrasyon süresinin ilk 15dk'sı boyunca 130mbar vakum uygulanmıştır. Daha sonra geriye kalan sürede (165 dk) ozmotik dehidrasyon işlemine açık hava basıncında devam edilmiştir. İkinci gruptakilere, ozmotik dehidrasyon işleminin ilk 15dk'sı boyunca 512 mbar vakum uygulanmış, sonra geriye kalan sürede (165dk) ozmotik dehidrasyon işlemine açık hava basıncında devam edilmiştir. Üçüncü gruptakilere ise ozmotik dehidrasyon işlemi, 180dk boyunca açık hava basıncında devam edilmiştir. Her üç gruptaki incirler ozmotik dehidrasyon işleminden sonra 75°C'de kurutulmuşlardır. Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde vakum uygulanan incirlerin 75°C'de kurutulmasında nem oranı-kurutma süresi değişimi Şekil 6.29'da gösterilmektedir. Buna göre, ozmotik dehidrasyonda ortam basıncının düşürülmesiyle, kurutma süresinin kısaldığı söylenebilir.



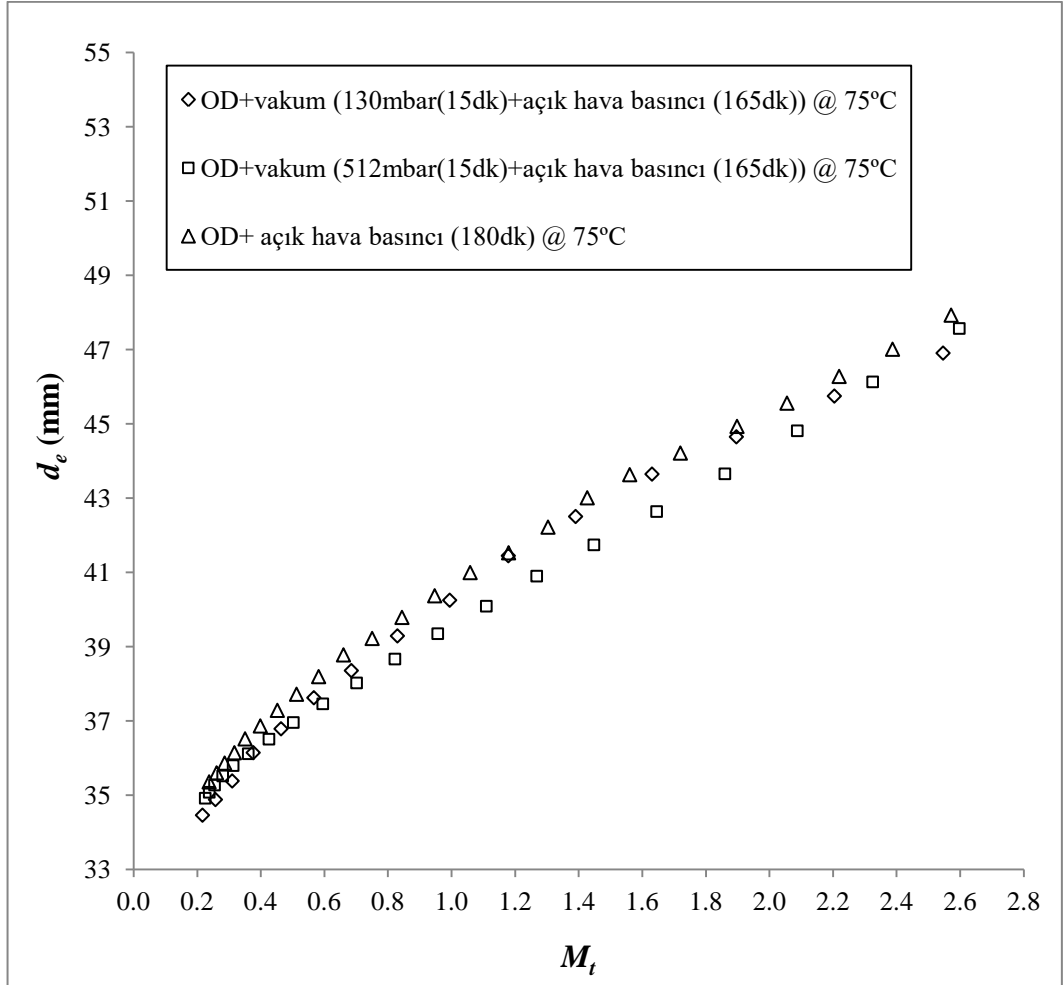
Şekil 6.29: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde vakum uygulanan incirlerin 75°C'de kurutulmasında nem oranı-kurutma süresi değişimi.

Nem oranının (MR) logaritmik değeri olan $\ln(MR)$ 'nin, kurutma süresince olan değişimi Şekil 6.30'da gösterilmektedir. Buna göre, daha düşük ortam basıncında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerin 75°C sıcaklıkta kurutulması süresince $\ln(MR)/t(s)$ eğiminin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.



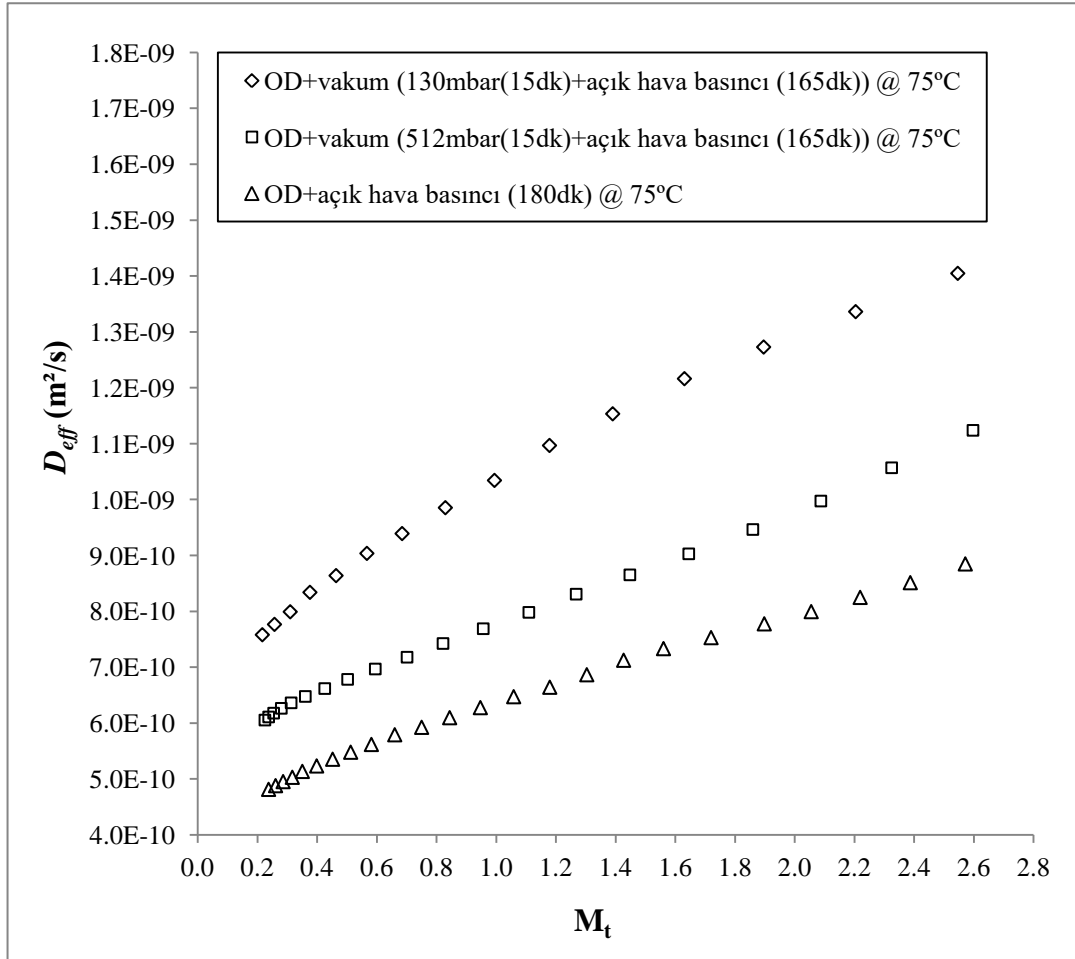
Şekil 6.30: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde vakum uygulanan incirlerin 75°C 'de kurutulmasında $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi.

Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde vakum uygulanan incirlerin 75°C'de kurutulması süresince geometrik çap değişimi Şekil 6.31'de gösterilmektedir. Kurutma süresince incir ürünlerinin geometrik çapının doğrusal olarak azaldığı bununla birlikte ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde uygulanan vakumun geometrik çap değişiminde istatistiksel bir farka neden olmadığı ($p > 0.05$) sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 6.31: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde vakum uygulanan incirlerin 75°C'de kurutulmasında geometrik çap (d_e)-nem içeriği (M_t) değişimi.

Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde vakum uygulanan incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi şekil 6.32'de gösterilmektedir. Buna göre, daha düşük ortam basıncında ozmotik dehidrasyon uygulananların D_{eff} değerinin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

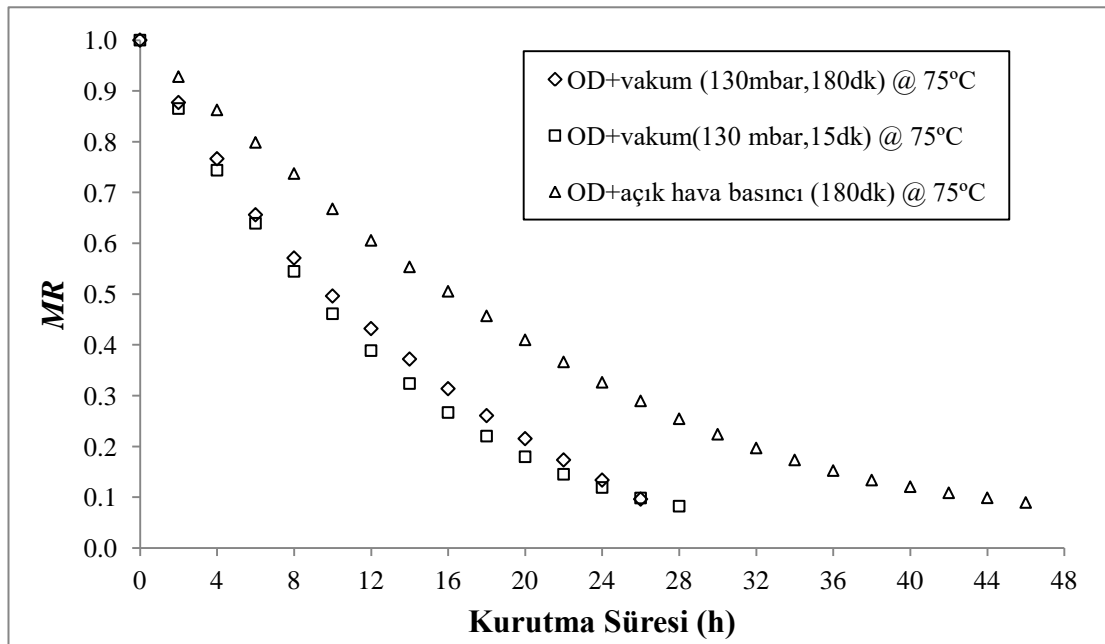


Şekil 6.32: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı seviyelerde vakum uygulanan incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi

Bununla birlikte, şekil 6.32'de her nem içeriğine karşılık gelen D_{eff} değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanan ortalama efektif nem difüzyon katsayısı $\overline{D_{eff}}$ değerlerinin, ozmotik dehidrasyon işlemi 130 mbar vakum uygulananda 10.25×10^{-10} (m²/s), 512 mbar vakum uygulananda 7.77×10^{-10} (m²/s), açık hava basıncında uygulananda ise 6.41×10^{-10} (m²/s) olduğu tespit edilmiştir.

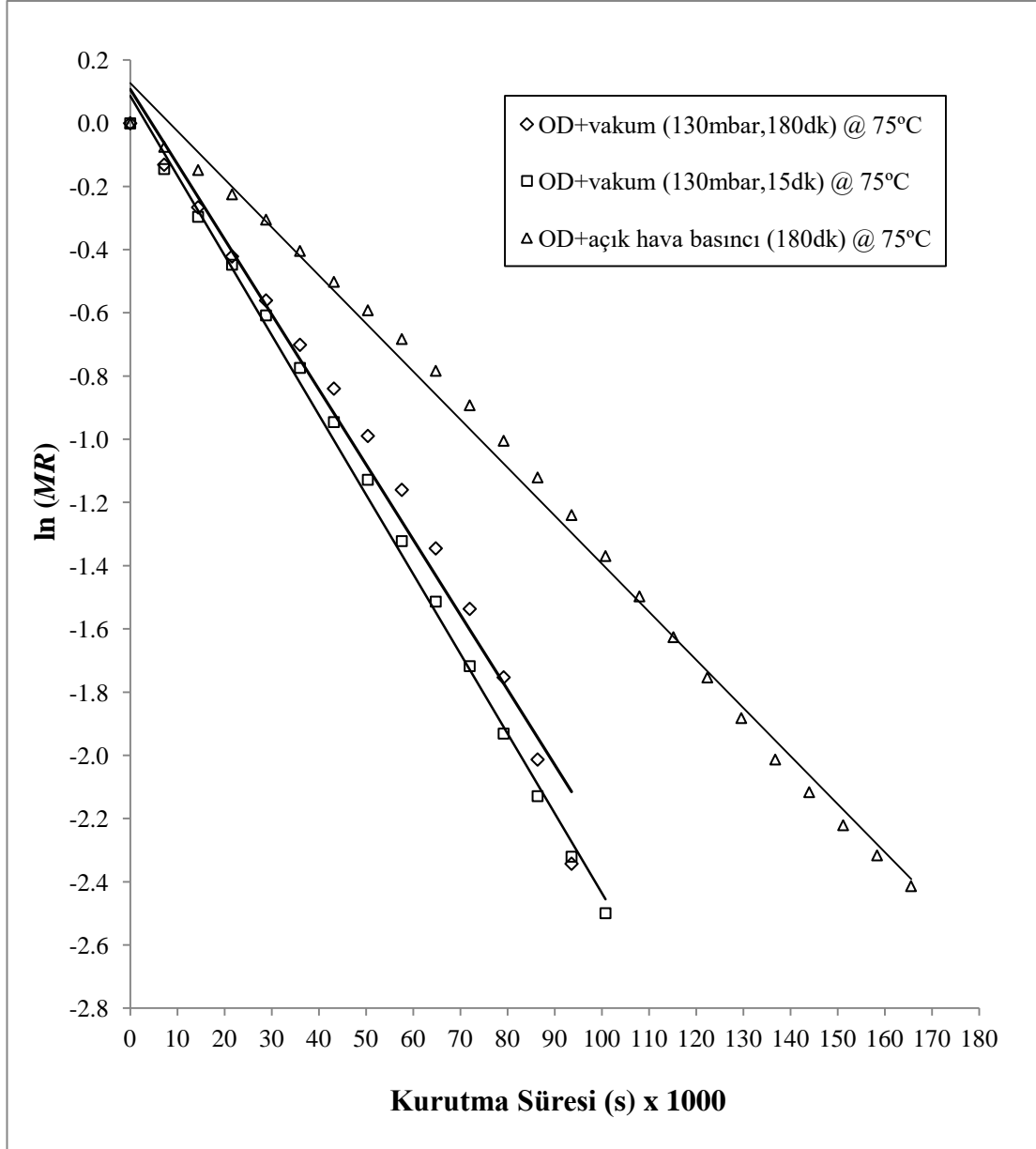
6.9 Vakum Süresinin, Vakum Ortamında Ozmotik Dehidrasyon Uygulanmış İncirlerin Kurutma Kinetiği Üzerindeki Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi (Deney no: 2, 9 ve 13)

Bu deneyde incir ürünleri üç gruba ayrılmıştır. Birinci gruptaki incirlere 50°Brix çözelti oranındaki ve 50°C sıcaklığındaki sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanırken ozmotik dehidrasyonun ilk 15dk'sı boyunca 130mbar vakum uygulanmış sonra da vakum kaldırılarak ozmotik dehidrasyon işlemine açık hava basıncında (165dk) devam edilmiştir. İkinci gruptaki incirlere ise 50°Brix çözelti oranındaki ve 50°C sıcaklığındaki sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanırken ozmotik dehidrasyonun tamamı boyunca (180dk) 130mbar vakum uygulanmıştır. Üçüncü gruptakilere ise ozmotik dehidrasyon işlemi, 180dk boyunca açık hava basıncında devam edilmiştir. Her üç gruptaki incirler, uygulanan ozmotik dehidrasyon işlemlerinden sonra 75°C'de kurutulmuşlardır. İncirlerin kurutma süresi-nem oranı değişimi şekil 6.33'te gösterilmektedir. Buna göre, her üç gruptaki incirlerin kurutma süreleri karşılaştırıldığında vakum süresinin 15dk'dan 180dk'ya çıkması sonucu kurutma süresi üzerinde ciddi bir farka neden olmadığı ancak ozmotik dehidrasyonda vakum uygulama işleminin kurutma süresini kısalttığı sonucuna ulaşılmıştır.



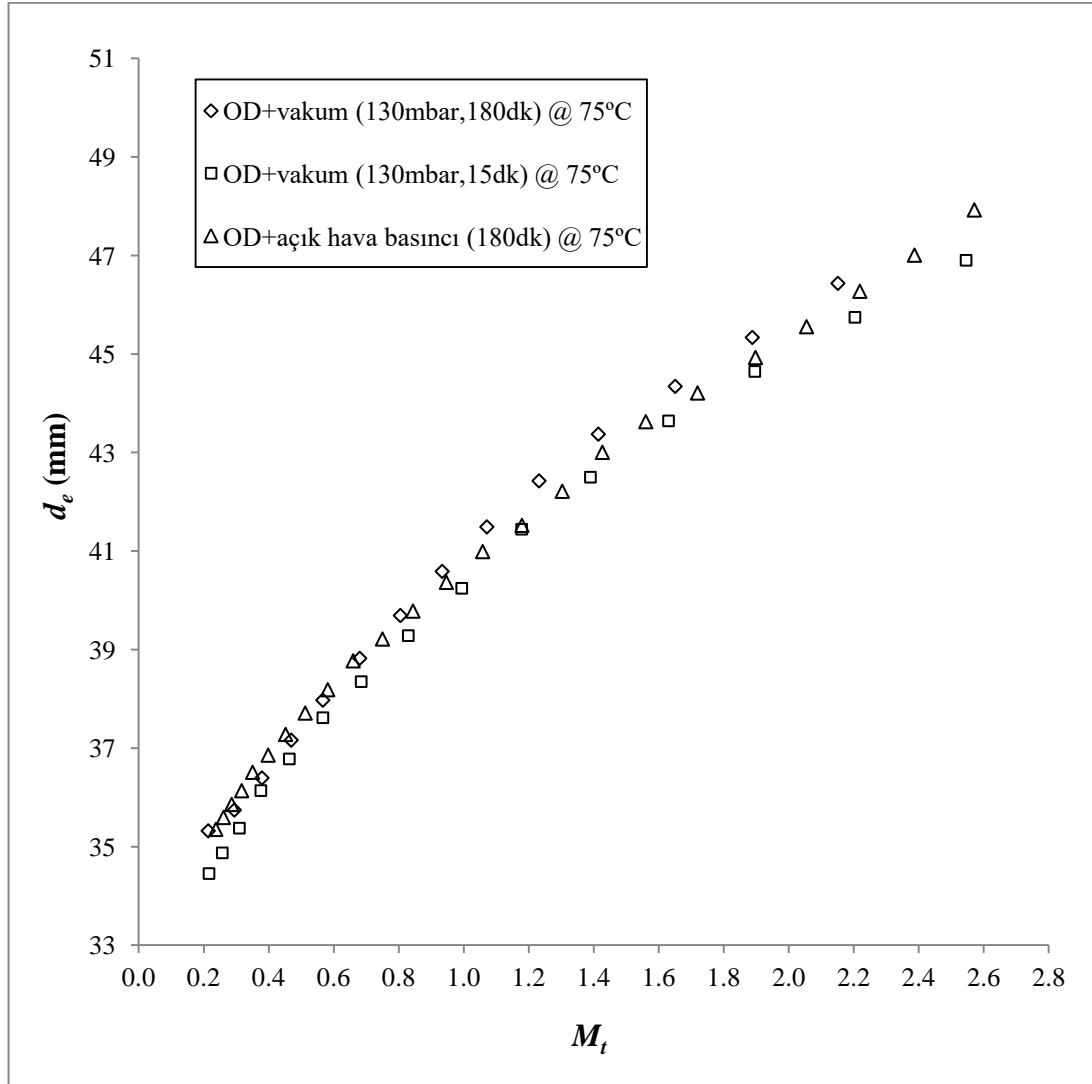
Şekil 6.33: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı vakum süreleri uygulanan incirler ile vakum uygulanmayan incirlerin 75°C'de kurutulmasında nem oranı-kurutma süresi değişimi.

Nem oranının (MR) logaritmik değeri olan $\ln(MR)$ 'nin, kurutma süresince olan değişimi Şekil 6.34'te gösterilmektedir. Buna göre, ozmotik dehidrasyon işleminde iki farklı vakum süresi (15 ve 180dk) uygulanan incirlerin 75°C sıcaklıkta kurutulması süresince $\ln(MR)/t(s)$ eğimi arasında istatistiksel bir farkın olmadığı ($p > 0.05$) ancak ozmotik dehidrasyon işleminde vakum uygulanmayanlar ile arasında ise istatistiksel bir farkın olduğu ($p < 0.05$) sonucuna ulaşılmaktadır.



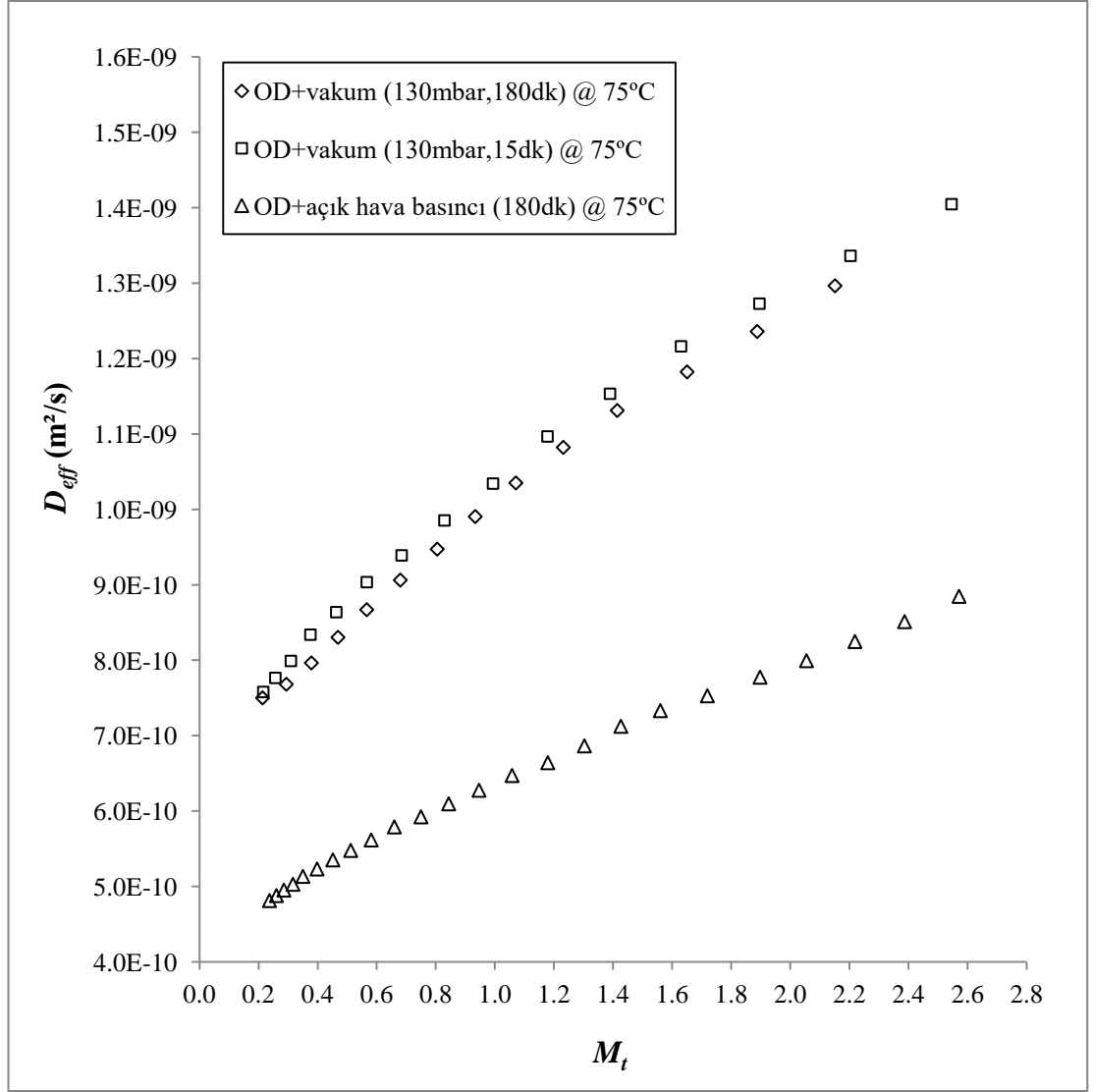
Şekil 6.34: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı vakum süreleri uygulanan incirler ile vakum uygulanmayan incirlerin 75°C'de kurutulmasında $\ln(MR)$ -kurutma süresi değişimi

Ozmotik dehidrasyon işleminde, farklı vakum süreleri uygulanan incirler ile vakum uygulanmayan incirlerin 75°C'de kurutulması süresince geometrik çap değişimi Şekil 6.35'te gösterilmektedir. Kurutma süresince incir ürünlerinin geometrik çapının doğrusal olarak azaldığı bununla birlikte ozmotik dehidrasyon işleminde vakum süresinin geometrik çap değişiminde istatistiksel bir farka neden olmadığı ($p > 0.05$) sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 6.35: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı vakum süreleri uygulanan incirler ile vakum uygulanmayan incirlerin 75°C'de kurutulmasında geometrik çap (d_e)-nem içeriği (M_t) değişimi.

Ozmotik dehidrasyon işleminde, farklı vakum süreleri uygulanan incirler ile vakum uygulanmayan incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi şekil 6.36'da gösterilmektedir.



Şekil 6.36: Ozmotik dehidrasyon işleminde farklı vakum süreleri uygulanan incirler ile vakum uygulanmayan incirlerin 75°C'de kurutulmasında efektif nem difüzyon katsayısı (D_{eff})-nem içeriği (M_t) değişimi

Şekil 6.36'da her nem içeriğine karşılık gelen D_{eff} değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanan ortalama efektif nem difüzyon katsayısı $\overline{D_{eff}}$ değerlerinin vakum işlemi uygulanmayanda 6.41×10^{-10} (m²/s), vakum işlemi 15 dakika uygulananda 10.25×10^{-10} (m²/s) ve vakum işlemi 180 dakika uygulananda ise 9.87×10^{-10} (m²/s) olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, ozmotik dehidrasyon işleminde vakum uygulananlar ile vakum uygulanmayanlar arasında $\overline{D_{eff}}$ değerleri açısından istatistiksel bir farkın olduğu ($p < 0.05$) ancak ozmotik dehidrasyonda vakum süresinin 15 dakikadan 180 dakikaya çıkmasının $\overline{D_{eff}}$ değerleri arasında istatistiksel bir farka neden olmadığı ($p > 0.05$) sonucuna ulaşılmıştır.

6.10 Deneylelerden Elde Edilen Efektif Nem Difüzyonu ile Aktivasyon Enerjisi Değerlerinin Literatür ile Karşılaştıırılması

Tablo 5.1'deki deneylelerden elde edilen efektif nem difüzyon katsayısının en küçük, en büyük, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 6.5'te verilmektedir. Buna göre, incirin ortalama efektif nem difüzyon katsayısı değerinin 2.75×10^{-10} - 11.55×10^{-10} m²/s aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6.5: Deneylelerden elde edilen en küçük, en büyük ve ortalama efektif nem difüzyon katsayısı ile standart sapma (\pm) değerleri

D deney No	$\overline{D_{eff}}$ (m ² /s)			
	En küçük	En büyük	Standart sapma	Ortalama
1	8.45×10^{-10}	16.11×10^{-10}	2.57×10^{-10}	11.55×10^{-10}
2	7.58×10^{-10}	14.05×10^{-10}	2.12×10^{-10}	10.25×10^{-10}
3	5.70×10^{-10}	10.52×10^{-10}	1.55×10^{-10}	7.51×10^{-10}
4	2.64×10^{-10}	4.83×10^{-10}	0.70×10^{-10}	3.57×10^{-10}
5	6.37×10^{-10}	12.14×10^{-10}	1.82×10^{-10}	8.75×10^{-10}
6	5.91×10^{-10}	11.66×10^{-10}	1.82×10^{-10}	8.15×10^{-10}
7	5.71×10^{-10}	10.58×10^{-10}	1.55×10^{-10}	7.79×10^{-10}
8	6.44×10^{-10}	12.37×10^{-10}	1.92×10^{-10}	8.84×10^{-10}
9	4.82×10^{-10}	8.85×10^{-10}	1.26×10^{-10}	6.41×10^{-10}
10	6.22×10^{-10}	10.74×10^{-10}	1.48×10^{-10}	8.12×10^{-10}
11	7.01×10^{-10}	13.09×10^{-10}	1.92×10^{-10}	9.39×10^{-10}
12	6.05×10^{-10}	11.24×10^{-10}	1.59×10^{-10}	7.77×10^{-10}
13	7.50×10^{-10}	12.97×10^{-10}	1.79×10^{-10}	9.87×10^{-10}
14	5.16×10^{-10}	10.01×10^{-10}	1.45×10^{-10}	6.99×10^{-10}
15	3.51×10^{-10}	6.95×10^{-10}	1.11×10^{-10}	4.94×10^{-10}
16	4.26×10^{-10}	8.23×10^{-10}	1.20×10^{-10}	5.69×10^{-10}
17	3.22×10^{-10}	6.96×10^{-10}	1.09×10^{-10}	4.40×10^{-10}
18	2.70×10^{-10}	5.53×10^{-10}	0.90×10^{-10}	3.76×10^{-10}
19	2.01×10^{-10}	3.95×10^{-10}	0.59×10^{-10}	2.75×10^{-10}

Tablo 6.6'da literatürdeki ve bu tez çalışmasındaki incirin efektif nem difüzyon katsayısı değerleri verilmektedir. Bununla birlikte, gıdaların efektif nem difüzyonunun 10^{-9} - 10^{-11} m²/s aralığında olduğu (Saravacos ve Maroulis 2001) bilinmektedir. Sonuç olarak, bu tez çalışmasında incir için elde edilen efektif nem difüzyonu değerlerinin literatürdeki değerler ile uyumlu olduğu söylenebilir.

Tablo 6.6: Literatürde incir için elde edilen efektif nem difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi değerlerinin tez çalışması ile karşılaştırılması

İşlem türü	$\overline{D_{eff}} \times 10^{-10}$ (m ² /s)	E_a (kJ/mol)	Kaynaklar
Dilimlenmiş	6.48-51.3	30.81-48.47	Babalıs ve Belessiotis (2004)
Bütün	2.47	-	Doymaz (2005)
Bütün	39.3-50.2	7.37-40.95	Xanthopoulos ve diğ. (2009)
Kabuğu soyulmuş, dilimlenmemiş	3.97-7.52	15.3	Xanthopoulos ve diğ. (2010)
Kabuğu soyulmamış, dilimlenmemiş	5.54-7.80	28.5	
Bütün, ozmotik dehidrasyon, vakum altında ozmotik dehidrasyon, ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış	2.75-11.55	33.27-44.92	Tez çalışması
Gıdalar için genel	0.1-10	12.7-110	Zogzas ve diğ. (1996)

7. DUYUSAL TEST ANALİZİ

"Duyusal değerlendirme, gıdaların çeşitli karakteristiklerine görme, koklama, tatma, dokunma veya işitme duyularının tepkilerini oluşturan, ölçen, analizleyen ve yorumlayan bir disiplin olarak tanımlanmaktadır" (Altuğ ve Elmacı 2005). Duyusal değerlendirmede panelist seçimi, sayısı ve test teknikleri büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, duyuusal değerlendirmeye ait bilgiler Tablo 6.10'da belirtilmektedir. Dört farklı örnek grubu için eğitilmiş ve eğitilmemiş olmak üzere toplam 25 kişilik panelist seçilmiştir. Panelistler, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Gıda Bölümü öğrencilerinden (kişi sayısı: 16, yaş aralığı: 20-22) ve öğretim elemanlarından (kişi sayısı: 9, yaş aralığı: 30-54) oluşmaktadır. Panelistler Ek B'de belirtilen formu kullanarak ürünlerin renk, koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni olmak üzere toplam 5 duyuusal özelliği 5 ifadeli hedonik skala (1-hiç beğenmedim, 2-az beğendim, 3-ne beğendim ne beğenmedim, 4-biraz beğendim, 5-çok beğendim) ile değerlendirmişlerdir (Cetinkaya ve diğ. 2006).

Şekil 7.1'de gösterilen incir örneklerine Tablo 7.1'de belirtilen dört farklı kod verilerek, panelistlerin bu kod numarasına göre duyuusal test formunu değerlendirmeleri ve bu sayede incir örneklerinin hangi yöntemle kurutulduğu bilgisine ulaşmalarını amaçlanmıştır. Duyusal test sonucunda elde edilen verilerin analizi SPSS 20.0 istatistik programı kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 7.1: Duyusal test için incir örneklerine verilen kodlar ve bu kodların açıklaması.

Ürün kodu	Ürün kodunun açıklaması
361 (deney no: 2)	%50 çözelti oranındaki ve 50°C çözelti sıcaklığındaki sakkaroz çözeltisinde vakum ortamında 3h ozmotik dehidrasyon (130 mbar (15dk) + açık hava basıncı (165 dk)) işlemi uygulanmış ve 75°C'de kurutulmuş incir örnekleri
429 (deney no: 7)	%30 çözelti oranındaki ve 50°C çözelti sıcaklığındaki sakkaroz çözeltisinde vakum ortamında 3h ozmotik dehidrasyon (130 mbar (15dk) + açık hava basıncı (165 dk)) işlemi uygulanmış ve 75°C'de kurutulmuş incir örnekleri
535 (deney no: 16)	Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmayan ve 75°C'de kurutulmuş incir örnekleri
817	Piyasadan temin edilen, geleneksel yöntemle (güneşte) kurutulmuş incir örnekleri (TARİŞ, Türkiye)



Ürün kodu: 361 (deney no: 2)



Ürün kodu: 429 (deney no: 7)



Ürün kodu: 535 (deney no:16)



Ürün kodu: 817

Şekil 7.1: Duyusal testte kullanılan dört farklı incir örneklerine ait kod bilgileri ve fotoğrafları

Cronbach alfa (α) katsayısının hesaplanması, maddeler 1-3, 1-4, 1-5 gibi puanlandığında, kullanılması uygun olan bir iç tutarlılık tahmin yöntemidir (Ercan ve Kan 2004). İstatistiksel bir katsayı olan Cronbach alfa katsayısı bir anketin ve onun yapısının güvenilirliğini ölçmeye yarar. Bu katsayı, bir ölçekteki çeşitli ifadelerin benzer sonuçlara ulaşmış ulaşmadığını belirler ve 0 ile 1 arasında değişir. Cronbach alfa katsayısı değerinin yaklaşık 0.7 veya daha yüksek olması sonuçların kabul edilebilir olduğunu gösterir (Fooladi Moghaddam ve diğ. 2014). Tablo 7.2'de duyuşal test sonucunda 4 farklı ürün kodunun renk, koku, lezzet, tekstür ve genel beğeni kriterleri açısından elde edilen Cronbach alfa katsayısı değeri verilmektedir. Cronbach alfa katsayısı değerinin 0.7'den yüksek olması yapılan anketin güvenilir olduğunu göstermektedir.

Tablo 7.2: İncir örneklerinin renk, koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni açısından Cronbach alfa katsayısı değerleri

	Cronbach alfa katsayısı (α)
Renk	0.855
Koku	
Tekstür	
Lezzet	
Genel Beğeni	

Belirli bir konuda ikiden fazla grubun arasında anlamlı bir farkın olup olmadığını ölçmek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılır. ANOVA'dan elde edilen sonuçlar, gruplar arasında anlamlı bir farkın olduğunu söylerken bu farkın hangi gruplar arasında ne yönde olduğunu söyleyemez. Bu nedenle, çoklu karşılaştırma testi uygulanır. Çoklu karşılaştırma testlerinden hangisinin uygulanacağı grup varyanslarının eşit varsayıp varsayılmadığına göre değişmektedir. Grup varyanslarının eşit olup olmadığını incelemek amacıyla Levene testi yapılır. Levene testinden elde edilen anlamlılık değerinin (p) 0.05'ten büyük olması grup varyanslarının eşit varsayıldığını 0.05'ten küçük olması ise grup varyanslarının eşit varsayılmadığını göstermektedir. Grup varyanslarının eşit varsayıldığı durumlarda Scheffe, varsayılmadığı durumlarda ise Dunnet C gibi testler uygulanabilmektedir (Saruhan ve Özdemirci 2005). Tablo 7.3'te dört farklı yöntemle kurutulan incir örneklerinin renk, koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni bakımından elde edilen Levene testinin sonuçları gösterilmektedir. Buna göre; renk, koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni bakımından p değerlerinin 0.05'ten küçük olduğu tespit edilmiş ve bunun sonucunda Dunnet C testi yapılmıştır.

Tablo 7.3: Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin renk, koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni bakımından elde edilen Levene testinin sonuçları

	Levene istatistiği	df1	df2	<i>p</i>
RENK	12.297	3	96	0.000
KOKU	9,870	3	96	0.000
TEKSTUR	11.631	3	96	0.000
LEZZET	13.279	3	96	0.000
GENEL	10.141	3	96	0.000

Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin renk, koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmek için yapılan ANOVA testi sonuçları Tablo 7.4'te gösterilmektedir. Buna göre; *p* değerleri 0.05'ten küçük olduğu için renk, koku, lezzet ve genel beğeni bakımından 4 farklı kurutma yöntemi arasında anlamlı bir fark olduğu söylenebilir.

Tablo 7.4: Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin renk, koku, tekstür, lezzet ve genel beğeni bakımından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmeye yönelik ANOVA testi

		Karelerin toplamı	df	Karelerin ortalaması	F	<i>p</i>
RENK	Gruplar arası	12.830	3	4.277	4.019	0.010
	Gruplar içi	102.160	96	1.064		
	Toplam	114,990	99			
KOKU	Gruplar arası	7.760	3	2.587	3.949	0.011
	Gruplar içi	62.880	96	0.655		
	Toplam	70.640	99			
TEKSTÜR	Gruplar arası	14.200	3	4.733	6.075	0.001
	Gruplar içi	74.800	96	0.779		
	Toplam	89.000	99			
LEZZET	Gruplar arası	12.840	3	4.280	4.176	0.008
	Gruplar içi	98.400	96	1.025		
	Toplam	111.240	99			
GENEL	Gruplar arası	24.350	3	8.117	8.375	0.000
	Gruplar içi	93.040	96	0.969		
	Toplam	117.390	99			

Dört farklı yöntemle kurutulan incirlerin renk özelliğinin beğenilmesi bakımından karşılaştırılması Tablo 7.5'te gösterilmektedir. Buna göre; 817 kodlu ürünlerin en yüksek ortalama değere, 535 kodlu ürünlerin ise en düşük ortalama değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7.5: Renk özelliğinin beğenilmesi açısından değerlendirilen ürün kodlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri

Ürün kodu	Renk	
	Ortalama	Standart Sapma
361	3.76	1.01
429	3.36	1.50
535	3.00	0.76
817	3.92	0.64

Tablo 7.5'te belirtilen ürünlerin renk özelliğinin beğenilmesi bakımından elde edilen ortalama değerlerinin birbirleri arasında istatistiki açıdan anlamlı farkın hangi kurutma yönteminden kaynaklandığını tespit etmek için yapılan Dunnet C testinin sonuçları Tablo 7.6'da gösterilmektedir. Yıldızla belirtilenler ortalama farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu belirtmektedir. Buna göre; renk özelliğinin beğenilmesi bakımından sadece 361 ile 535 ve 817 ile 535 kodlu ürünler arasında anlamlı bir farkın olduğu tespit edilmiştir. Başka bir ifadeyle, 817 kodlu ürünlerin 361 ve 429 kodlu ürünler ile arasında renk özelliğinin beğenilmesi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı söylenebilir.

Tablo 7.6: Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin renk özelliğinin beğenilmesi bakımından birbirleri arasındaki ortalama farkın karşılaştırılması

	Bağımlı Değişken		Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata
	I	J		
RENK	361	429	0.400	0.361
		535	0.760*	0.254
		817	-0.160	0.239
	429	361	-0.400	0.361
		535	0.360	0.336
		817	-0.560	0.326
	535	361	-0.760*	0.254
		429	-0.360	0.336
		817	-0.920*	0.199
	817	361	0.160	0.239
		429	0.560	0.326
		535	0.920*	0.199

* ortalama farklılığı 0.05 seviyesinde anlamlıdır.

Dört farklı yöntemle kurutulmuş incirlerin koku özelliğinin beğenilmesi bakımından karşılaştırılması Tablo 7.7'de gösterilmektedir. Buna göre; 817 kodlu ürünlerin en yüksek ortalama değere, 535 kodlu ürünlerin ise en düşük ortalama değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7.7: Koku özelliğinin beğenilmesi açısından değerlendirilen ürün kodlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri

Ürün kodu	Koku	
	Ortalama	Standart Sapma
361	3.36	1.00
429	3.56	1.00
535	3.04	0.68
817	3.80	0.41

Tablo 7.7'de belirtilen ürünlerin koku özelliğinin beğenilmesi bakımından elde edilen ortalama değerlerinin birbirleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farkın hangi kurutma yönteminden kaynaklandığını tespit etmek için yapılan Dunnet C testinin sonuçları Tablo 7.8'de gösterilmektedir. Yıldızla belirtilenler ortalama farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu belirtmektedir. Buna göre; koku özelliğinin beğenilmesi bakımından sadece 817 ile 535 kodlu arasında anlamlı bir fark varken diğerleriyle anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Başka bir ifadeyle, 817 kodlu ürünlerin 535 kodlu ürünler ile arasında koku özelliğinin beğenilmesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olduğu söylenebilir.

Tablo 7.8: Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin koku özelliğinin beğenilmesi bakımından birbirleri arasındaki ortalama farkının karşılaştırılması

	Bağımlı Değişken		Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata
	I	J		
KOKU	361	429	-0.200	0.283
		535	0.320	0.241
		817	-0.440	0.215
	429	361	0.200	0.283
		535	0.520	0.242
		817	-0.240	0.217
	535	361	-0.320	0.241
		429	-0.520	0.242
		817	-0.760*	0.158
	817	361	0.440	0.215
		429	0.240	0.217
		535	0.760*	0.158

* ortalama farklılığı 0.05 seviyesinde anlamlıdır.

Dört farklı yöntemle kurutulmuş incirlerin tekstür özelliğinin beğenilmesi bakımından karşılaştırılması Tablo 7.9'da gösterilmektedir. Buna göre; 817 kodlu ürünlerin en yüksek ortalama değere, 535 kodlu ürünlerin ise en düşük ortalama değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7.9: Tekstür özelliğinin beğenilmesi açısından değerlendirilen ürün kodlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri

Ürün kodu	Tekstür	
	Ortalama	Standart Sapma
361	3.44	0.77
429	3.28	1.31
535	2.72	0.79
817	3.76	0.44

Tablo 7.9'da belirtilen ürünlerin tekstür özelliğinin beğenilmesi bakımından elde edilen ortalama değerlerinin birbirleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farkın hangi kurutma yönteminden kaynaklandığını tespit etmek için yapılan Dunnet C testinin sonuçları Tablo 7.10'da gösterilmektedir. Yıldızla belirtilenler ortalama farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu belirtmektedir. Buna göre; tekstür özelliğinin beğenilmesi bakımından sadece 361 ile 535 ve 817 ile 535 kodlu ürünler arasında anlamlı bir fark varken diğerleriyle anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Başka bir ifadeyle, 817 kodlu ürünlerin 361 ve 429 kodlu ürünler ile arasında tekstür özelliğinin beğenilmesi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı söylenebilir.

Tablo 7.10: Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin tekstür özelliğinin beğenilmesi bakımından birbirleri arasındaki ortalama farkının karşılaştırılması

	Bağımlı Değişken		Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata
	I	J		
TEKSTUR	361	429	0.160	0.303
		535	0.720*	0.221
		817	-0.320	0.177
	429	361	-0.160	0.303
		535	0.560	0.306
		817	-0.480	0.276
	535	361	-0.720*	0.221
		429	-0.560	0.306
		817	-1.040*	0.181
	817	361	0.320	0.177
		429	0.480	0.276
		535	1.040*	0.181

* ortalama farklılığı 0.05 seviyesinde anlamlıdır.

Dört farklı yöntemle kurutulmuş incirlerin lezzet özelliğinin beğenilmesi bakımından karşılaştırılması Tablo 7.11'de gösterilmektedir. Buna göre; 817 kodlu ürünlerin en yüksek ortalama değere, 361 kodlu ürünlerin ise en düşük ortalama değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7.11: Lezzet özelliğinin beğenilmesi açısından değerlendirilen ürün kodlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri

Ürün kodu	Lezzet	
	Ortalama	Standart Sapma
361	3.16	1.07
429	3.28	1.43
535	2.80	0.71
817	3.80	0.65

Tablo 7.11'de belirtilen ürünlerin lezzet özelliğinin beğenilmesi bakımından elde edilen ortalama değerlerinin birbirleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farkın hangi kurutma yönteminden kaynaklandığını tespit etmek için yapılan Dunnet C testinin sonuçları Tablo 7.12'de gösterilmektedir. Yıldızla belirtilenler ortalama farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu belirtmektedir. Buna göre; lezzet özelliğinin beğenilmesi bakımından sadece 535 ile 817 kodlu ürünler ile arasında anlamlı bir fark varken diğerleriyle anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Başka bir ifadeyle, 817 kodlu ürünlerin 361 ve 429 kodlu ürünler ile arasında lezzet özelliğinin beğenilmesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı söylenebilir.

Tablo 7.12: Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin lezzet özelliğinin beğenilmesi bakımından birbirleri arasındaki ortalama farkının karşılaştırılması

	Bağımlı Değişken		Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata
	I	J		
LEZZET	361	429	-0.120	0.357
		535	0.360	0.256
		817	-0.640	0.250
	429	361	0.120	0.357
		535	0.480	0.319
		817	-0.520	0.314
	535	361	-0.360	0.256
		429	-0.480	0.319
		817	-1.000*	0.191
	817	361	0.640	0.250
		429	0.520	0.314
		535	1.000*	0.191

* ortalama farklılığı 0.05 seviyesinde anlamlıdır.

Dört farklı yöntemle kurutulan incirlerin genel beğeni bakımından karşılaştırılması Tablo 7.13'de gösterilmektedir. Buna göre; 817 kodlu ürünlerin en yüksek ortalama değere, 535 kodlu ürünlerin ise en düşük ortalama değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7.13: Genel beğeni açısından değerlendirilen ürün kodlarına ait ortalama ve standart sapma değerleri

Ürün kodu	Genel beğeni	
	Ortalama	Standart Sapma
361	3.40	0.96
429	3.44	1.36
535	2.52	0.87
817	3.88	0.60

Tablo 7.13'de belirtilen ürünlerin genel beğeni bakımından elde edilen ortalama değerlerinin birbirleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı farkın hangi kurutma yönteminden kaynaklandığını tespit etmek için yapılan Dunnet C testinin sonuçları Tablo 7.14'de gösterilmektedir. Yıldızla belirtilenler ortalama farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu belirtmektedir. Buna göre; genel beğeni bakımından 361 ile 535, 429 ile 535 ve 817 ile 535 kodlu ürünler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunduğu tespit edilmiştir. Başka bir ifadeyle, 817 kodlu ürünlerin 361 ve 429 kodlu ürünler ile arasında genel beğeni açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı söylenebilir.

Tablo 7.14: Dört farklı yöntemle kurutulmuş incir örneklerinin genel beğeni bakımından birbirleri arasındaki ortalama farkının karşılaştırılması

	Bağımlı Değişken		Ortalama Farkı (I-J)	Standart Hata
	I	J		
GENEL	361	429	-0.040	0.332
		535	0.880*	0.259
		817	-0.480	0.226
	429	361	0.040	0.332
		535	0.920*	0.322
		817	-0.440	0.297
	535	361	-0.880*	0.259
		429	-0.920*	0.322
		817	-1.360*	0.212
	817	361	0.480	0.226
		429	0.440	0.297
		535	1.360*	0.212

* ortalama farklılığı 0.05 seviyesinde anlamlıdır.

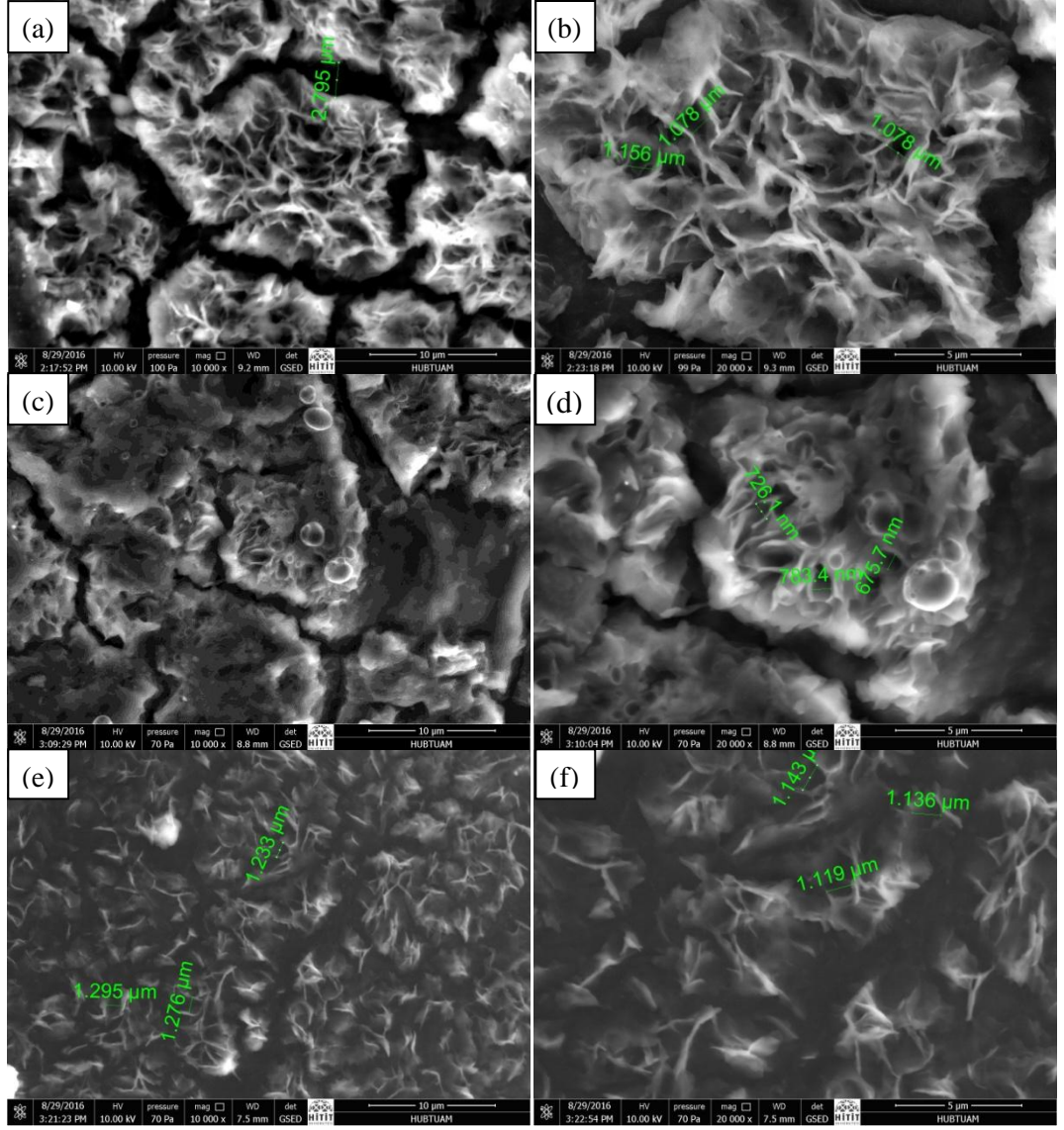
8. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU ANALİZİ

Taze incirler ile kurutulmuş incirlerin mikroyapısal analizi WetSTEM dedektörü ile birlikte FEI Quanta 450 FEG model taramalı elektron mikroskobu (Hitit Üniversitesi Bilimsel Teknik Uygulama ve Araştırma Merkezi-HÜBTUAM, Çorum, Türkiye) yardımıyla incelenmiştir. Mikroyapısal analiz aşağıda belirtilen üç ürün grubuna uygulanmıştır.

- 1) Taze incirler,
- 2) 50 °Brix ve 50 °C'deki sakkaroz çözeltisinde vakum ortamında 3h ozmotik dehidrasyon (130 mbar (15 dk) + açık hava basıncı (165 dk)) işlemi uygulanmış ve 60 °C'de kurutulmuş incirler,
- 3) Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış ve 60°C'de kurutulmuş incirler

Ürünlerin mikroyapısal görüntülerini elde edebilmek için taze ve kurutulmuş incir ürünlerinin yüzeyinden alınan örnekler vakum altında (70 Pa veya 100 Pa) incelenmiş ve görüntüler 10kV voltaj altında 10000 kat (Şekil 8.1a, Şekil 8.1c, Şekil 8.1e) ile 20000 kat (Şekil 8.1b, Şekil 8.1d, Şekil 8.1f) büyütülmüştür.

Taze incir örneklerinin mikroyapısı incelendiğinde (Şekil 8.1a ve Şekil 8.1b), dokunun, hücre duvarları ve hücrelerarası boşluklardan oluştuğu ve hücrelerin şişkin ve birbirlerine yakından bağlı olduğu söylenebilir. Şekil 8.1d ile Şekil 8.1f arasında, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin kurutulması sonucu mikroyapısal farklılık gösterilmektedir. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerdeki (Şekil 8.1f) mikroyapısal durumun aksine, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerde (Şekil 8.1d) hücrelerin birbirlerine yakın bağlı olduğu söylenebilir. Ayrıca, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerin hücre yapısında deformasyon, çöküntü, hücrelerarası boşlukta daralma ve hücre duvarında bozulma olduğu ifade edilebilir (Şekil 8.1c ve Şekil 8.1d). Bu sonucun, Nowacka ve diğ. (2014) tarafından ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış kivi meyvesinin kurutulmasıyla ilgili yapılan çalışma ile uyumluluk gösterdiği söylenebilir.



Şekil 8.1: Taze ve kurutulmuş incirlerin taramalı elektron mikroskobu analizi ile elde edilen mikrografları

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış Sarılop türü incirlerin kurutma kinetiği ve kurutma sonrası duyuşal özellikleri karşılaştırılmıştır. Deneşlerde incirlere farklı koşullar altında ozmotik dehidrasyon yöntemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon yöntemindeki koşulların kurutma kinetiği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kurutma kinetiği literatürdeki kurutma modelleriyle ve bu tez kapsamında oluşturulan yeni modelle karşılaştırılmış ve yeni modelin deneşsel verilere en iyi uyan model olduğu tespit edilmiştir.

Kurutma sıcaklığı arttıkça vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin kuruma süresinin kısaldığı görülmüştür. Bununla birlikte, kurutma süresince vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin efektif nem difüzyon katsayısının (D_{eff}) düştüğü, aynı sıcaklıkta kurutulan vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerin efektif nem difüzyon katsayısı değerinin ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kurutma sıcaklığının artmasıyla birlikte vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin efektif nem difüzyon katsayısı değerinin arttığı tespit edilmiştir.

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerin, ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlere kıyasla kurutma süresinin daha kısa olduğu tespit edilmiştir. Bu bakımdan, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işleminin incirin kurutma süresini kısalttığı söylenebilir.

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerin kurutma süresince geometrik çapının doğrusal bir biçimde azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incir ürünleri arasında geometrik çap değişiminde istatistiksel bir fark

olmadığı ($p > 0.05$) sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, ozmotik dehidrasyon koşullarının değişmesinin incirlerin kurutulması süresince geometrik çap değişiminde istatistiksel bir fark ortaya koymadığı ($p > 0.05$) tespit edilmiştir.

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerin kurutma sabiti ($k_{kurutma}$) değerinin ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

İncirlerin kurutulmasından elde edilen ortalama efektif nem difüzyon katsayısı değerinin 2.75×10^{-10} m²/s- 11.55×10^{-10} m²/s aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ozmotik dehidrasyon işleminin uygulanmasının ve kurutma sıcaklığının artmasının efektif nem difüzyon katsayısı değerinin daha yüksek olmasını sağladığı görülmüştür.

Aktivasyon enerjisi (E_a) değerinin; 55, 60, 65, 70, 75 ve 80°C'de kurutulan vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerde 44.92 (kJ/mol) olduğu ve 55, 60, 65 ve 75°C'de kurutulan ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerde ise 33.27 (kJ/mol) olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, aktivasyon enerjisinin vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirlerde daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Arrhenius eşitliği kullanılarak, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ile ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler arasındaki efektif nem difüzyon katsayısı ve kurutma sabiti ilişkisi modellenmiştir.

Ozmotik dehidrasyon koşullarındaki değişimin incirin kurutma kinetiği üzerindeki etkisi incelendiğinde; sakkaroz çözeltisinde ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirlerin diğer çözelti türlerine (fruktoz ve glikoz) kıyasla kurutma işleminin daha kısa sürdüğü ve efektif nem difüzyon katsayısının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, ozmotik dehidrasyonda çözelti oranının ve sıcaklığının artmasıyla kurutma süresinin kısaldığı ve efektif nem difüzyon katsayısının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ozmotik dehidrasyonda vakumun incirin kurutma kinetiği üzerindeki etkisi incelendiğinde; vakumun artmasıyla kurutma işleminin kısaldığı ve efektif nem difüzyon katsayısının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ozmotik dehidrasyonda

vakum uygulama süresindeki artışın, kurutma süresi ve efektif nem difüzyon katsayısı üzerinde istatistiksel bir farka neden olmadığı ($p > 0.05$) tespit edilmiştir.

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerden 75°C'de kurutulanlar ile geleneksel yöntemle kurutulmuş olan incirler renk, koku, lezzet, tekstür ve genel beğeni bakımından duyusal teste tabi tutulmuştur. Duyusal özellikler bakımından en çok beğenilenin geleneksel yöntemle (güneşte) kurutulmuş incir ürünlerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun, geleneksel yöntemle kurutulan incirlerin alışlagelmiş bir tat olduğu şeklinde açıklanabilir. Bununla beraber, geleneksel yöntemle kurutulmuş incirlerin vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış incirler ile arasında duyusal özellikler bakımından istatistiksel bir farkın olmadığı ($p > 0.05$) ancak ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirler ile arasında ise duyusal özellikler bakımından istatistiksel bir farkın olduğu ($p < 0.05$) sonucuna ulaşılmıştır.

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirlerden 60°C'de kurutulanlar ile taze incirlerin taramalı elektron mikroskobu yardımıyla mikroyapısal analizi yapılmıştır. Vakum altında ozmotik dehidrasyon işlemi sonrasında kurutulan incirlerin hücre yapısında deformasyon ve hücrel boşluklarda daralma olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, vakum altında ozmotik dehidrasyon işlemi incirin hücrel yapısında deformasyon gibi etkilere neden olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, incirlerin kurutulması işleminden önce uygulanan ozmotik dehidrasyon yönteminde çözelti türü, çözelti sıcaklığı, çözelti oranı, ortam basıncı ve ozmotik dehidrasyon yöntemi sonrasında kurutma sıcaklığı gibi koşullar değiştirilerek incirlerin duyusal özellikleri geliştirilebilir. Bu bakımdan, ozmotik dehidrasyon koşullarının optimize edilmesinin incir ürünlerine ekonomik bir değer kazandıracağı düşünüldüğü için bu alanda daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon yönteminin dilimlenmiş incirler üzerinde de çalışılmasının, vakum ortamında ozmotik dehidrasyon işlemi sonrasında mikrodalga, ultrason, ohmik ısıtma ve vakumlu kurutma gibi yöntemlerin kullanılmasının ve kurutma işleminin enerji ve ekserji analizi yapılarak vakum ortamında ozmotik dehidrasyon yönteminin etkilerinin ortaya konulmasının bu alanda literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

10. KAYNAKLAR

Ahmed, I., Qazi, I.M., Jamal, S., "Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 34, 29-43, (2016).

Akharume, F.U., Singh, K., Sivanandan, L., "Characteristics of apple juice and sugar infused fresh and frozen blueberries", *LWT-Food Science and Technology*, 73, 448-457, (2016).

Albak, F., Belibağlı, K.B., "Ozmotik dehidrasyon tekniğinin sakız kabağında kullanımı", *Akademik Gıda*, 8, (2), 6-10, (2010).

Al-Harahsheh, M., Al-Muhtaseb, A.H., Magee, T.R.A., "Microwave drying kinetics of tomato pomace: Effect of osmotic dehydration", *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 48, (1), 524-531, (2009).

Allali, H., Marchal, L., Vorobiev, E., "Effects of vacuum impregnation and ohmic heating with citric acid on the behaviour of osmotic dehydration and structural changes of apple fruit", *Biosystems Engineering*, 106, (1), 6-13, (2010).

Altuğ, T. Elmacı, Y., *Gıdalarda duyuusal değerlendirme*, İzmir: Meta Basım, İzmir, (2005).

An, K., Li, H., Zhao, D., Ding, S., Tao, H., Wang, Z., "Effect of osmotic dehydration with pulsed vacuum on hot-air drying kinetics and quality attributes of cherry tomatoes", *Drying Technology*, 31, (6), 698-706, (2013).

Apaydın, N., "Aydın yöresinde incir kurutmada kullanılacak olan doğal akımlı bir güneş enerjili kurutucunun modellenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı*, Aydın, (2007).

AOAC (Association of official analytical chemists), *Official method of analysis*, 13th edition, Washington DC, (1980).

Ayala-Aponte, A., Serna-Cock, L., Libreros-Triana, J., Prieto, C., Scala, K.D., "Influence of osmotic pre-treatment on convective drying of yellow pitahaya", *DYNA*, 81, 145-151, (2014).

Ayensu, A., "Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow", *Solar Energy*, 59, (4-6), 121-126, (1997).

Babalıs, S.J., Belessiotıs, V.G., "Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs", *Journal of Food Engineering*, 65, 449-458, (2004).

- Babalís, S.J., Papanicolaou, E., Kyriakis, N., Belessiotis, V.G., "Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*)", *Journal of Food Engineering*, 75, 205-214, (2006).
- Barat, J.M., Fito, P., Chiralt, A., "Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues", *Journal of Food Engineering*, 49, (2-3), 77-85, (2001).
- Barrera, C., Betoret, N., Fito, P., "Ca²⁺ and Fe²⁺ influence on the osmotic dehydration kinetics of apple slices (var. Granny Smith)", *Journal of Food Engineering*, 65, 9-14, (2004).
- Bolin, H.R., Huxsoll, C.C., Jackson, R., Ng, K.C., "Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality", *Journal of Food Science*, 48, (1), 202-205, (1983).
- Cetinkaya, N., Ozyardımcı, B., Denli, E., İc, E., "Radiation processing as a post-harvest quarantine control for raisins, dried figs and dried apricots", *Radiation Physics and Chemistry*, 75, 424-431, (2006).
- Cháfer, M., Gonzáles-Martínez, C., Ortola, M.D., Chiralt, A., Fito, P., "Kinetics of osmotic dehydration in orange and mandarin peels", *Journal of Food Process Engineering*, 24, (4), 273-289, (2001).
- Changrue, V., Orsat, V., "Osmotically dehydrated microwave vacuum drying of carrots", *Canadian Biosystemes Engineering/Le genie des biosystemes au Canada*, 51, 311-319, (2009).
- Chiralt, A., Fito, P., Barat, J.M., Andrés, A., Gonzalez-Martínez, C., Escriche, I., Camacho, M.M., "Use of vacuum impregnation in food salting process", *Journal of Food Engineering*, 49, (2-3), 141-151, (2001).
- Chiralt, A., Fito, P., "Transport Mechanisms in Osmotic Dehydration: the role of the structure", *Food Science and Technology International*, 9, (3), 179-186, (2003).
- Çınar, İ., "Ozmotik dehidrasyon, mekanizması ve uygulamaları", *Gıda*, 34 (5), 325-329, (2009).
- Corrêa, J.L.G., Ernesto, D.B., de Mendonça, K.S., "Pulsed vacuum osmotic dehydration of tomatoes: Sodium incorporation reduction and kinetics modeling", *LWT-Food Science and Technology*, 71, 17-24, (2016).
- da Costa Ribeiro, A.S., Aguiar-Oliveira, E., Maldonado, R.R., "Optimization of osmotic dehydration of pear followed by conventional drying and their sensory quality", *LWT - Food Science and Technology*, 72, 407-415, (2016).
- Dadalı, G., Apar, D.K., Özbek, B., "Estimation of effective moisture diffusivity of okra for microwave drying", *Drying Technology*, 25, 1445-1450, (2007).

- Deng, Y., Zhao, Y., "Effects of pulsed-vacuum and ultrasound on the osmodehydration kinetics and moisture structure of apples (Fuji)", *Journal of Food Engineering*, 85, 84-93, (2008).
- Doymaz, İ., "Sun drying of figs: an experimental study", *Journal of Food Engineering*, 71, 403-407, (2005).
- Doymaz, İ., "Drying kinetics of black grapes treated with different solutions", *Journal of Food Engineering*, 76, 212-217, (2006).
- Doymaz, I., Kıpçak, A.S., Pıskın, S., "Characteristics of thin-layer infrared drying of green Bean", *Czech J. Food Sci.*, 33, 83-90, (2015).
- Ercan, İ., Kan, İ., "Ölçeklerde güvenilirlik ve geçerlik", *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 30, (3), 211-216, (2004).
- Eren, İ., "Patateslerin osmotik dehidrasyonunun response surface metodu kullanılarak optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, İzmir, (2004).
- Eroğlu, E., Yıldız, H., "Gıdaların osmotik kurutulmasında uygulanan yeni tekniklerin enerji verimliliği bakımından değerlendirilmesi", *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6, (2), 41-48, (2011).
- Erünel, S., "Eriğin (*Prunus Domestica*) osmotik dehidrasyon parametrelerinin ve kurumaya etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Afyon, (2010).
- Falade, K.O., Oyedele, O.O., "Effect of osmotic pretreatment on air drying characteristics and colour of pepper (*Capsicum spp*) cultivars", *Journal of Food Science and Technology*, 47, (5), 488-495, (2010).
- Farahnaky, A., Ansari, S., Majzoobi, M., "The effects of glucose syrup and glycerol on some physical properties of dried figs", *Journal of Texture Studies*, 41, (5), 633-650, (2010).
- Fito, P., "Modelling of vacuum osmotic dehydration of food", *Journal of Food Engineering*, 22, 313-328, (1994).
- Fito, P., Pastor, R., "Non-diffusional mechanisms occurring during vacuum osmotic dehydration", *Journal of Food Engineering*, 21, (4), 513-519, (1994).
- Fito, P., Chiralt, A., Barat, J.M., Andrés, A., Martínez-Monzó, J., Martínez-Navarrete, N., "Vacuum impregnation for development of new dehydrated products", *Journal of Food Engineering*, 49, (4), 297-302, (2001).
- Fooladi Moghaddam, A., Khoshnevisan, F., Bondarianzadeh, D., Mohammadi, M., Abkenar, H. B., "Development of a food safety attitude and practice questionnaire for Iranian consumers", *International Journal of Consumer Studies*, 38, 367-373, (2014).

- Garcia, C.C., Mauro, M.A., Kimura, M., "Kinetics of osmotic dehydration and air-drying of pumpkins (*Cucurbita moschata*)", *Journal of Food Engineering*, 82, 284-291, (2007).
- Giraldo, G., Talens, P., Fito, P., Chiralt, A., "Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango", *Journal of Food Engineering*, 58, 33-43, 2003.
- Gunhan, T., Demir, V., Hancioglu, E., Hepbasli, A., "Mathematical modelling of drying of bay leaves", *Energy Conversion and Management*, 46, 1667-1679, (2005).
- Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, "2015 yılı kuru incir raporu", (21 Ekim 2016), <http://koop.gtb.gov.tr/data/56e959311a79f5b210d9176d/2015%20Kuru%20%C4%B0ncir%20Raporu.pdf>, (2016).
- Günel, N., "Türk dünyasında incir kültürü", *Turkish Studies, International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 3, (5), 561-581, (2008).
- Çolak Güneş, N., "Gıda kurutma sistemlerinin ekserji analizi", Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı*, İzmir, (2009).
- Hii, C.L., Law, C.L., Cloke, M., "Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa", *Journal of Food Engineering*, 90, (2), 191-198, (2009).
- İspir, A., "Kayısının osmotik dehidrasyonu ve kurutmaya etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı*, Elazığ, (2006).
- Jaiyeoba, K.F., Raji, A.O., "Effects of drying temperature on the effective coefficient of moisture diffusivity and activation energy in Ibadan-Local tomato variety (*lycopersicum esculentum*)", *Journal of Engineering and Applications*, 2, (4), 24-38, (2012).
- Kaymak-Ertekin, F., Sultanoğlu, M., "Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples", *Journal of Food Engineering*, 46, 243-250, (2000).
- Kıroğlu Zorlugenç, F., "Ozmotik dehidrasyon uygulamasının Trabzon hurması meyvelerinin kuruma davranışı ve ürün kalitesi üzerine etkileri", Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Adana, (2010).
- Kim, S.S., Bhowmik, S.R., "Effective moisture diffusivity of plain yogurt undergoing microwave vacuum drying", *Journal of Food Engineering*, 24, 137-148, (1995).

Kutlu, N., İşçi, A., Demirkol, Ö.Ş., "Gıdalarda ince tabaka kurutma modelleri", *Gıda*, 40, (1), 39-46, (2015).

Lenart, A., "Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application", *Drying Technology*, 14, (2), 391-413, (1996).

Lombard, G.E., Oliveira, J.C., Fito, P., Andrés, A., "Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying", *Journal of Food Engineering*, 85, 277-284, (2008).

Madhlopa, A., Jones, S.A., Kalenga Saka, J.D., "A solar air heater with composite-absorber systems for food dehydration", *Renewable Energy*, 27, 27-37, (2002).

Marinos-Kouris, D., Maroulis, Z.B., "Transport properties in the drying of solids", (ed: A.S. Mujumdar), *Handbook of industrial drying*, fourth edition, CRC Press, 95-96, (2015).

Mawa, S., Husain, K., Jantan, I., "Ficus carica L. (Moraceae): Phytochemistry, traditional uses and biological activities", *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 3, 1-8, (2013).

Moraga, M.J., Moraga, G., Fito, P.J., "Martinez-Navarrete, N., Effect of vacuum impregnation with calcium lactate on the osmotic dehydration kinetics and quality of osmodehydrated grapefruit", *Journal of Food Engineering*, 90, 372-379, (2009).

Moreno, J., Simpson, R., Baeza, A., Morales, J., Muñoz, C., Sastry, S., Almonacid, S., "Effect of ohmic heating and vacuum impregnation on the osmodehydration kinetics and microstructure of strawberries (cv. Camarosa)", *LWT-Food Science and Technology*, 45, (2), 148-154, (2012^a).

Moreno, J., Simpson, R., Pizarro, N., Parada, K., Pinilla, N., Reyes, J.E., Almonacid, S., "Effect of ohmic heating and vacuum impregnation on the quality and microbial stability of osmotically dehydrated strawberries (cv. Camarosa)", *Journal of Food Engineering*, 110, (2), 310-316, (2012^b).

Moreno, J., Simpson, R., Sayas, M., Segura, I., Aldana, O., Almonacid, S., "Influence of ohmic heating and vacuum impregnation on the osmotic dehydration kinetics and microstructure of pears (cv. Packham's Triumph)", *Journal of Food Engineering*, 104, (4), 621-627, (2011).

Moreno, J., Gonzales, M., Zúñiga, P., Petzold, G., Mella, K., Muñoz, O., "Ohmic heating and pulsed vacuum effect on dehydration processes and polyphenol component retention of osmodehydrated blueberries (cv. Tifblue)", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 112-119, (2016).

Moreno-Castillo, E.J., Gonzales-Garcia, R., Grajales-Lagunes, A., Ruiz-Cabrera, M.A., 2005: Water diffusivity and color of cactus pear fruits

(*Opuntia Ficus Indica*) subjected to osmotic dehydration, *International Journal of Food Properties*, 8: 323-336.

Mujić, I., Kralj, M.B., Jokić, S., Jarni, K., Jug, T., Prgomet, Z., "Changes in aromatic profile of fresh and dried fig-the role of pre-treatments in drying process", *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 2282-2288, (2012).

Mujic, I., Kralj, M.B., Jokic, S., Jug, T., Subaric, D., Vidovic, S., Zivkovic, J., Jarni, K., "Characterisation of volatiles in dried white varieties figs (*Ficus carica* L.)", *Journal of Food Science and Technology*, 51, (9), 1837-1846, (2014).

Mujica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., Lopez-Malo, A., Palou, E., Welti-Chanes, J., "Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure", *Journal of Food Engineering*, 56, 307-314, (2003).

Nabnean, S., Janjai, S., Thepa, S., Sudaprasert, K., Songprakorp, R., Bala, B.K., "Experimental performance of a new design of solar dryer for drying osmotically dehydrated cherry tomatoes", *Renewable Energy*, 94, 147-156, (2016).

Nowacka, M., Tylewicz, U., Laghi, L. Dalla Rosa, M., Witrowa-Rajchert, D., "Effect of ultrasound treatment on the water state in kiwifruit during osmotic dehydration", *Food Chemistry*, 144, 18-25, (2014).

Panagiotou, N.M., Karathanos, V.T., Maroulis, Z.B., "Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits", *International Journal of Food Science and Technology*, 33, 267-284, (1998).

Piga, A., Pinna, I., Özer, K.B., Agabbio, M., Aksoy, U., "Hot air dehydration of figs (*Ficus carica* L.): drying kinetics and quality loss", *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 793-799, (2004).

Pointing, J.D., Watters, G.G., Forrey, R.R., Jackson, R., Stanley, W.L., "Osmotic dehydration of fruits", *Food Technology*, 10, 1365-1368, (1966).

Ramya, V., Jain, N.K., "A review on osmotic dehydration of fruits and vegetables: an integrated approach", *Journal of Food Process Engineering*, doi: 10.1111/jfpe.12440, (2016).

Rodriguez, A., Rodriguez, M.M., Mascheroni, R.H., "Characteristic process variables during the osmotic dehydration of stone fruits: Experimental values and correlations between components content", *Journal of Food Process Engineering*, 38, (5), 415-425, (2015).

Sagar, V.R., Suresh Kumar, P., "Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review", *Journal of Food Science and Technology*, 47, (1), 15-26, (2010).

Saravacos, G.D., Maroulis, Z.B., *Transport Properties of Foods*, first edition, New York: Marcel Decker, Inc., (2001).

Saruhan, Ş.C., Özdemirci, A., *Bilim, felsefe ve metodoloji: araştırmada yöntem problemi (SPSS uygulamalı)*, I. Baskı, İstanbul: Alkım Yayınevi, (2005).

Seremet, L., Botez, E., Nistor, O., Andronoiu, D.G., Mocanu, G., "Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices", *Food Chemistry*, 195, 104-109, (2016).

Shi, J., "Osmotic dehydration of foods", (eds: Hui, Y.H., Clary, C., Farid, M.M., Fasina, O.O., Noomhorm, A., Welti-Chanes, J.), *Food drying science and technology: Microbiology, chemistry, applications*, DEStech Publication, Inc., 275-295, (2008).

Silva, J. M., Cantu, M. G., Rodrigues, V., Mazutti, M. A., "Influence of osmotic pre-treatment on convective drying kinetics of figs", *International Journal of Food Engineering*, 9, (2), 187-196, (2013).

Srikiatden, J., Roberts, J. S., "Measuring Moisture Diffusivity of Potato and Carrot (core and cortex)", *Journal of Food Engineering*, 74, 143-152, (2006).

Syahrul, S., Hamdullahpur, F., Dincer, I., "Exergy analysis of fluidized bed drying of moist particles", *Exergy, an International Journal*, 2, 87-98, (2002).

Taoukis, P.S., Richardson, M., "Principles of intermediate-moisture foods and related technology", (eds: Barbosa-Canovas, G.V., Fontana, A.J., Schmidt, S.J., Labuza, T.P.), "Water activity in foods: fundamentals and applications", Blackwell Publishing and the Institute of Food Technologists, (2007).

Tunde-Akintunde, T.Y., "Mathematical modeling of sun and solar drying of chilli pepper", *Renewable Energy*, 36, 8, 2139-2145, (2011).

Vijayan, S., Arjunan, T.V., Kumar, A., "Mathematical modeling and performance analysis of thin layer drying of bitter melon in sensible storage based indirect solar dryer", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 56-57, (2016).

Villalobos, M.C., Serradilla, M.J., Martín, A., Pereira, C., López-Corrales, M., Córdoba, M.G., "Evaluation of different drying systems as an alternative to sun drying for figs (*Ficus carica* L)", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 156-165, (2016).

Xanthopoulos, G., Yanniotis, S., Lambrinos, Gr., "Water diffusivity and drying kinetics of air drying of figs", *Drying Technology*, 27, 502-512, (2009).

Xanthopoulos, G., Yanniotis, S., Lambrinos, Gr., "Study of the drying behaviour in peeled and unpeeled whole figs", *Journal of Food Engineering*, 97, 419-424, (2010).

Yemiş, O., Bakkalbaşı, E., Artık, N., "Changes in pigment profile and surface colour of fig (*Ficus carica* L.) during drying", *International Journal of Food Science and Technology*, 47, 1710-1719, (2012).

Zhao, Y., Xie, J., "Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing", *Trends in Food Science and Technology*, 15, 434-451, (2004).

Zogzas, N.P., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D., "Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs", *Drying Technology*, 14 (10), 2225-2253, (1996).

11. EKLER

EK A

Tablo A.1: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 80°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ ²
1	Lewis	k : 0.0921	0.0190	0.9951	3.89E-04
	Page	k : 0.0690 n : 1.1156	0.0070	0.9993	5.66E-05
	Modifiye edilmiş Page	a : 0.9911 k : 0.0658 n : 1.1305	0.0065	0.9994	5.35E-05
	Henderson ve Pabis	a : 1.0246 k : 0.0944	0.0167	0.9962	3.27E-04
	Logaritmik	a : 1.0881 c : -0.0826 k : 0.0788	0.0064	0.9994	5.21E-05
	İki terimli	a : 0.4213 b : 0.6033 k_o : 0.0944 k_l : 0.0944	0.0167	0.9962	3.93E-04
	İki terimli exponansiyel	a : 1.6124 k : 0.1169	0.0056	0.9996	3.64E-05
	Wang ve Singh	a : -0.0724 b : 1.44E-03	0.0103	0.9985	1.25E-04
	Verma vd,	a : -5.6645 g : 0.0562 k : 0.0514	0.0054	0.9996	3.72E-05
	Weibull dağılımı	a : -0.0395 b : -1.0358 k : 0.0710 n : 1.0695	0.0046	0.9997	3.02E-05
	Tez çalışması	a : 2.40E-04 b : -0.0857 c : 1.06E-03 d : -1.66E-04 e : 3.89E-06	0.0010	0.9999	1.60E-06

Tablo A.2: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ^2
2	Lewis	$k : 0.0813$	0.0177	0.9956	3.37E-04
	Page	$k : 0.0612$ $n : 1.1100$	0.0054	0.9996	3.36E-05
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9926$ $k : 0.0587$ $n : 1.1226$	0.0050	0.9997	3.09E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0252$ $k : 0.0835$	0.0152	0.9968	2.65E-04
	Logaritmik	$a : 1.0892$ $c : -0.0825$ $k : 0.0700$	0.0054	0.9996	3.63E-05
	İki terimli	$a : 0.5227$ $b : 0.5025$ $k_o : 0.0835$ $k_l : 0.0835$	0.0152	0.9968	3.14E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.6040$ $k : 0.1031$	0.0039	0.9998	1.79E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0649$ $b : 1.17E-03$	0.0092	0.9988	9.80E-05
	Verma vd,	$a : -10.2127$ $g : 0.1206$ $k : 0.1259$	0.0034	0.9998	1.40E-05
	Weibull dağılımı	$a : -0.0362$ $b : -1.0334$ $k : 0.0628$ $n : 1.0699$	0.0033	0.9998	1.49E-05
	Tez çalışması	$a : 5.56E-04$ $b : -0.0736$ $c : 2.10E-04$ $d : -7.50E-05$ $e : 1.68E-06$	0.0008	0.9999	8.44E-07

Tablo A.3: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 70°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ ²
3	Lewis	$k : 0.0658$	0.0088	0.9989	8.15E-05
	Page	$k : 0.0569$ $n : 1.0508$	0.0036	0.9998	1.41E-05
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9996$ $k : 0.0568$ $n : 1.0514$	0.0036	0.9998	1.49E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0156$ $k : 0.0668$	0.0070	0.9993	5.46E-05
	Logaritmik	$a : 1.0285$ $c : -0.0188$ $k : 0.0638$	0.0057	0.9995	3.86E-05
	İki terimli	$a : 0.6288$ $b : 0.3868$ $k_0 : 0.0668$ $k_1 : 0.0668$	0.0070	0.9993	6.14E-05
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.4627$ $k : 0.0768$	0.0039	0.9998	1.66E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0527$ $b : 7.73E-04$	0.0155	0.9965	2.67E-04
	Verma vd,	$a : -0.0840$ $g : 0.0703$ $k : 0.2232$	0.0032	0.9999	1.23E-05
	Weibull dağılımı	$a : 0.0152$ $b : -0.9815$ $k : 0.0543$ $n : 1.0785$	0.0029	0.9999	1.08E-05
	Tez çalışması	$a : 8.75E-04$ $b : -0.0611$ $c : -7.98E-05$ $d : -2.11E-05$ $e : 5.34E-07$	0.0010	0.9999	1.36E-06

Tablo A.4: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 55°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			<i>RMSE</i>	R^2	χ^2
4	Lewis	$k : 0.0252$	0.0247	0.9918	6.48E-04
	Page	$k : 0.0141$ $n : 1.1541$	0.0079	0.9992	7.10E-05
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9897$ $k : 0.0130$ $n : 1.1731$	0.0073	0.9993	6.59E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0358$ $k : 0.0261$	0.0210	0.9941	5.02E-04
	Logaritmik	$a : 1.1342$ $c : -0.1250$ $k : 0.0203$	0.0058	0.9995	4.12E-05
	İki terimli	$a : 0.5168$ $b : 0.5190$ $k_o : 0.0261$ $k_l : 0.0261$	0.0210	0.9941	5.85E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.6739$ $k : 0.0332$	0.0072	0.9993	5.85E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0198$ $b : 1.06E-04$	0.0073	0.9993	6.02E-05
	Verma vd,	$a : -16.9910$ $g : 0.0399$ $k : 0.0412$	0.0062	0.9995	4.77E-05
	Weibull dağılımı	$a : -0.0655$ $b : -1.0638$ $k : 0.0164$ $n : 1.0790$	0.0034	0.9998	1.50E-05
	Tez çalışması	$a : 1.47E-03$ $b : -0.0213$ $c : -4.93E-05$ $d : -7.80E-07$ $e : 2.93E-09$	0.0024	0.9999	8.57E-06

Tablo A.5: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki fruktoz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ^2
5	Lewis	$k : 0.0610$	0.0311	0.9861	1.03E-03
	Page	$k : 0.0380$ $n : 1.1677$	0.0190	0.9948	4.11E-04
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9696$ $k : 0.0303$ $n : 1.2350$	0.0170	0.9958	3.52E-04
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0297$ $k : 0.0630$	0.0290	0.9879	9.56E-04
	Logaritmik	$a : 1.2776$ $c : -0.2879$ $k : 0.0391$	0.0070	0.9993	6.00E-05
	İki terimli	$a : 0.2096$ $b : 0.8201$ $k_o : 0.0630$ $k_l : 0.0630$	0.0290	0.9879	1.10E-03
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.6844$ $k : 0.0817$	0.0180	0.9953	3.68E-04
	Wang ve Singh	$a : -0.0476$ $b : 6.01E-04$	0.0110	0.9983	1.36E-04
	Verma vd,	$a : 1.1132$ $g : -0.0149$ $k : 0.0454$	0.0078	0.9991	7.32E-05
	Weibull dağılımı	$a : -0.3909$ $b : -1.3873$ $k : 0.0406$ $n : 0.9493$	0.0066	0.9994	5.65E-05
	Tez çalışması	$a : 1.37E-03$ $b : -0.0648$ $c : 2.24E-03$ $d : -1.38E-04$ $e : 1.77E-06$	0.0016	0.9999	3.47E-06

Tablo A.6: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki glikoz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ^2
6	Lewis	$k : 0.0639$	0.0189	0.9944	3.79E-04
	Page	$k : 0.0611$ $n : 1.0163$	0.0187	0.9945	3.95E-04
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9745$ $k : 0.0523$ $n : 1.0604$	0.0176	0.9952	3.70E-04
	Henderson ve Pabis	$a : 0.9923$ $k : 0.0634$	0.0187	0.9945	3.94E-04
	Logaritmik	$a : 1.0750$ $c : -0.1046$ $k : 0.0509$	0.0121	0.9977	1.77E-04
	İki terimli	$a : -0.0016$ $b : 0.9778$ $k_0 : -0.1061$ $k_1 : 0.0590$	0.0105	0.9983	1.42E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.3964$ $k : 0.0721$	0.0180	0.9950	3.63E-04
	Wang ve Singh	$a : -0.0514$ $b : 7.41E-04$	0.0269	0.9887	8.11E-04
	Verma vd,	$a : 0.6782$ $g : 0.0639$ $k : 0.0639$	0.0189	0.9944	4.29E-04
	Weibull dağılımı	$a : -0.4324$ $b : -1.4326$ $k : 0.0615$ $n : 0.8024$	0.0049	0.9996	3.05E-05
	Tez çalışması	$a : -1.48E-04$ $b : -0.0823$ $c : 3.35E-03$ $d : -1.50E-04$ $e : 1.72E-06$	0.0030	0.9999	1.22E-05

Tablo A.7: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 30°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ^2
7	Lewis	$k : 0.0570$	0.0225	0.9929	5.34E-04
	Page	$k : 0.0385$ $n : 1.1336$	0.0096	0.9987	1.03E-04
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9836$ $k : 0.0345$ $n : 1.1648$	0.0086	0.9990	8.68E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0308$ $k : 0.0589$	0.0196	0.9946	4.28E-04
	Logaritmik	$a : 1.1363$ $c : -0.1333$ $k : 0.0452$	0.0048	0.9997	2.67E-05
	İki terimli	$a : 0.4910$ $b : 0.5398$ $k_o : 0.0589$ $k_l : 0.0589$	0.0196	0.9946	4.81E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.6425$ $k : 0.0740$	0.0084	0.9990	7.77E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0452$ $b : 5.63E-04$	0.0082	0.9991	7.39E-05
	Verma vd,	$a : 0.7640$ $g : 0.0570$ $k : 0.0570$	0.0225	0.9929	5.97E-04
	Weibull dağılımı	$a : -0.0954$ $b : -1.0917$ $k : 0.0419$ $n : 1.0435$	0.0041	0.9998	2.14E-05
	Tez çalışması	$a : 1.19E-03$ $b : 1.19E-03$ $c : 4.52E-04$ $d : -4.06E-05$ $e : 5.16E-07$	0.0020	0.9999	5.39E-06

Tablo A.8: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 30°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ^2
8	Lewis	$k : 0.0664$	0.0245	0.9919	6.38E-04
	Page	$k : 0.0427$ $n : 1.1586$	0.0049	0.9997	2.67E-05
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9935$ $k : 0.0409$ $n : 1.1706$	0.0045	0.9997	2.45E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0408$ $k : 0.0693$	0.0197	0.9948	4.38E-04
	Logaritmik	$a : 1.1239$ $c : -0.1074$ $k : 0.0555$	0.0086	0.9990	8.84E-05
	İki terimli	$a : 0.6187$ $b : 0.4222$ $k_o : 0.0693$ $k_l : 0.0693$	0.0197	0.9948	5.00E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.6853$ $k : 0.0883$	0.0041	0.9998	1.93E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0526$ $b : 7.57E-04$	0.0051	0.9996	2.94E-05
	Verma vd,	$a : 0.7680$ $g : 0.0664$ $k : 0.0664$	0.0245	0.9919	7.23E-04
	Weibull dağılımı	$a : -0.0233$ $b : -1.0205$ $k : 0.0436$ $n : 1.1323$	0.0037	0.9998	1.79E-05
	Tez çalışması	$a : 2.17E-03$ $b : -0.0536$ $c : -6.10E-04$ $d : -1.62E-05$ $e : 4.49E-07$	0.0026	0.9999	9.55E-06

Tablo A.9: Açık hava basıncındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ^2
9	Lewis	$k : 0.0467$	0.0292	0.9885	8.88E-04
	Page	$k : 0.0258$ $n : 1.1904$	0.0063	0.9995	4.33E-05
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9880$ $k : 0.0236$ $n : 1.2145$	0.0054	0.9996	3.39E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0502$ $k : 0.0492$	0.0232	0.9928	5.85E-04
	Logaritmik	$a : 1.1610$ $c : -0.1411$ $k : 0.0373$	0.0110	0.9984	1.37E-04
	İki terimli	$a : 0.4901$ $b : 0.5601$ $k_o : 0.0492$ $k_l : 0.0492$	0.0232	0.9928	6.43E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.7297$ $k : 0.0639$	0.0055	0.9996	3.28E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0370$ $b : 3.75E-04$	0.0031	0.9999	1.05E-05
	Verma vd,	$a : 0.2264$ $g : 0.0467$ $k : 0.0467$	0.0292	0.9885	9.72E-04
	Weibull dağılımı	$a : -0.0160$ $b : -1.0070$ $k : 0.0250$ $n : 1.1867$	0.0052	0.9996	3.24E-05
	Tez çalışması	$a : 9.86E-04$ $b : -0.0368$ $c : -1.66E-04$ $d : -1.83E-05$ $e : 3.11E-07$	0.0027	0.9999	9.14E-06

Tablo A.10: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 40°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ^2
10	Lewis	$k : 0.0638$	0.0165	0.9960	2.90E-04
	Page	$k : 0.0491$ $n : 1.0928$	0.0082	0.9990	7.65E-05
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9879$ $k : 0.0456$ $n : 1.1143$	0.0076	0.9992	6.89E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0205$ $k : 0.0652$	0.0148	0.9968	2.46E-04
	Logaritmik	$a : 1.0962$ $c : -0.0966$ $k : 0.0534$	0.0032	0.9998	1.25E-05
	İki terimli	$a : 0.3975$ $b : 0.6230$ $k_o : 0.0652$ $k_l : 0.0652$	0.0148	0.9968	2.81E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.5717$ $k : 0.0795$	0.0068	0.9993	5.22E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0513$ $b : 7.35E-04$	0.0117	0.9980	1.53E-04
	Verma vd,	$a : 3.0450$ $g : 0.0328$ $k : 0.0410$	0.0030	0.9999	1.05E-05
	Weibull dağılımı	$a : -0.0889$ $b : -1.0872$ $k : 0.0526$ $n : 1.0090$	0.0032	0.9999	1.30E-05
	Tez çalışması	$a : 1.13E-03$ $b : -0.0622$ $c : 6.44E-04$ $d : -5.02E-05$ $e : 6.81E-07$	0.0016	0.9999	3.66E-06

Tablo A.11: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 40°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ^2
11	Lewis	$k : 0.0756$	0.0162	0.9963	2.81E-04
	Page	$k : 0.0576$ $n : 1.1020$	0.0037	0.9998	1.55E-05
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9970$ $k : 0.0567$ $n : 1.1071$	0.0036	0.9998	1.59E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0264$ $k : 0.0778$	0.0131	0.9976	1.96E-04
	Logaritmik	$a : 1.0772$ $c : -0.0664$ $k : 0.0673$	0.0061	0.9995	4.54E-05
	İki terimli	$a : 0.5592$ $b : 0.4672$ $k_o : 0.0778$ $k_l : 0.0778$	0.0131	0.9976	2.29E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.5897$ $k : 0.0951$	0.0030	0.9999	1.06E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0608$ $b : 1.03E-03$	0.0095	0.9987	1.04E-04
	Verma vd,	$a : 0.9024$ $g : 0.0756$ $k : 0.0756$	0.0162	0.9963	3.24E-04
	Weibull dağılımı	$a : -0.0152$ $b : -1.0142$ $k : 0.0585$ $n : 1.0842$	0.0032	0.9999	1.37E-05
	Tez çalışması	$a : 2.12E-03$ $b : -0.0663$ $c : -4.64E-04$ $d : -2.04E-05$ $e : 6.22E-07$	0.0027	0.9999	1.05E-05

Tablo A.12: Vakum (512 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ^2
12	Lewis	$k : 0.0642$	0.0219	0.9935	5.05E-04
	Page	$k : 0.0438$ $n : 1.1341$	0.0078	0.9992	6.84E-05
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9929$ $k : 0.0420$ $n : 1.1466$	0.0076	0.9992	6.83E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0356$ $k : 0.0666$	0.0181	0.9956	3.65E-04
	Logaritmik	$a : 1.0820$ $c : -0.0639$ $k : 0.0576$	0.0129	0.9978	1.95E-04
	İki terimli	$a : 0.5334$ $b : 0.5022$ $k_o : 0.0666$ $k_l : 0.0666$	0.0181	0.9956	4.11E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.6510$ $k : 0.0835$	0.0070	0.9993	5.46E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0510$ $b : 7.15E-04$	0.0043	0.9998	2.05E-05
	Verma vd,	$a : 1.6274$ $g : 0.1392$ $k : 0.0832$	0.0070	0.9993	5.78E-05
	Weibull dağılımı	$a : 0.0160$ $b : -0.9732$ $k : 0.0394$ $n : 1.1801$	0.0073	0.9993	6.60E-05
	Tez çalışması	$a : 7.05E-04$ $b : -0.0563$ $c : 4.28E-04$ $d : -7.81E-05$ $e : 1.60E-06$	0.0015	0.9999	3.14E-06

Tablo A.13: Vakum (130 mbar, 180dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ ²
13	Lewis	$k : 0.0739$	0.0221	0.9927	5.27E-04
	Page	$k : 0.0541$ $n : 1.1188$	0.0130	0.9975	1.97E-04
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9886$ $k : 0.0504$ $n : 1.1407$	0.0125	0.9976	2.00E-04
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0241$ $k : 0.0759$	0.0201	0.9940	4.70E-04
	Logaritmik	$a : 1.1737$ $c : -0.1766$ $k : 0.0552$	0.0048	0.9997	2.95E-05
	İki terimli	$a : 0.5010$ $b : 0.5231$ $k_0 : 0.0759$ $k_1 : 0.0759$	0.0201	0.9940	5.64E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.6178$ $k : 0.0951$	0.0121	0.9978	1.71E-04
	Wang ve Singh	$a : -0.0592$ $b : 9.70E-04$	0.0125	0.9977	1.81E-04
	Verma vd,	$a : 0.8438$ $g : 0.0739$ $k : 0.0739$	0.0221	0.9927	6.23E-04
	Weibull dağılımı	$a : -0.2513$ $b : -1.2540$ $k : 0.0573$ $n : 0.9519$	0.0040	0.9998	2.27E-05
	Tez çalışması	$a : 9.26E-04$ $b : -0.0644$ $c : -1.32E-03$ $d : 1.12E-04$ $e : -3.83E-06$	0.0025	0.9999	9.67E-06

Tablo A.14: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 65°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ^2
14	Lewis	$k : 0.0524$	0.0243	0.9913	6.24E-04
	Page	$k : 0.0366$ $n : 1.1207$	0.0160	0.9962	2.83E-04
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9835$ $k : 0.0325$ $n : 1.1533$	0.0154	0.9965	2.77E-04
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0272$ $k : 0.0540$	0.0222	0.9927	5.48E-04
	Logaritmik	$a : 1.1839$ $c : -0.1893$ $k : 0.0382$	0.0071	0.9993	5.91E-05
	İki terimli	$a : 0.9398$ $b : 0.0874$ $k_o : 0.0540$ $k_l : 0.0540$	0.0222	0.9927	6.16E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.6187$ $k : 0.0674$	0.0151	0.9966	2.55E-04
	Wang ve Singh	$a : -0.0416$ $b : 4.73E-04$	0.0146	0.9968	2.38E-04
	Verma vd,	$a : 0.4502$ $g : 0.0524$ $k : 0.0524$	0.0243	0.9913	6.97E-04
	Weibull dağılımı	$a : -0.3203$ $b : -1.3265$ $k : 0.0419$ $n : 0.9200$	0.0057	0.9995	4.01E-05
	Tez çalışması	$a : 5.37E-03$ $b : -0.0500$ $c : -5.63E-05$ $d : 1.52E-05$ $e : -6.58E-07$	0.0042	0.9997	2.39E-05

Tablo A.15: Vakum (130 mbar, 15dk) ortamındaki 50°Brix ve 50°C'deki sakkaroz çözeltisinde 3h ozmotik dehidrasyon uygulanmış incirin 60°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			RMSE	R ²	χ^2
15	Lewis	$k : 0.0353$	0.0388	0.9896	1.56E-03
	Page	$k : 0.0155$ $n : 1.2462$	0.0163	0.9968	2.85E-04
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9644$ $k : 0.0110$ $n : 1.3341$	0.0131	0.9978	1.92E-04
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0537$ $k : 0.0374$	0.0335	0.9866	1.21E-03
	Logaritmik	$a : 1.3865$ $c : -0.3842$ $k : 0.0208$	0.0070	0.9994	5.42E-05
	İki terimli	$a : 0.3641$ $b : 0.6895$ $k_o : 0.0374$ $k_l : 0.0374$	0.0335	0.9866	1.31E-03
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.7770$ $k : 0.0501$	0.0165	0.9966	2.92E-04
	Wang ve Singh	$a : -0.0270$ $b : 1.85E-04$	0.0049	0.9997	2.63E-05
	Verma vd,	$a : 0.5692$ $g : 0.0353$ $k : 0.0353$	0.0388	0.9896	1.68E-03
	Weibull dağılımı	$a : -0.2437$ $b : -1.2343$ $k : 0.0182$ $n : 1.0814$	0.0061	0.9995	4.31E-05
	Tez çalışması	$a : -6.83E-04$ $b : -0.0305$ $c : 2.70E-04$ $d : -1.73E-05$ $e : 1.33E-07$	0.0034	0.9998	1.40E-05

Tablo A.16: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirin 75°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			<i>RMSE</i>	R^2	χ^2
16	Lewis	$k : 0.0559$	0.0109	0.9981	1.24E-04
	Page	$k : 0.0659$ $n : 0.9459$	0.0063	0.9994	4.26E-05
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9913$ $k : 0.0630$ $n : 0.9575$	0.0060	0.9994	4.02E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 0.9760$ $k : 0.0545$	0.0077	0.9991	6.41E-05
	Logaritmik	$a : 0.9672$ $c : 0.0148$ $k : 0.0568$	0.0067	0.9993	5.14E-05
	İki terimli	$a : 0.9580$ $b : 0.0422$ $k_o : 0.0534$ $k_l : 0.8617$	0.0047	0.9996	2.64E-05
	İki terimli exponansiyel	$a : 0.0399$ $k : 1.3429$	0.0048	0.9996	2.50E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0440$ $b : 5.31E-04$	0.0331	0.9827	1.18E-03
	Verma vd,	$a : 0.0420$ $g : 0.0534$ $k : 0.8602$	0.0047	0.9996	2.52E-05
	Weibull dağılımı	$a : -0.0050$ $b : -0.9974$ $k : 0.0640$ $n : 0.9492$	0.0059	0.9994	4.15E-05
	Tez çalışması	$a : -4.53E-03$ $b : -0.0675$ $c : 1.52E-03$ $d : -5.83E-05$ $e : 6.98E-07$	0.0028	0.9999	9.59E-06

Tablo A.17: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirin 65°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			<i>RMSE</i>	R^2	χ^2
17	Lewis	$k : 0.0394$	0.0097	0.9977	9.71E-05
	Page	$k : 0.0321$ $n : 1.0606$	0.0056	0.9994	3.38E-05
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9860$ $k : 0.0293$ $n : 1.0834$	0.0046	0.9996	2.36E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0150$ $k : 0.0400$	0.0091	0.9982	8.71E-05
	Logaritmik	$a : 1.0380$ $c : -0.0352$ $k : 0.0366$	0.0059	0.9992	3.78E-05
	İki terimli	$a : 0.0479$ $b : 0.9672$ $k_o : 0.0400$ $k_l : 0.0400$	0.0091	0.9982	9.29E-05
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.4981$ $k : 0.0468$	0.0044	0.9996	2.10E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0311$ $b : 2.65E-04$	0.0142	0.9947	2.13E-04
	Verma vd,	$a : 0.2309$ $g : 0.0394$ $k : 0.0394$	0.0097	0.9977	1.03E-04
	Weibull dağılımı	$a : -0.0009$ $b : -0.9871$ $k : 0.0294$ $n : 1.0816$	0.0046	0.9996	2.42E-05
	Tez çalışması	$a : -6.84-03$ $b : -0.0364$ $c : 6.23E-05$ $d : -7.74E-06$ $e : 9.04E-08$	0.0025	0.9999	7.60E-06

Tablo A.18: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirin 60°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			<i>RMSE</i>	R^2	χ^2
18	Lewis	$k : 0.0305$	0.0284	0.9960	8.24E-04
	Page	$k : 0.0160$ $n : 1.1812$	0.0077	0.9992	6.20E-05
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9908$ $k : 0.0148$ $n : 1.1988$	0.0073	0.9993	5.83E-05
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0560$ $k : 0.0323$	0.0216	0.9946	4.91E-04
	Logaritmik	$a : 1.1162$ $c : -0.0854$ $k : 0.0268$	0.0147	0.9973	2.35E-04
	İki terimli	$a : 0.6190$ $b : 0.4370$ $k_o : 0.0323$ $k_l : 0.0323$	0.0216	0.9946	5.18E-04
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.7238$ $k : 0.0414$	0.0066	0.9995	4.64E-05
	Wang ve Singh	$a : -0.0242$ $b : 1.60E-04$	0.0057	0.9996	3.45E-05
	Verma vd,	$a : 0.6112$ $g : 0.0305$ $k : 0.0305$	0.0284	0.9960	8.73E-04
	Weibull dağılımı	$a : 0.0254$ $b : -0.9576$ $k : 0.0125$ $n : 1.2600$	0.0064	0.9995	4.59E-05
	Tez çalışması	$a : -6.24E-04$ $b : -0.0229$ $c : -1.26E-04$ $d : -4.61E-06$ $e : 6.03E-08$	0.0031	0.9999	1.09E-05

Tablo A.19: Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış incirin 55°C'deki kurutulmasından elde edilen matematiksel modellere ait kurutma katsayıları ve istatistiksel sonuçlar

Deney no	Model Adı	Kurutma Katsayıları	İstatistiksel Sonuçlar		
			<i>RMSE</i>	R^2	χ^2
19	Lewis	$k : 0.0219$	0.0100	0.9985	1.04E-04
	Page	$k : 0.0173$ $n : 1.0602$	0.0028	0.9999	8.60E-06
	Modifiye edilmiş Page	$a : 0.9948$ $k : 0.0166$ $n : 1.0687$	0.0025	0.9999	7.21E-06
	Henderson ve Pabis	$a : 1.0179$ $k : 0.0223$	0.0080	0.9991	6.82E-05
	Logaritmik	$a : 1.0472$ $c : -0.0418$ $k : 0.0202$	0.0022	0.9999	5.31E-06
	İki terimli	$a : 0.5205$ $b : 0.4974$ $k_o : 0.0223$ $k_l : 0.0223$	0.0080	0.9991	7.39E-05
	İki terimli exponansiyel	$a : 1.4934$ $k : 0.0260$	0.0018	1.0000	3.62E-06
	Wang ve Singh	$a : -0.0176$ $b : 8.67E-05$	0.0161	0.9962	2.78E-04
	Verma vd,	$a : 0.3942$ $g : 0.0219$ $k : 0.0219$	0.0100	0.9985	1.12E-04
	Weibull dağılımı	$a : -0.0230$ $b : -1.0223$ $k : 0.0183$ $n : 1.0335$	0.0021	0.9999	4.94E-06
	Tez çalışması	$a : -9.24E-04$ $b : -0.0195$ $c : -7.93E-05$ $d : 9.46E-07$ $e : -5.28E-09$	0.0008	0.9999	6.96E-07

EK B

Sayın Panelist,

Size sunulan **kurutulmuş incir örneklerini sıra ile inceleyiniz**. Duyusal özellikleri ile ilgili düşüncelerinizi işaretlemek için kutucuklardan birine çarpı işareti (**X**) koymanız yeterli olacaktır.

Lütfen bir örneği **tatmaya başlamadan önce** bir miktar **su içerek** ve bir parça **etimek** **viyerek** ağız boşluğunuzu temizleyiniz.

ÜRÜN KODU : _____

1. Örneği inceleyerek KOKUSU hakkındaki düşüncenizi işaretleyiniz.

Hiç beğenmedim <input type="checkbox"/>	Az beğendim <input type="checkbox"/>	Ne beğendim ne beğenmedim <input type="checkbox"/>	Biraz beğendim <input type="checkbox"/>	Çok beğendim <input type="checkbox"/>
---	--	--	---	---

2. Örneği inceleyerek TEKSTÜRÜ hakkındaki düşüncenizi işaretleyiniz.

Hiç beğenmedim <input type="checkbox"/>	Az beğendim <input type="checkbox"/>	Ne beğendim ne beğenmedim <input type="checkbox"/>	Biraz beğendim <input type="checkbox"/>	Çok beğendim <input type="checkbox"/>
---	--	--	---	---

3. Örneği inceleyerek RENGI hakkındaki düşüncenizi işaretleyiniz.

Hiç beğenmedim <input type="checkbox"/>	Az beğendim <input type="checkbox"/>	Ne beğendim ne beğenmedim <input type="checkbox"/>	Biraz beğendim <input type="checkbox"/>	Çok beğendim <input type="checkbox"/>
---	--	--	---	---

4. Örneği inceleyerek LEZZETİ hakkındaki düşüncenizi işaretleyiniz.

Hiç beğenmedim <input type="checkbox"/>	Az beğendim <input type="checkbox"/>	Ne beğendim ne beğenmedim <input type="checkbox"/>	Biraz beğendim <input type="checkbox"/>	Çok beğendim <input type="checkbox"/>
---	--	--	---	---

5. Örnek ile ilgili olarak GENEL BEĞENİNİZ hakkındaki düşüncenizi işaretleyiniz.

Hiç beğenmedim <input type="checkbox"/>	Az beğendim <input type="checkbox"/>	Ne beğendim ne beğenmedim <input type="checkbox"/>	Biraz beğendim <input type="checkbox"/>	Çok beğendim <input type="checkbox"/>
---	--	--	---	---

Yaş:

Cinsiyet:

Düşünceleriniz:

12. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : UTKUCAN ŞAHİN

Doğum Yeri ve Tarihi : ANKARA - 19.05.1984

Lisans Üniversite :Dokuz Eylül Üniversitesi. Mühendislik Fakültesi. Makine Mühendisliği Bölümü

Y. Lisans Üniversite (varsa) :Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Enerji Anabilim Dalı

Elektronik posta : utkucansahin@hotmail.com

İletişim Adresi :

Yayın Listesi :

SCI. SCI-Exp. AHCI. SSCI indeksli dergilerde yayımlanan tam makale:

Şahin, U., Öztürk, H.K., "Effects of pulsed vacuum osmotic dehydration (PVOD) on drying kinetics of figs (*Ficus carica* L)", *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 104-111, (2016).

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makale:

Şahin, U., Öztürk, H.K., "Experimental investigation of drying kinetics of pretreated and non-pretreated figs (*Ficus carica* L.)", *Mugla Journal of Science and Technology*, 2, (1), 20-26, (2016).

Ulusal sempozyum, kongre ve konferanslarda sözlü olarak sunulan ve tam metin olarak yayımlanan tebliğ:

Şahin, U., Öztürk, H.K., "Önişlem uygulanmış ve uygulanmamış incirlerin (*Ficus carica* L.) kurutma kinetiğinin deneysel incelenmesi", 3. Anadolu Enerji Sempozyumu, 1-3 Ekim, Muğla, (2015).