

**KAYISIYA UYGULANAN ULTRASES DESTEKLİ VAKUM OZMOTİK
DEHİDRASYON ÖN İŞLEM KOŞULLARININ YANIT
YÜZEY METODU İLE OPTİMİZASYONU**

Orhan ZIRHLIOĞLU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Ferit AK**

TUNCELİ-2021

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**KAYISIYA UYGULANAN ULTRASES DESTEKLİ VAKUM OZMOTİK
DEHİDRASYON ÖN İŞLEM KOŞULLARININ YANIT
YÜZEY METODU İLE OPTİMİZASYONU**

Orhan ZIRHLIOĞLU
(182101101)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Ferit AK

TUNCELİ-2021

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**KAYISIYA UYGULANAN ULTRASES DESTEKLİ VAKUM OZMOTİK
DEHİDRASYON ÖN İŞLEM KOŞULLARININ YANIT
YÜZEY METODU İLE OPTİMİZASYONU**

**Gıda Müh. Orhan ZIRHLIOĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 25/06/2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

Doç. Dr. Alper
GÜVEN
(Munzur Üniversitesi)

BAŞKAN

İmza:.....

Dr. Öğr. Üyesi Ferit AK
(Munzur Üniversitesi)

DANIŞMAN

İmza:.....

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Burcu
ATALAY
(İğdır Üniversitesi)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: YLMUB019-05

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

25/06/2021

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İmza
Orhan ZIRHLIOĞLU

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ferit AK

TEŞEKKÜR

Tez çalışma sürecimin tüm aşamalarında bilgi birikimiyle yol göstererek desteğini esirgemeyen, kıymetli ve değerli hocam, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ferit AK' a,

Tez jürimde yer alan değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Alper GÜVEN ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Burcu ATALAY'a, tez yazım sürecinde desteklerini esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Hakan YOĞURTÇU' ya ve maddi desteklerinden dolayı Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Proje Birimi'ne,

Bilgi ve tecrübelerimi arttırmak amacıyla çıktığım bu zorlu yolda, maneyi olarak destek ve teşviklerini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli eşim Ayşe ZIRHLIOĞLU' na, oğlum İrfan Efe'ye ve anneme,

Teşekkürlerimi sunarım.

Orhan ZIRHLIOĞLU
TUNCELİ-2021



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	V
TABLolar LİSTESİ	VII
RESİMLER LİSTESİ	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ	IX
KISALTMALAR LİSTESİ	X
ÖZET	XI
ABSTRACT	XII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Gıdalarda Kurutmada Kullanılan Ön İşlemler.....	2
1.1.1. Ozmotik dehidrasyon.....	2
1.1.1.1. Ozmotik dehidrasyonun gıdalar üzerine etkileri	3
1.1.1.1.1. Fiziksel etkileri	3
1.1.1.1.2. Kimyasal etkileri.....	3
1.1.1.1.3. Kalite özellikleri üzerine etkileri	4
1.1.1.2. Ozmotik dehidrasyon kütle transfer mekanizması	5
1.1.1.3. Ozmotik dehidrasyonda kütle aktarım hızını etkileyen etmenler	6
1.1.1.3.1. Çözelti seçimi ve konsantrasyonu	6
1.1.1.3.2. İşlem süresi	7
1.1.1.3.3. Sıcaklık	7
1.1.1.3.4. Örnek/Çözelti oranı	8
1.1.2. Ultrases	8
1.1.2.1. Gıda teknolojisinde ultrases kullanımı	9
1.1.2.2. Ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işlemi	12
1.1.3. Vakumla kurutma tekniği	13
1.1.3.1. Vakum altında ozmotik dehidrasyon işlemi	13
1.2. Yanıt Yüzey Yöntemi.....	14
1.2.1. Yanıt yüzey modelinin gıda endüstrisindeki yeri	15
1.3. Kayısı.....	15
1.3.1. Kabaaşının özellikleri	20
2. MATERYAL VE METOT	22
2.1. Materyal.....	22
2.2. Metot.....	22
2.2.1. Ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon işleminin uygulanması.....	22
2.2.2. Sıcak hava ile kurutma işlemi.....	23
2.2.3. Analiz yöntemleri	23
2.2.3.1. Ozmotik dehidrasyon parametreleri (su kaybı ve katı kazanımı).....	23
2.2.3.2. Etkin difüzyon katsayısının belirlenmesi	24
2.2.3.3. pH, titrasyon asitliği ve suda çözünür kuru madde miktarı	25
2.2.3.4. Renk değerleri.....	25
2.2.3.5. Kuru madde miktarı.....	26
2.2.3.6. Tekstür analizi	26
2.2.3.7. Rehidrasyon oranı.....	27
2.3. Yanıt Yüzey Metodu ve İstatistiksel Değerlendirme	27
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	30

3.1. Kayısının Bazı Fizikokimyasal Parametreleri	30
3.2. Deneysel Sonuçlar	32
3.2.1. Su kaybı	32
3.2.1. Katı kazanımı.....	35
3.2.3. Kuruma süresi	38
3.2.4. Etkin difüzyon katsayısı	41
3.2.5. Rehidrasyon oranı.....	45
3.2.6. Sertlik	49
3.2.7. Renk değişimi	53
3.2.8. Hue değeri	57
3.2.9. Kroma değeri	60
3.3. Ultrases Destekli Vakum Ozmotik Ön İşlem Şartlarının Optimizasyonu.....	64
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
5. KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ	
EKLER	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Ozmotik dehidrasyon esnasında oluşan kütle aktarımı	5
Şekil 1.2. Ses dalgalarının frekans aralıkları	9
Şekil 1.3. Kavitasyonda meydana gelen baloncukların şekilleri	10
Şekil 1.4. Kavitasyon oluşumu	11
Şekil 1.5. Ultrases sisteminin parçaları	12
Şekil 1.6. Ülkelere göre Dünya kuru kayısı ihracatı (%) oranları	16
Şekil 1.7. Ülkelere göre Dünya kuru kayısı ithalat (%) oranları	17
Şekil 1.8. Türkiye kuru kayısı ihracatında önemli ülkelerin (%) oranları	18
Şekil 1.9. Türkiye taze kayısı ihracatında önemli ülkelerin (%) oranları	19
Şekil 2.1. Hunter renk skalası	26
Şekil 3.1. Su kaybına ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık	33
Şekil 3.2. Su kaybına ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi	34
Şekil 3.3. Katı kazanımına ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık ...	36
Şekil 3.4. Katı kazanımına ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi	37
Şekil 3.5. Kuruma süresine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık	39
Şekil 3.6. Kuruma süresine ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi	40
Şekil 3.7. Etkin difüzyon katsayısına ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık ...	43
Şekil 3.8. Etkin difüzyon katsayısına ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi	43
Şekil 3.9. Rehidrasyon oranına ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık	47
Şekil 3.10. Rehidrasyon oranına ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi	47
Şekil 3.11. Sertlik değerine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık	50
Şekil 3.12. Sertlik değerine ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi	51
Şekil 3.13. Taze ve işlem görmüş kayısı küplerinde kesme kuvvetinin zamana bağlı değişim grafiği	52
Şekil 3.14. ΔE değerine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık	55
Şekil 3.15. ΔE değerine ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi	55
Şekil 3.16. Hue değerine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık	59
Şekil 3.17. Hue değerine ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi	59
Şekil 3.18. Kroma değerine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık	62

Şekil 3.19. Kroma değerine ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi.....	62
Şekil 3.20. Ultrases destekli vakum ozmotik ön işlemine ait optimizasyonun üç boyutlu gösterimi.....	65



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Dünya kayısı verileri	17
Tablo 1.2. Türkiye kayısı verileri	19
Tablo 1.3. Kabaası çeşidinin pomolojik özellikleri	20
Tablo 2.1. Ultrases destekli vakum ozmotik ön işleme için bağımsız değişkenlerin kodlanmış seviyeleri	28
Tablo 2.2. Box-Behnken deneme desenine göre çalışma koşulları	28
Tablo 3.1. Kabaası kayısına ait bazı karakteristik değerler.....	30
Tablo 3.2. Box-Behnken deneme planına göre bağımsız değişkenler ve yanıtların deneysel değerleri	31
Tablo 3.3. Kayısı küplerinin su kaybı değerlerine ait varyans analizi tablosu	32
Tablo 3.4. Kayısı küplerinin katı kazanımı değerlerine ait varyans analizi tablosu	35
Tablo 3.5. Kayısı küplerinin kuruma sürelerine ait varyans analizi tablosu.....	38
Tablo 3.6. Kayısı örneklerinin etkin difüzyon katsayısı değerlerine ait varyans analizi tablosu.....	42
Tablo 3.7. Kayısı küplerinin rehidrasyon oranlarına ait varyans analizi tablosu	46
Tablo 3.8. Kayısı küplerinin sertlik değerlerine ait varyans analizi tablosu.....	49
Tablo 3.9. Kayısı küplerinin renk değişimi oranına ait varyans analizi tablosu.....	54
Tablo 3.10. Kayısı küplerinin hue değerlerine ait varyans analiz tablosu	58
Tablo 3.11. Kayısı küplerinin kroma değerlerine ait varyans analizi tablosu	61
Tablo 3.12. Yanıtlara ait hedef değerler ve optimizasyon koşulları	65
Tablo 3.13. Optimum koşullardaki doğrulama sonuçları	66

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1. Kabaası ağacı ve meyvesi	22
--	----



SEMBOLLER LİSTESİ

a*	: Renk boyutsuzluğu (+kırmızılık – yeşillik)
a_w	: Su aktivitesi
b*	: Renk boyutsuzluğu (+sarılık – mavilik)
cm	: Santimetre
cm³	: Santimetreküp
g	: Gram
L*	: Renk boyutsuzluğu (+koyuluk /açıklık)
m	: Metre
m²	: Metrekare
m²/s	: Metrekare/saniye
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm/s	: Milimetre/saniye
N	: Gözlem sayısı
NT	: Ön işlemsiz kurutma
° , "	: Derece Dakika Saniye
°C	: Santigrat
R²	: Belirtme katsayısı
s	: Saniye
W	: Watt
w/w	: ağırlık/ ağırlık
X_i	: Değişkenler
β₀	: Sabit faktör
β_i	: Doğrusal katsayı
β_{ii}	: İkinci dereceden katsayı
β_{ij}	: ikili etkileşim katsayı

KISALTMALAR LİSTESİ

Adj. R²	: Düzeltilmiş belirleme katsayısı
ANOVA	: Varyans analizi
CI	: Güven aralığı
da	: Dekar
ha	: Hektar
kg	: Kilogram
kHz	: Kiloherertz
kPa	: Kilopascal
Lack of fit	: Uyum eksikliği
mHz	: Megahertz
Ort	: Ortalama
Pred. R²	: Tahmini belirleme katsayısı
PRESS	: Tahmini kalıntı hata kareleri toplamı
SÇKM	: Suda çözünen kuru madde
TEPGE	: Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü

ÖZET

Bu çalışmada; farklı koşullar altında eş zamanlı olarak uygulanan ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon ön işleminin, kabaaşı kayısı örneklerinin sıcak hava ile % 20 oranında nem miktarına kadar kurutulması sonrası, kuruma davranışları ve kalite parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla; çözelti konsantrasyonu (% 50-70), işlem süresi (30-90 dakika) ve işlem sıcaklığı (30-50 °C) gibi belirlenmiş alt ve üst koşullar altında ultrases destekli vakum ozmotik ön işlemin modellenmesi ve optimizasyonu yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneme planına göre gerçekleştirilmiştir. Örneklerin su kaybı, katı kazanımı, kuruma süresi ve etkin difüzyon katsayıları gibi kinetik parametrelerinin yanı sıra renk, tekstür ve rehidrasyon oranı gibi kalite parametreleri de incelenmiştir.

Örneklerin su kaybı değerlerinin % 14.64 ile 37.78 aralığında olduğu ve özellikle yüksek çözelti konsantrasyonu, sıcaklık ve işlem süresi koşullarında bu değerlerin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca ön işlem uygulanmış (% 70 çözelti konsantrasyonu, 60 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı) örneklerin sıcak hava ile kurutma süresinin işlem görmemişlere göre % 49.17 daha kısa olduğu belirlenmiştir. Örneklerle ait etkin difüzyon katsayısının 6.633×10^{-10} ile 8.925×10^{-10} aralığında olduğu ve özellikle bağımsız değişkenlerdeki artışa paralel olarak arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ön işlemsiz kurutulmuş örneklerin renk değişimi değeri 27.41 iken yüksek çözelti konsantrasyonlarda bu değer 7.09 olduğu belirlenmiştir. Rehidrasyon oranının ise 1.71 ile 2.04 aralığında olduğu ve her üç bağımsız değişkenin negatif yönde önemli bir etkisinin olduğu ortaya çıkarılmıştır. Aynı zamanda örneklerin ön işlem sonrası sıcak hava ile kurutulmasıyla sertlik değerinin arttığı ve işlem görmemiş taze örneklerle göre % 55.21 oranında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İlave olarak, Hue renk açısı ile kroma renk doygunluğu değerlerinin ısıl işlemle birlikte düştüğü ve taze örneklerle göre en fazla düşüşün ön işlemsiz kurutulmuş örneklerden elde edildiği gözlenmiştir. Önerilen modellere ait uyum eksikliği, belirleme katsayıları ve tahmini hata kareleri toplamı değerlerinin ise tüm parametrelerde ikinci dereceden (kuadratik) polinomiye modele uyduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; kayısı örneklerinin ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon ön işlemine ait optimum parametreler; % 70 sakkaroz çözelti konsantrasyonu, 60.842 dakika uygulama süresi ve 50 °C uygulama sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Doğrulama deneylerinden elde edilen sonuçların % 95 güven aralığında olduğu ve belirlenen koşullar için ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon ön işleminin kinetik parametreler ve kalite parametreleri açısından kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kayısı, optimizasyon, ozmotik dehidrasyon, ultrases, yanıt yüzey metodu

ABSTRACT

Optimization by Response Surface Method of Ultrasound Assisted Vacuum Osmotic Dehydration Pretreatment Conditions Applied to Apricot

In this study, the effect of ultrasound-assisted vacuum osmotic dehydration pretreatment applied simultaneously under different conditions was investigated on the drying behavior and quality parameters of kabaasi apricot samples after drying with hot air up to 20% moisture. For this purpose, modeling and optimization of ultrasound-assisted vacuum osmotic pretreatment were carried out according to the response surface method Box-Behnken trial plan under specified lower and upper conditions such as solution concentration (50-70%), treatment time (30-90 minutes), and treatment temperature (30-50 °C). The quality parameters such as color, texture, and rehydration rate of the samples were investigated in addition to kinetic parameters such as water loss, solid gain, drying time, and effective diffusion coefficient.

It was determined that the water loss values of the samples were between 14.64% and 37.78% and these values increased especially under high solution concentration, temperature and processing time conditions. In addition, it was determined that the drying time with the hot air of the pretreated samples (70% solution concentration, 60 minutes treatment time, and 50 °C treatment temperature) was 49.17% shorter than the untreated samples. It was determined that the effective diffusion coefficient of the samples was between 6.633×10^{-10} and 8.925×10^{-10} and increased especially in parallel with the increase in the independent variables. At the same time, it was determined that while the color change value of the dried samples without pretreatment was 27.41, this value was 7.09 at high solution concentrations. It was found that the rehydration rate was between 1.71 and 2.04, and all three independent variables had a significant negative effect on this rate. Also, it was determined that the hardness value of the samples that were dried with hot air after pretreatment increased and was 55.21% higher than the untreated fresh samples. Additionally, it was observed that the values of Hue color angle and chroma color saturation decreased with heat treatment and the highest decrease was obtained from dried samples without pretreatment compared to fresh samples. It was determined that the values of lack of fit, determination coefficients, and the sum of estimated error squares of the proposed models fit the quadratic polynomial model in all parameters.

As a result, the optimum parameters of ultrasound-assisted vacuum osmotic dehydration pretreatment of apricot samples were determined as 70% sucrose solution concentration, 60.842 minutes application time, and 50 °C application temperature. It was revealed that the results obtained from the validation experiments are in the 95% confidence interval and that the ultrasound-assisted vacuum osmotic dehydration pretreatment could be used in terms of kinetic parameters and quality parameters for the specified conditions.

Keywords: Apricot, optimization, osmotic dehydration, response surface method, ultrasound

1. GİRİŞ

Tüketiciler açısından işlenmiş gıdalarda beklenen en önemli kriterler; nihai ürünün işlenmeden önceki kalite parametrelerinin, besin değerlerinin, renginin, kokusunun ve rayihasının korunmasıdır.

Gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerini sınırlayan ve günümüze kadar geniş kullanım alanı bulan kurutma işlemi, suyun uzaklaştırılması temeline dayanmaktadır (Lewicki ve Jakubczyk, 2004; Louise ve ark., 2012). Ancak bu işlem, raf ömrü boyunca nihai ürünün kalite parametrelerinde işlem görmemiş ürünle kıyaslandığında belirli düşüslere yol açmaktadır (Ratti, 2001).

Hammadde ile kıyaslandığında tüketime arz edilecek ürünlerdeki değışikliğin minimum seviyede olması, endüstriyel gıdaların işlenmesinde kullanılan birçok prosesin kombine halde uygulanması ile mümkün olmaktadır. Haşlama, pastörize etme ve dondurma gibi prosesler ürünün kararlılığını sağlarken, ozmotik dehidrasyon işlemi ise üründe su çıkışı ve katı kazanımı değışiklikleriyle birlikte fiziksel, kimyasal ve organoleptik değışikliklere sebebiyet vermektedir (Torreggiani ve ark., 2001; Jongen, 2002).

Gıdalarda uygulanan kurutma işlemini daha ileri seviyeye getirmek amacıyla yapılan çalışmalarda, nihai ürünlerdeki temel kalite parametreleri üzerine kurutma prosesinden önce uygulanacak ön işlemlerin etkisinin yadsınamaz olduğu belirlenmiştir (Moreno ve ark., 2000; Kowalska ve Lenart, 2001). Son yıllarda kurutma işleminden önce uygulanan ozmotik kısmi kurutma işleminin, önemli araştırma konularından birisi olduğu ortaya çıkarılmıştır (Osorio ve ark., 2007; Botha ve ark., 2011).

Yapılan çalışmalarda, ultrases uygulamalarının meyve ve sebzelerde proaktif olarak kontaminasyonun önlenmesine katkı sağladığı belirtilmiştir (Chen ve Zhu, 2011; São José ve ark., 2012; Sango ve ark., 2014). Özellikle gıda endüstrisinde ultrasesin tercih edilme sebepleri; bu teknolojiye kullanılan dalgaların tehlikeli olmaması, toksikolojik açıdan güvenli olması ve çevre açısından da zararsız olması şeklinde sıralanabilmektedir (Ersus Bilek ve Turantaş, 2013). Ayrıca meyve ve sebzelerin su ile temizlenmeleri sırasında eş zamanlı olarak ultrasesin uygulanması ile mikroorganizmaların önemli ölçüde giderilebileceği belirlenmiştir (Zhou ve ark., 2009; Bang ve ark., 2017; Silveira ve ark., 2018).

1.1. Gıda Kurutmada Kullanılan Ön İşlemler

1.1.1. Ozmotik dehidrasyon

Ozmotik dehidrasyon; nem içeriği yüksek gıdaların ozmo-aktif özellikteki, derişimi yüksek, konsantre çözeltiler içerisine bütün veya farklı geometrik şekillere parçalanarak daldırılması ve yapılarındaki suyun yarı seçici geçirgen hücre zarından ozmoz yoluyla uzaklaştırılması işlemidir (Geankoplis, 2003; Us, 2006). Ozmotik dehidrasyon işlemi, tek başına gıdadan suyun giderilerek kurutulması olarak düşünülmemeli; bunun yanında ilgili gıdaya ozmotik çözeltideki katı maddelerin de nüfuz etmesi söz konusudur (Rastogi ve ark., 2000; Zhoa ve Xie, 2004). Ozmotik dehidrasyon işleminde gıda ile ozmotik çözelti arasındaki basınç değişikliği, gıdadaki suyun çözeltiliye geçmesiyle ürünün bozulma ve kokuşma riskini de düşürmektedir (Falade ve Igbeka, 2007; Bernardi ve ark., 2009). Ozmotik dehidrasyonun bir diğer avantajı ise uzaklaştırılan suyun herhangi bir fiziksel ve kimyasal değişime uğramadan doğrudan uzaklaştırılmasıdır. Dolayısıyla bu metot ile son ürünün güneş altında kurutulmasına gerek kalmadan tekstür, rayiha ve besin değerlerinin üst seviyede korunması sağlanmaktadır (Us, 2006; Torreggiani ve Bertolo 2001; Bekele ve Ramaswamy, 2010).

Bu yöntem ile elde edilen nihai ürünün katma değerinin istenilen seviyede olmasına, suyun herhangi bir değişikliğe uğramadan uzaklaşmasının yanı sıra gıdaya nüfuz eden çözelti solüsyonun katkısı da göz ardı edilemez. Özellikle bu solüsyonun uygun oran ve özellikte seçilmesi, kurutma ve dondurma gibi proseslerde ürünün stabilitesini yükselterek gıdanın yapısını azami ölçüde muhafaza etmektedir (Jayaraman ve ark., 1990; Bolin ve Huxsoil, 1993; Koprivica ve ark., 2009). Özellikle bu yöntemle gıdalardan ayrılan su ile suyun yerine geçen çözünebilen maddelerin benzer seviyede olması, son ürünün tabii tadının korunmasını ve kendine has görüntüsünün devamını sağlamaktadır (Ponting ve ark., 1966; Torreggiani ve Bertolo, 2001).

Ozmotik dehidrasyon işlemi, dondurma ve çözündürme sonrası bitkisel ürünlerin tekstür kalitesini sağlamak için de etkili bir tekniktir. Taze haldeki bu ürünlerin su içeriği, dondurma boyunca buz kristallerine dönüşerek çözülme sonrasında hücre zedelenmelerine sebep olmaktadır (Pearce, 2001). Ozmotik dehidrasyon işlemi, dondurulmuş ürünlerin su içeriğini azaltarak buz kristali hasarından oluşabilecek tekstür bozukluklarını da

azaltabilmektedir (Ohnishi ve Miyawaki, 2005; Dermesonlouoglou, ve ark., 2008; Lowithun ve Charoenrein, 2009).

Sonuç olarak, ozmotik dehidrasyonun, ürünlerdeki ısı kaynaklı fiziksel ve duyu zararı azalttığı, ürünün yapısında bulunan uçucu maddelerin ürününden çıkışını sınırlandırdığı, teksürel yapısını koruduğu ve suyun direk olarak yani hal değiştirmeden çıkışı ilave enerji gereksinimini azalttığı belirtilmektedir (Shi, 2008).

1.1.1.1. Ozmotik dehidrasyonun gıdalar üzerine etkileri

1.1.1.1.1. Fiziksel etkileri

Gıda maddelerine ait fiziksel özellikler, gıdaların dokusunda bulunan mikroskobik yapılar ile doğrudan ilişkilidir. Hücre duvarlarında meydana gelen tahribat ve gevşemeler çeşitli mikroskobik yöntemler sayesinde gözlemlenebilmektedir (Aguilera ve Lillford, 1996; Alzamora ve ark., 1996). Gıda muhafaza koşullarından birisi olan kurutma işleminde, kurutulacak ürünün kalitesi işlem şartları ile yakından ilişkilidir. Kurutulmuş ürünlerdeki fiziksel değişimlerin sebeplerinin başında ise nem kaybı gelmektedir. Nem kayıplarından kaynaklı bu değişimler de özellikle gıdanın mikro yapısında ciddi bozulmalara sebep olmaktadır (Mercier ve ark., 2011).

Mikrodalga ile kurutma işlemi öncesi ozmotik dehidrasyon uygulaması ile kurutulan domates örneklerinin mikroskobik yapısı taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile gözlemlenmiştir. İşlem sonunda, işlem uygulanmadan önceki hali ile kıyaslandığında son ürünün gözeneklerinin sert bir yapıya dönüştüğü belirlenmiştir. İşlem uygulanmadan önceki örnekler üzerine kurutma yönteminin tesirinin güçlü olduğu ve ozmotik dehidrasyon işleminin son ürünü istenmeyen yapısal değişikliklerden koruduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ön işlem uygulanmış domates yüzeylerinin, yalnızca sıcak hava mikrodalga kurutma uygulanan işlem uygulanmamış domateslere göre daha yumuşak olduğu belirlenmiştir (Askari ve ark., 2009).

1.1.1.1.2. Kimyasal etkileri

Meyve ve sebzelerde gözlenen enzimatik esmerleşme reaksiyonları; sodyum klorür, askorbik asit, sistein gibi bazı kimyasal ajanlar aracılığıyla veya ısısal işlemler ile

engellenebilmektedir (Kim ve ark., 2005; Queiroz ve ark., 2008; Pattanapa ve ark., 2010). Ancak gıda koruyucularıyla işleme tabi tutulan bu ürünler, doğal yapılarından uzaklaşmaları sebebiyle tüketiciler tarafından tercih edilmemektedir. Bununla birlikte ısısal uygulamalar da, işleme tabi tutulacak gıdaların lezzetini olumsuz yönde değiştirmekte ve besin bileşenlerini negatif olarak etkilemektedir (Silva ve ark., 2000).

1.1.1.1.3. Kalite özellikleri üzerine etkileri

Ozmotik dehidrasyonun tuzlu çözeltilerde gerçekleştirilmesi, şekerli çözeltilere göre rehidrasyon oranının oldukça yüksek olduğu buna karşın tekstürünün ise şekerli çözeltilere kıyasla daha yumuşak olduğu görülmüştür (Speck ve ark., 1977; Mazza, 1983).

Kurutma işlemi öncesinde uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin, ozmotik dehidrasyon uygulanmamış haline göre örneklerin yoğunluklarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Kim ve Toledo, 1987). Kuru üzümde ozmotik dehidrasyon işleminden sonra gerçekleştirilen kurutma işleminin ozmotik dehidrasyon uygulanmamış örneklerle göre daha koyu olduğu görülmüştür (Riva ve Masi, 1990).

İşleme tabi tutulacak ürünün, kurutma öncesinde ozmotik çözeltilere daldırılması ürüne çözeltiden geçişler sebebiyle rehidrasyonunun geliştiği belirtilmiştir (Neumann, 1972; Curry ve ark., 1976; Prosapio ve Norton, 2018).

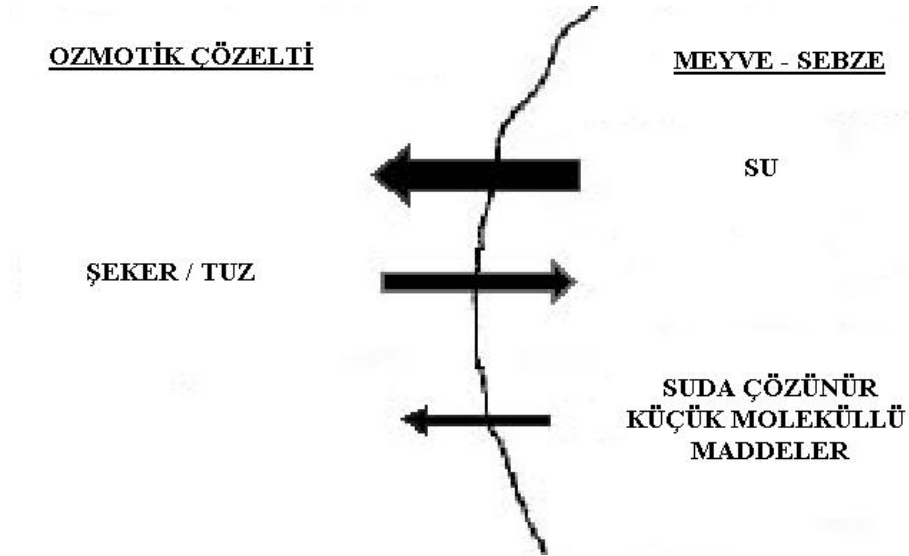
Ozmotik dehidrasyon işleminde, enzimatik ve oksidatif esmerleşmeyi önlemek için herhangi bir kimyasal işleme gerek olmadığı birçok kesilmiş sebze ve meyvenin oksidatif esmerleşmesini katalize eden polifenoloksidazın inhibisyonunda önemli bir rol oynadığı ve ayrıca vakum işlemi veya havada kurutma sırasında uçucu aroma bileşiklerinin kaybını da önlediği belirtilmiştir (Tortoe, 2010).

Trabzon hurması üzerinde yapılan çalışmada ozmotik dehidrasyonun ozmos süresi, çözelti konsantrasyonu ve bileşimi, L^* değerinin azalmasına sebebiyet vermiştir. Bununla birlikte ozmotik dehidrasyonun uygulandığı çözelti konsantrasyonu ve bileşimi ile işlemde uygulanan sıcaklık, örneklerin a^* değeri üzerinde etkili olmuştur. Ozmotik dehidrasyon sonrasında sıcak hava ile hurmaların kurutulmasında ise, b^* değerinde artış gözlenmiştir. Ozmotik ajan olarak sakkarozun kullanıldığı ozmotik dehidrasyon işleminde ise, hue değeri en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir (Zorlugenç, 2010).

1.1.1.2. Ozmotik dehidrasyon kütle transfer mekanizması

Ozmotik dehidrasyon işlemi, kütle aktarım sistemi temelinde, dinamik süreci takiben, su ve hipertonic solüsyon arasındaki kararlılık prensibine göre tanımlanmaktadır. Bu proses kısaca, işlem boyunca gıdadan suyun ayrışması ve çözünebilen maddenin gıdanın bileşimine dahil olması ile beraber her iki yüzey arasında su aktivitesinin kararlılığının (aktarımın sıfır olduğu kararlılık hali) oluşmasıyla sonlanması işlemidir (Şahbaz, 1998).

Ozmotik dehidrasyon işleminde eş zamanlı olarak, birbirinden farklı üç kütle aktarımı Şekil 1.1’de şematize edildiği gibi meydana gelmektedir (Khin ve ark., 2007). Birincisi; ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan gıdanın bünyesinde bulunan suyun %70’i difüzyon sayesinde işlemin ilk üç saatinde, ozmotik solüsyona transfer olmaktadır. İkincisi; ozmotik çözeltiden gıdaya ozmotik maddenin transferidir. Bunun yanı sıra çözelti solüsyonuna eklenmesi istenilen besin bileşiminin ya da organoleptik kalite arttırıcısının da gıdaya aktarımı bu yolla mümkün olmaktadır. Üçüncüsü ise, gıdadan çözeltiye madde aktarımını kapsamaktadır. Buradaki aktarım miktarı olarak çok düşük olduğu için genellikle ihmal edilmektedir (Agnelli ve ark., 2005; Us, 2006; İspir, 2006; Blanda ve ark., 2009).



Şekil 1.1. Ozmotik dehidrasyon esnasında oluşan kütle aktarımı (Adambounou ve ark, 1983).

1.1.1.3. Ozmotik dehidrasyonda kütle aktarım hızını etkileyen etmenler

1.1.1.3.1. Çözelti seçimi ve konsantrasyonu

Ozmotik dehidrasyon işleminde birçok çözelti solüsyonu kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; sakkaroz, glukoz, maltoz, bal, mısır şurubu, glukoz şurubu, malto dekstrin ve sorbitoldur. Bu çözeltilerden şeker ve tuz gibi hipertonic çözeltiler; prosese uygunluğu, gıda üzerindeki verimliliği ve tat üzerinde bıraktığı olumlu etkilerinden dolayı ilk sıralarda yer almaktadır (Tortoe, 2010). Bu bağlamda et, balık, peynir ve sebzelerde sodyum klorür tercih edilirken (Azoubel ve Murr, 2004; İnanç ve Ak, 2010; Tadesse ve ark., 2015), meyvelerde ise sakkaroz çözeltisi tercih edilmektedir (Ferrando ve Spiess, 2001; İspir ve Togrul, 2009; Pattanapa ve ark., 2010; Phisut, 2012).

Ozmotik dehidrasyon işlemlerinde, seçilen ozmotik çözeltinin işlem hızı ve katı kazanımı ile birlikte su kaybı hızını da büyük bir ölçüde etkilediği anlaşılmıştır (Marani ve ark., 2007). Örneğin, çözelti solüsyonu olarak kullanılan yüksek molekül ağırlıklı sakkarozun, işleme tabi tutulan meyvelerin hücrelerine düşük molekül ağırlıklı solüsyonlara kıyasla daha zor penetre olması (Phisut, 2012) kuru maddenin çözünmesini azaltmakta buna karşın su çıkışını arttırmaktadır.

Yapılan bazı çalışmalarda, ozmotik çözelti olarak kullanılan sakkarozun, gıdalarda işlem verimliliğini ve lezzet gibi kriterleri olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca işlem esnasında gıdalara oksijenin nüfuz etmesini engelleyerek esmerleşme reaksiyonlarını önemli derecede düşürdüğü, ürünün kendi yapısında bulunan pigmentlerin kararlılığını sağladığı ve özellikle gıdalardan uçucu bileşenlerin çıkışını önlediği gözlenmiştir (Ferrando ve Spiess, 2001; Pattanapa ve ark., 2010). İlave olarak, tüketime arz edilebilecek nihai ürünün duyuşal karakteristik özellikleri üzerine olumlu sonuçlar vermesinden dolayı ozmotik çözelti olarak sakkaroz sıklıkla tercih edilmektedir (Ponting ve ark., 1966; Farkas ve Lazar, 1969; Ponting, 1973; Dixon ve ark., 1976; Moy ve ark., 1978; Conway ve ark., 1983).

Ozmotik dehidrasyon işleminde seçilecek çözelti konsantrasyonun, kütle aktarım mekanizması üzerine etkisi bulunmaktadır ve işlem esnasında gıdalardan çıkması beklenen su miktarına göre uygun çözelti konsantrasyonunun seçilmesi gerekmektedir (Nsonzi, 1997; Phisut, 2012). Kayısı örneklerine % 40, % 50 ve % 60'lık sakkaroz çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin yüksek konsantrasyonlu

çözeltide katı kazanımı ve su kaybının daha fazla gerçekleştiği tespit edilmiştir (İspir ve ark., 2009). Bir diğer çalışmada da, karpuz dilimlerinin ozmotik dehidrasyonu için 40, 50 ve 60° briks'lik sakkaroz çözelti konsantrasyonu kullanıldığında, yüksek konsantrasyonlarda katı kazanımı ve su çıkışının yüksek olduğu tespit edilmiştir (Falade ve ark., 2007). Yine bir başka çalışmada, Mundada ve ark. (2011) sırasıyla 40, 50 ve 60° briks'lik sakkaroz çözeltisinde nar tanelerine ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve 60° briks'lik çözeltideki katı kazanımı ve su çıkışı diğer konsantrasyonlu sakkaroz çözeltilerine göre daha yüksek oranda gerçekleşmiştir.

1.1.1.3.2. İşlem süresi

Osmotik dehidrasyon işleminin optimizasyonu üzerine etki eden diğer bir unsurun, gıdanın osmotik çözeltiye daldırılma süresi olduğu bilinmektedir. Özellikle solüsyon içerisindeki işlem süresinin artışının gıdanın bünyesinde bulunan nem kaybının da artmasına sebebiyet verdiği belirtilmiştir (İspir ve Toğrul, 2009; Souraki ve ark., 2012). Elma dilimlerine % 45-60 çözelti konsantrasyonunda ve 20-50 °C'de uygulanan osmotik dehidrasyon işleminde, su çıkışının uygulamanın ilk saatlerinde takribi olarak % 25 iken işlemin üçüncü saatinden sonra % 40'a kadar tırmandığı görülmüştür (Lazarides ve Mavroudis, 1995).

İşlem süresi, ürünün mikroyapısal farklılıklarından kaynaklı olarak da değişebilmektedir. Üzüm gibi yüzey geçirgenliği zayıf meyvelerin kütle transferinin çok uzadığı; %30'luk su kaybı için 48 saat, %60'lık su kaybı için ise 144 saat gerektiği bildirilmiştir (Riva ve Masi, 1990). Kütle transfer mekanizmalarından biri olan katı kazanımı değerinin işlemin başlangıcında hızlı olduğu, zamana bağlı olarak yavaşladığı ve belli süre sonunda dengeye ulaşarak osmotik dehidrasyon sürecinin tamamlandığı belirtilmiştir (Ramaswamy, 2005).

1.1.1.3.3. Sıcaklık

Osmotik dehidrasyon işleminde işlem optimizasyonunu etkileyen bir diğer unsur ise sıcaklıktır (Tortoe, 2010). Sıcaklık artışının, işlem süresini düşürmekle birlikte işlem uygulanan gıdadaki su çıkışını da hızlandırdığı görülmüştür (Khan, 2012).

Kaymak (1993) ve Parjoko ve ark. (1996), ozmotik dehidrasyon işleminde kullanılan çözelti konsantrasyonunun artırılmasıyla çözeltinin akışkanlığının da arttığını ve bu artıştan dolayı kütle aktarımında direnç oluştuğunu bildirmişlerdir. Sıcaklığın ise kütle aktarım direncini düşürdüğünü belirlemişlerdir. Sıcaklığın çalışma parametresi olarak sisteme dahil edildiği ozmotik dehidrasyon işleminde, gıdaların hücre zarında fiziksel değişimlere yol açması sebebiyle su çıkışı hızlanmaktadır (Pokharkar, 2001).

Ozmotik dehidrasyon işleminde kullanılan sıcaklığın derecesi, arzu edilen nihai ürün ve işleme tabi tutulan gıdanın mahiyetine göre değişiklik göstermekle birlikte yaygın olarak 20-70 °C arasındaki değerler tercih edilmektedir (Maltini ve Torreggiani, 1981). Ancak yapılan çalışmalarda, özellikle yüksek sıcaklıklarda enzimatik esmerleşme dâhil olmak üzere su çıkışının hızlı olmasından ötürü işleme tabi tutulan gıdanın hücre zarında istenmeyen değişimlerin yanı sıra nihai üründe tat, rayiha ve vitamin değeri gibi özelliklerde olumsuz sonuçlar tespit edilmiştir (Brennan, 2006). Yaban mersini örneklerine 50 °C'den daha yüksek sıcaklıklarda uygulanan işlemlerde, tüketici tarafından istenmeyen tat, koku ve aroma değerlerinin yanında enzimatik esmerleşmeye de sebebiyet verdiği görülmüştür (Khan, 2012).

1.1.1.3.4. Örnek/Çözelti oranı

Ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca, meyve ve sebzelerde örnek ağırlığının çözelti solüsyonuna oranı, kütle transfer parametrelerine tesir eden önemli bir faktördür. Örnek/çözelti oranındaki azalışın su kaybında artışa yol açarken, kuru madde kazanımında önemli bir değişime sebep olmadığı belirtilmiştir (Erüenal, 2010). Düşük çözelti/örnek oranlarında sistem hızla denge düzeyine ulaşacağı için arzu edilen seviyede ozmotik dehidrasyon işlemi gerçekleştirilememektedir. Yüksek çözelti/örnek oranlarında ise ozmotik çözelti solüsyonu tekrar kullanılamayacağından çözelti maliyetinin artmasının yanında büyük miktardaki çözeltilerin karıştırılması da problem olmaktadır (Kaymak, 1993; García-Martínez, 2002).

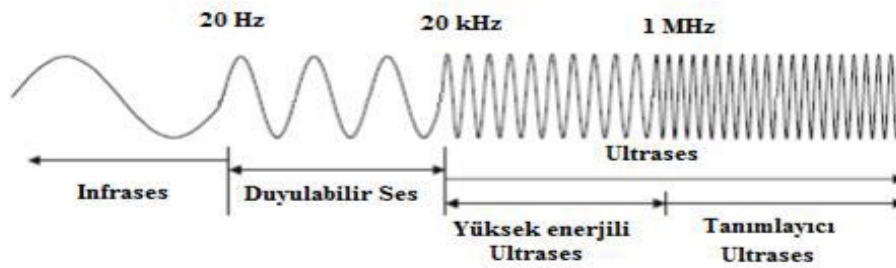
1.1.2. Ultrases

Gıdaların bozulmadan maksimum sürede tüketime uygun olarak muhafaza edilebilmesi için kullanılan ısısal uygulamalar; meydana gelen fiziksel, kimyasal ve

duyusal değişiklikler sebebiyle gıdanın yapısını büyük ölçüde bozmaktadır. Bu sebeple ultrases gibi hem gıdaya daha az hasar veren hem de daha düşük maliyetli farklı proseslerin arayışı yoluna gidilmiştir (Ashokkumar ve ark., 2008; Ulusoy ve ark., 2011).

Teknolojik olarak 1900’lü yıllarda kullanılmaya başlanılan ultrases, esas olarak deniz altılarının kullandıkları dalgalar ile su altındaki canlıların ölmesiyle dikkatleri üzerine çekmiştir. 1960’lı yıllarda ise teknolojik olarak endüstride yüksek enerjili ultrases kullanılmaya başlanmıştır (Earnshaw ve ark., 1995; Abramov, 1998). Bu yöntem temelde, insanların duyabileceği ses dalga seviyesinin (16 kHz’den yüksek) üzerindeki değerler kullanılarak uygulanmaktadır (Bayraktaroğlu ve ark., 2006; Dolatowski ve ark., 2007; Ercan ve ark., 2011; Ulusoy ve ark., 2011).

Ultrasesdeki ses dalgaları kendi çeşidine göre ürünün ya moleküllerinden ya da zemininden kendi dalga tipine özgü bir süratle ilerlemekte ve genişlemektedir. Ultrases kendi çeşidine özgü olarak üç farklı alanda karakterize edilebilmektedir. Bu alanlar kHz ile MHz arasında değişmektedir. İnsan kulağının duyabileceğinin üzerinde olan 16 kHz ile 100 kHz arasında bulunan kısım ‘güç ultrasesi’ olarak, 100 kHz ile 1 MHz arasında bulunan kısım ‘yüksek frekanslı ultrases’ ve 1-10 MHz değerleri arasına ise ‘tanımlayıcı ultrases’ olarak ifade edilmektedir (Şekil 1.2). Ultrasesin iki tip üretim yolu bulunmaktadır. Bunlardan birinci yol; basınç elektriği (piezoelektrik) ile, ikinci yol ise yüksek enerji salınımları üreten manyetik sıkıştırmalı dönüştürücülerle sağlanmaktadır (Demirdöven ve ark., 2009; Jambrak ve ark., 2010; Ulusoy ve ark., 2011).



Şekil 1.2. Ses dalgalarının frekans aralıkları (Barbaso-Canovas ve Ibarz, 2003; Yılmaz, 2014).

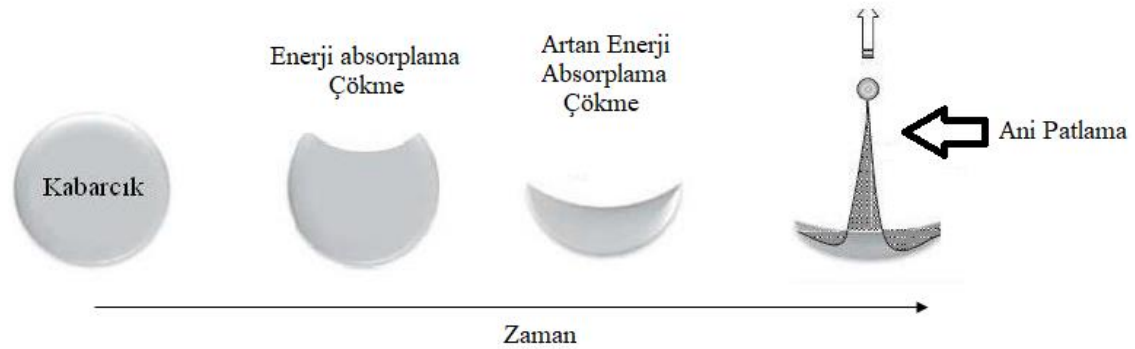
1.1.2.1. Gıda teknolojisinde ultrases kullanımı

Son yıllarda, ultrases uygulamaları gıda endüstrisinde de geniş kullanım alanına sahiptir. Endüstrideki kullanım alanı açısından ultrases frekansının ve enerjisinin

yüksekliğine ve düşüklüğüne göre iki sınıfa ayrılmaktadır. Bu parametreler de enerjinin yüksek frekans ve düşük enerjili olması halinde ‘güçlü ultrases’, düşük frekans yüksek enerjili olması halinde ise ‘kontrollü ultrases’ olarak adlandırılmaktadır (McClements ve ark., 1995; Mason ve ark., 1996; Zheng ve ark., 2006; Ercan ve ark., 2011).

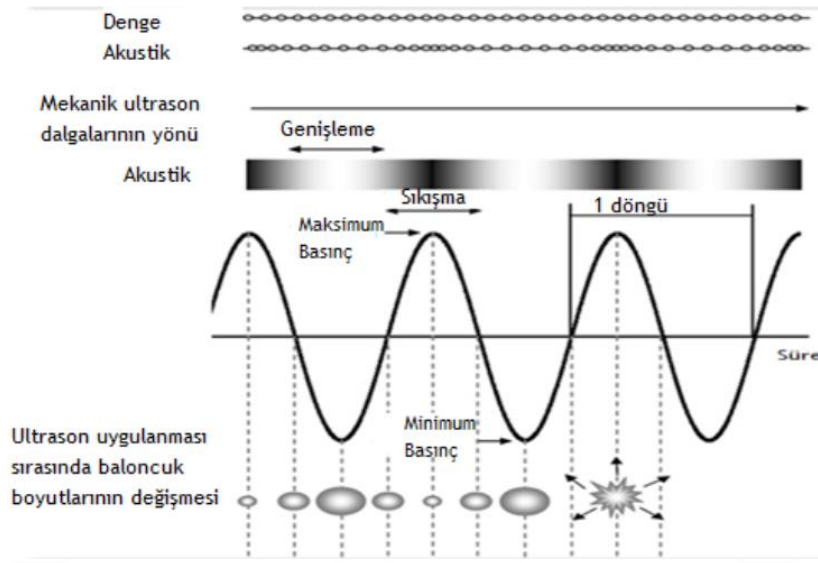
Kontrollü ultrases sisteminin kullanıldığı gıda endüstrisinde, metrekareye 1 W’dan daha az enerji ile birlikte 100 kHz den fazla frekansın kullanılmaktadır. Güçlü ultrasesin kullanıldığı uygulamalarda ise metrekareye 1 W’dan daha yüksek enerji ile birlikte 16-100 kHz arasında frekans uygulandığı bilinmektedir (Thakur ve Nelson, 1997).

Ultrases dalgalarının yayılımı sıvı içerisinde daha tesirli olduğundan, ultrasesin devamı esnasında sıvı içerisindeki moleküller ile gönderilen ses dalgaları birlikte harekete geçmekte ve bu hareket sonucunda birbirlerine enerji transfer etmektedirler. Moleküllerin bu hareketi ile aralarındaki sıkışma ve gevşemeler oluşmakta ve bunun sonucunda itme ve çekme sonucunda baloncuklar oluşmaktadır. Bu baloncuklar moleküllerin birbirlerine doğru hareketi sonucunda enerjiyi absorblayamayacak seviyeye gelince birden patlamakta ve bu patlama ile sıcaklık 5500 °C’ ye kadar yükselmektedir (Şekil 1.3) (Piyasena ve ark., 2003; Knorr ve ark., 2004; Tavman ve ark., 2009; Soria ve ark., 2010; O’Donnell ve ark., 2010; Ercan ve ark., 2011).



Şekil 1.3. Kaviteasyonda meydana gelen baloncukların şekilleri (Brujan ve ark., 2001; İrkilmez, 2017).

Sıvılar içerisinde meydana gelen bu kaviteasyon sebebiyle baloncuklar, sönmölenmeleri sırasında ortama yüksek bir enerji vermektedirler (Villamiel ve Soria, 2010).



Şekil 1.4. Kavitasyon oluşumu (Villamiel ve Soria, 2010; Yılmaz, 2014)

Endüstride, ultrasesin farklı birçok cihaza entegre edilerek kullanılması mümkün olmaktadır. Ultrases işlemcisi ve ultrasonik su banyosunun bu şekilde kullanımı örnek olarak gösterilebilmektedir. Ultrasonik su banyosu haricindeki ultrasonik işlemci dört bölümden oluşmaktadır. Bunlar; güç kaynağı, genlik yükseltici, prob ve ultrases dönüştürücüsü olarak sıralanabilmektedir (Şekil 1.5). Ultrases sisteminin bölümlerini oluşturan bu parçalardan olan güç kaynağı, ultrasesi yüksek frekansta elektrik enerjisine dönüştürmekle görevlidir. Elektrik enerjisini düzenli olarak aynı frekansta olan mekanik titreşimlere çevirmek ise ultrases dönüştürücüsü tarafından gerçekleştirilmektedir. Meydana gelen mekaniksel titreşimlerin istenen seviyede olmasını ise genlik yükselticisi tarafından sağlanmaktadır. Sonuç olarak meydana gelen bu dalgayı maruz bırakılmak istenen çözeltiler ve gıdalara iletmek de problar tarafından gerçekleştirilmektedir (Santoz ve ark., 2009).

Gıda endüstrisinde mikroorganizmaların inaktive edilme işlemi, nihai ürünün son tüketim tarihi ve tavsiye edilen tüketim tarihinin belirlenmesinde önemli rol oynayan bir faktördür. Ultrases işlemi, bu amaçla gıdaların işlenmesinde kullanılabilecek ısı uygulamaları haricindeki işlemlere alternatif olabilecek bir teknolojidir. Bu işlem esnasında oluşan kavitasyonlara bağlı olarak meydana gelen ani patlamalar, mikroorganizmaların hücre duvarını yıkmakta ve istenilen inaktivasyon elde edilmektedir. (Butz ve ark., 2002; Piyasena ve ark., 2003).



Şekil 1.5. Ultrases sisteminin parçaları (Santoz ve ark., 2009; İrkilmez, 2017).

Ultrasesin, mikroorganizmaları inaktive etmesinin yanı sıra ürün bünyesinde bulunan ve bozulma etmeni olan enzimlere karşı da etkili olduğu bilinmektedir. Bu etkinliğin daha üst seviyelere çıkması için ısı ve basınç gibi farklı uygulamalarla kombine edilerek kullanılması gerekmektedir. Bu yöntemlerin birleşimi ile ısıya karşı yüksek dirence sahip lipaz ve proteaz enzimlerinin inaktivasyonu üzerinde olumlu sonuçlar alınmıştır. Ayrıca ekstraksiyon işlemlerinde de etkin şekilde kullanıldığı tespit edilmiştir (Lopez ve ark.,1995; Vercet ve ark.,1997; O'Donnell ve ark.,2010; Atalay ve İnanç, 2020).

1.1.2.2. Ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işlemi

Ultrases, gıdalardan suyun uzaklaştırılması işlemi için uygulama yöntemlerinden biri olmanın haricinde ozmotik dehidrasyon işlemi ile aynı anda prosese dâhil edilebilen bir sistemdir. Bu işlem söz konusu ürünün lezzet ve rayihasının üzerine minimum değişiklik oluşturmanın yanı sıra kalite parametrelerini ise arttırmaktadır. Ayrıca ultrasesin gıda için kullanılmasının olumsuz bir etkiye sebep olmadığı ve işlem zamanını azalttığı yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir (Tao ve Sun, 2015; Yıldız, 2019). Topdaş ve ark. (2011), elma örneklerine uyguladıkları ozmotik dehidrasyon işlemi esnasında kullanılan ultrases yönteminin; işlem süresini kısaltmada, katı kazanımında ve suyun uzaklaştırılmasında olumlu etkilerinin olduğunu ifade etmiştir.

Balkabağının 40, 80, 120 dakika boyunca % 40 ve % 60 sakkaroz çözeltisinde

ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulması sonucu işlem görmemiş örneklere göre su kaybı ve katı kazanımı değerlerinin arttığı, ayrıca ön işlem sonrası kurutulan örneklerin ön işlemsiz kurutulan örneklere göre renk değerlerini koruduğu tespit edilmiştir (Yıldız, 2019). Kiwi dilimlerine uygulanan ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işleminin sonucunda ultrases uygulanmış örneklerin su kaybı ve katı kazanımının arttığı ve işlem süresini kısalttığı belirlenmiştir. Ayrıca ultrases işleminin su difüzyonunu ve katı difüzyonunu arttırması neticesinde enerji maliyetlerini de azaltacağı vurgulanmıştır (Prithani ve Dash, 2020). Düşük sıcaklıklarda uygulanan ozmotik dehidrasyon işlemi esnasında ultrasesin prosese dâhil edilmesi ile kütle ve su geçiş hızını arttırdığı ve ürünün taze görünümü ile birlikte ağızda bıraktığı tadı da muhafaza ettiği gözlenmiştir (Topdaş ve Ertugay, 2013).

1.1.3. Vakumla kurutma tekniği

Gıda muhafazasında önemli bir yere sahip olan kurutma çeşitlerinden biri de vakum altında kurutma tekniğidir. Bu yöntem genel olarak diğer uygulamalarla birlikte uygulanmaktadır. Konvensiyonel kurutma yöntemlerinin, yüksek sıcaklıkta uygulanmasından dolayı gıdaların temel kalite parametrelerini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Vakum altında kurutma yöntemi ise suyun kaynama noktasını aşağı çekip konvensiyonel kurutmaya göre daha hızlı bir şekilde suyun uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Ancak bu hız, kurutulan gıdanın geçirgenliği ile doğru orantılı bir şekilde gerçekleşmektedir (Hui, 2008; Özçelik, 2012).

1.1.3.1. Vakum altında ozmotik dehidrasyon işlemi

Ozmotik dehidrasyon işlemi ile vakum tekniği beraber uygulandığında, vakumun hacim açısından önem arz eden bir faktör olduğu görülmektedir. Yapılan bir çalışmada vakum ortamında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin farklı konsantrasyon, sıcaklık ve işlem sürelerinde ananas dilimlerinin su kaybı ve katı geçişi takip edilmiştir. Sırası ile 45, 55 ve 65° briks'lik çözeltilerle 30, 40 ve 50 °C sıcaklıklarda 20, 40, 60, 120, 180 ve 240 dakikalarda ozmotik dehidrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işleme 200 mbar vakum ile başlanmış ve 10 dakika sonunda atmosfer basıncı ile devam edilmiştir. Bu işlem sonucunda, sakkaroz çözeltisinin sıcaklığının ve yoğunluğunun yükselmesiyle birlikte su

kaybı ve katı geçişi değerinin de arttığı tespit edilmiştir (Lombard ve ark., 2008).

Moreno ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada, armut örneklerini sakkaroz çözeltisinde bekleterek enzimatik esmerleşmeye izin vermiştir. Ozmotik dehidrasyon işlemi için 65° briks’lik sakkaroz çözeltisinde 30, 40 ve 50 °C sıcaklıklarda hem vakum hem de ohmik ısıtma uygulanmıştır. Netice itibariyle örnekten en fazla su çıkışı atmosfer basıncı altında ozmotik dehidrasyon işlemiyle beraber uygulanan ohmik ısıtma yönteminde grlmştir.

1.2. Yanıt Yüzey Yöntemi

Yanıt yüzey metodu, belirlenen seviyeler ile yanıtlar arasındaki ilişkinin geliştirilmesinde kullanılan bir grup matematiksel ve istatistiksel tekniklerin birlikte uygulanması ile tasarlanmış bir deneysel yöntemdir (Khuri ve Mukhopadhyay, 2010). Bu yöntem, Box ve Behnken tarafından 1960 yılında farklı endüstrilerde kullanılan proseslerin en st düzeyde verimini sağlayabilmek için tasarlanmıştır (Myers ve ark., 1995).

Gıda işlemlerinde kullanılan yanıt yüzey yöntemi, proseslerin verimini arttırmayı ve ürünün arzu edilebilirliğini en st düzeyde tutmayı amaçlayan istatistiksel yöntemlerden biridir. Bu tekniğin etkinliğini bağımlı ve bağımsız değişkenler olarak isimlendirilen veriler sağlamaktadır (Koç ve Kaymak-Ertekin, 2010). Khuri ve Mukhopadhyay (2010), yanıt yüzey tekniğinin dört aşamadan meydana geldiğini bildirmiştir. Bu aşamalar; ürün veya proses için önemli olan kritik parametrelerin belirlenmesi, düzey aralıklarının tespit edilmesi, deneme tasarımınn çalışma koşullarının belirlenerek denemelerin gerçekleştirilmesi ve elde edilen değerlerin modellenmesi ve yanıt yüzeyleri ile incelenerek optimizasyon grafiklerinin oluşturulmasıdır (Khuri ve Mukhopadhyay, 2010).

Yanıt yüzey yöntemi, endüstriyel proseslerde 3 safhada kullanılabilir. Bunların ilk safhası olan eleme denemelerinde, maliyeti düşürerek daha düşük sayılarda, optimum ve asıl denemelerin yapılmasına katkı sağlanmaktadır. İkinci safha olan bölge araştırmalarında, eleme denemeleri ile saptanan birbirinden farklı değişkenlerin, prosesin tepkisinde oluşturdukları verilerde arzu edilen seviyeye yakın olup olmadığını ortaya çıkarmak hedeflenmektedir. Söz konusu yanıt yüzey yönteminde son safha optimizasyon ile ilgili prosesin optimum seviyeye yakınlaşmaya başladığı noktalarda devreye girmektedir. Bu noktalarda ise optimizasyonda eğrilik başlamaktadır. Bahsi geçen eğrilik, öngörülen düzgün olmayan modellemelerden yararlanılarak oluşturulmaktadır (Koç ve Kaymak-Ertekin, 2010).

Yanıt yüzey yöntemleri oluşturulurken regresyon analizinden faydalanılmaktadır. Burada özellikle bir bağımsız değişkenin yanıt üzerinde tek başına etkisini değil aynı zamanda diğer bağımsız değişkenlerle ikili etkileşimlerinin üzerindeki etkisi de regresyon katsayıları ile tespit edilmektedir. Yanıt yüzey yöntemindeki bağımsız değişkenlerle yanıtlar arasındaki ilişkiyi incelemek için çok sayıda deneme tasarımı geliştirilmiş olmasına rağmen en yaygın olarak Merkezi Bileşik Tasarımı (CCD) ve Box-Behnken tasarımı kullanılmaktadır (Erdoğan, 2007; Özdikicierler, 2016).

1.2.1. Yanıt yüzey modelinin gıda endüstrisindeki yeri

Gıda endüstrisinde tüketici kullanımına sunulacak nihai ürünü üretmek, süre isteyen ve maliyetli bir süreçtir. Bu süreçte yanıt yüzey yönteminin kullanılması endüstrideki prosesler için kitabi bilgilerin, deneyler ile pratiğe dönüştürülmesine yardımcı olmaktadır. Söz konusu deneylerdeki tepkilerin analizlerde kullanılması gerekli prosesin optimizasyonunun sağlanmasına yarar sağlamaktadır. Dolayısıyla yanıt yüzey yönteminin endüstrideki kullanımının bazı avantajlara sahip olduğu söylenebilmektedir (Doğan ve Okut, 2003). Bu yöntem, özellikle endüstride ortaya çıkacak problemlere maliyet-kabul edilebilirlik dengesi için değişkenlerdeki girdi ve çıktı verilerinin hesaplanmasıyla istatistiksel modellemelerin işlenmesinin ortak halidir (Özler, 2006). Enzimatik esmerleşme reaksiyonunda bu yöntemi kullanarak deneylerde etkenlerin kullanım sürelerinin, aralıklarının ve bölgelerinin değişkenliği ile ürünü optimize etmişlerdir (Güvenç ve ark., 2006).

Doğan ve Okut (2003), endüstride kullanılan prosesler ile birlikte yeni ürün geliştirme aşamasında bu yöntem ile ilgili olarak “Yanıt yüzeyi metodu 2.derece deneysel dizaynlarda ve optimizasyon sürecinde yeni ürün geliştirirken kritik bir süreçtir” bahsetmişlerdir.

1.3. Kayısı

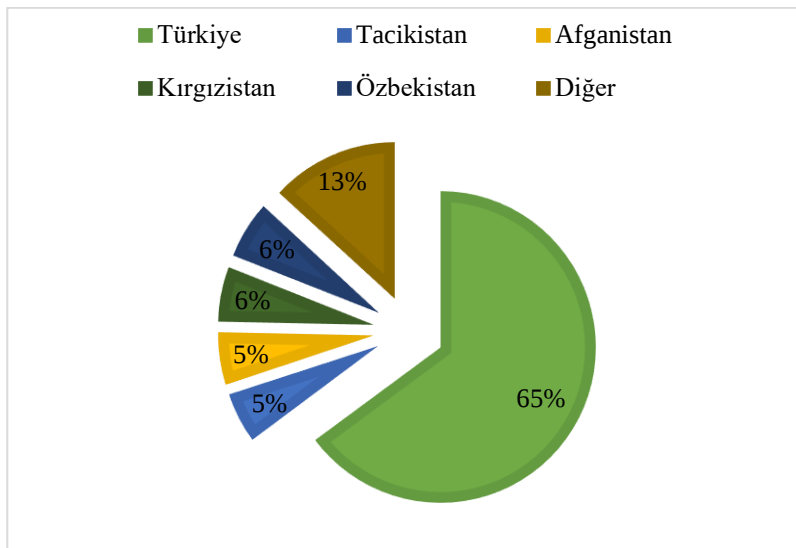
Kayısı yapısındaki karotenoidler, polifenoller ve vitaminler gibi bileşiklerden dolayı iyi bir fitokimyasal kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu bileşikler meyvenin tat, renk, besinsel ve fonksiyonel değerlerine önemli katkılar sağlamanın yanı sıra antioksidan aktivite gibi biyolojik özelliklerinden dolayı bazı kronik hastalıklara karşı

terapötik etkiler gösterdikleri bilinmektedir (Rice-evans ve ark., 1997; Gardner ve ark., 2000).

Türkiye ekonomisi için meyve üretiminde önemli yere sahip olan kayısı, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde uzun yıllardan beri üretilmektedir. Ancak yıllar içerisinde kayısı çeşitlerinde farklı etkenler sonucunda bazı değişimler ortaya çıkmış ve bu değişimlerle mevcut kayısı çeşitleri günümüze kadar ulaşmıştır (Asma, 1996). Yapılan araştırmalarda, kayısının ilk üretim yerlerinin Çin ve Orta Asya olduğu ve ülkemizin de içerisinde yer aldığı Anadolu coğrafyasını (İran, Kafkasya) aşarak Avrupa'ya ulaştığı bildirilmiştir (Özbek, 1978). Bugün farklı kıtalarda, bölgelerin kendine has iklim özelliklerine uyum sağlamış birçok çeşit ve sayıda kayısı türü bulunmaktadır (Yıldırım, 2006).

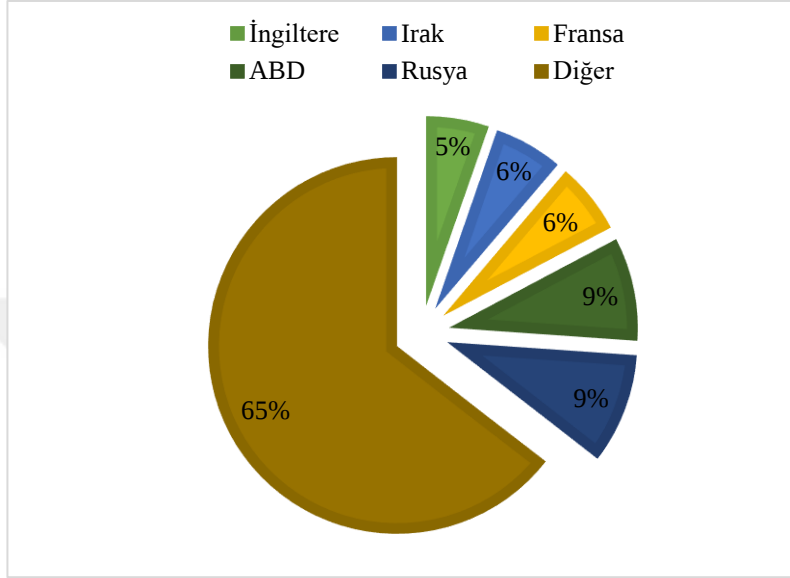
Kayısı, Dünya üzerinde 5 ana karada üretilmektedir. Ülkemiz % 19'luk üretim payı ile Dünyada bu konuda birinci olmanın haklı gururunu yaşamaktadır (URL-1, 2007). Dünyada kayısı yetiştiriciliğinde söz sahibi olan Anadolu, kayısının tarihteki ilk üretim yerlerinden olmamasına rağmen uzun zamandan beri üretilmesinden dolayı ikinci vatani olmuştur (Yıldırım, 2006).

Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü'nün (TEPGE) 2020 yılındaki raporuna göre ve Şekil 1.6'da gösterildiği üzere 2019 yılında Dünya kayısı ihracatında ülkemiz % 64.9 ile birinci sırada yer almıştır. Ülkemizi sırasıyla takip eden ülkeler; % 5.9 ile Özbekistan, % 5.6 ile Kırgızistan, % 5.3 ile Afganistan ve % 5.2 ile Tacikistan olmuştur (URL-2 2021).



Şekil 1.6. Ülkelere göre Dünya kuru kayısı ihracatı (%) oranları (URL-2, 2021).

Dünya kuru kayısı ithalatı 2019 yılı verileri Şekil 1.7’de gösterildiği gibi, % 64.5 ile diğer ülkeler başta olmak üzere, ülkeler bazında % olarak en yüksekten sıralamak gerekirse %9.4 ile Rusya, % 8.8 ile ABD, % 6.1 ile Fransa, %5.9 ile Irak ve % 5.3 ile İngiltere gelmektedir.



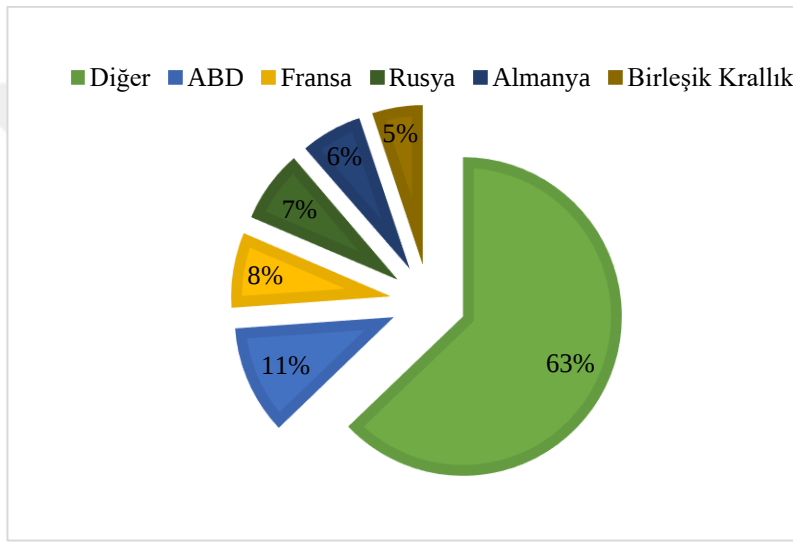
Şekil 1.7. Ülkelere göre Dünya kuru kayısı ithalat (%) oranları (URL-2, 2021)

Kayısı üretimi, iklimi ve yetiştirme koşullarından dolayı Akdeniz’e yakın olan ülkelerde daha fazla kümelenmiştir. Yunanistan, İtalya, Fransa ve İspanya gibi ülkeler daha çok sofralık; Türkiye, Cezayir, Fas, Pakistan ve İran gibi ülkeler ise kurutmalık ve sofralık kayısı meyvesi yetiştiriciliğinde söz sahibidirler (Asma ve Birhanlı, 2004).

Tablo 1.1. Dünya kayısı verileri (URL-3, 2020).

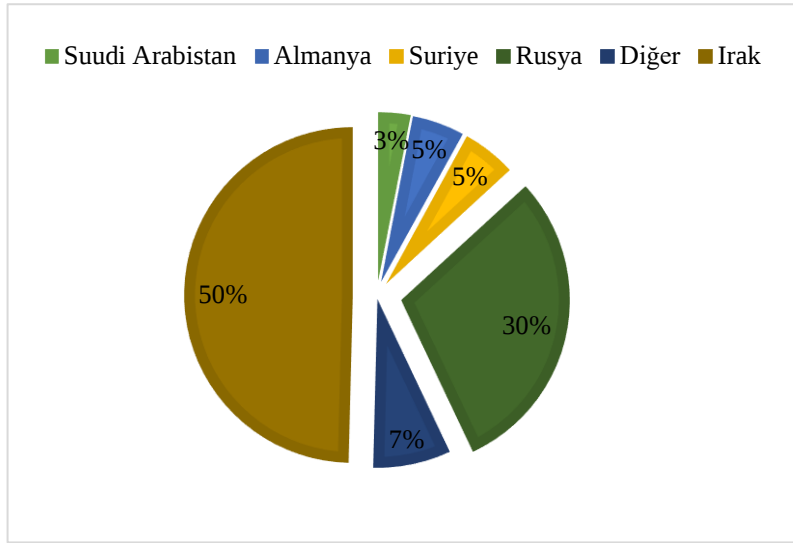
Veriler	2015	2016	2017	2018	2019	% Değişim
Alan (bin ha)	599	593	560	549	-	-2.1
Verim (kg/ha)	7039	8310	8511	6995	-	-17.8
Üretim	3934	4926	4769	3839	-	-19.5
Taze Kayısı İthalatı	278	316	395	381	392	3
Taze Kayısı İhracatı	321	333	412	462	451	-2.4
Kuru Kayısı İthalatı	111	131	142	144	143	-0.6
Kuru Kayısı İhracatı	141	135	149	139	154	11.3
Kuru Kayısı İhracatı	2941	2943	2595	2411	2288	-51

Yapılan araştırmalarda 2018 yılında Dünyada 549 bin ha (hektar) alanda kayısı yetiştiriciliği yapılmış olup, ülkemizde bu alanın % 22.9'u bulunmaktadır (URL-4, 2021). Ülkemizden sonra bu üretim alanı sıralamasında İran, Özbekistan, Cezayir ve Pakistan gelmektedir. Taze kayısı yetiştirilmesi 2018 yılında önceki seneye göre % 19.5 oranında düşerek 3.8 milyon ton olmuştur. Türkiye'nin 2019 yılı kuru kayısı ihracatında önemli ülkeler şekil 1.8'de gösterildiği gibi % 11 ile ABD, % 7.5 ile Fransa, % 7.3 ile Rusya, % 6.2 ile Almanya, % 5.1 ile Birleşik Krallık ve % 62.8 ile diğer ülkeler gelmektedir (URL-2, 2021).



şekil 1.8. Türkiye kuru kayısı ihracatında önemli ülkelerin (%) oranları (URL-2, 2021).

Ülkemizin 2019 yılındaki taze kayısı ihracatında başlıca ülkelere bakmak gerekirse, % 49.6 ile Irak, % 29.8 ile Rusya, % 5.2 ile Suriye, % 5 ile Almanya, % 3 ile Suudi Arabistan ve % 7.4 ile diğer ülkeler şekil 1.9'da gösterilmektedir.



Şekil 1.9. Türkiye taze kayısı ihracatında önemli ülkelerin (%) oranları (URL-2 2021).

Dünya ile kıyaslandığında, ülkemiz 750 bin ton ile kayısı meyvesi ile zirveyi bırakmazken, ülkemizi 494 bin ton ve 342 bin ton üretim ile sırasıyla Özbekistan ve İran takip etmektedir. 2019 yılında 93 bin ton kayısı ihracatı ile İspanya Dünya birinciliğinde bulunmaktadır. Ülkemiz de 68 bin ton ile İspanya'nın ardından gelmektedir. Ülkemizde 2019 yılında 864 bin ton kayısı yetiştirilmiştir. Kayısı yetiştiriciliğinde büyük bir payı olan Malatya ili, 392 bin ton kayısı ile Ülkemiz rekoltesinin % 46.3'ünü karşılamaktadır. İkinci sırada Mersin ili 140 bin ton, üçüncü sırada 65 bin tonluk kayısı ile Elazığ ili gelmektedir. Ülkemizde kuru kayısı üretiminde ise Malatya ili ilk sırada yer almaktadır (URL-2, 2021).

Tablo 1.2. Türkiye kayısı verileri (URL-5, 2020).

Veriler	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	% Değişim
Alan (1000 da)	1169	1.222	1248	1261	1268	0.5
Verim (kg/ağaç)	18	44	47	62	45	-27.4
Üretim	278.210	696.100	749.050	1.006.653	769.927	-23.5
Tüketim	46.633	126.845	213.832	226.613	193.663	-14.5
Stok Değişimi	-83.000	132.782	24.718	181.200	-8.841	-104.9
İthalat	7.480	8.215	3912	3.864	10.503	171.8
İhracat	306.317	404.422	464.358	540.719	546.431	1.1

1.3.1. Kabaasıının özellikleri

Kabaasıı kayısı çeşidi diğer kayısı çeşitlerine göre soğuk hava şartlarına ve susuzluğa daha dirençli olması ve daha az fire vermesi nedeniyle son dönemlerde sıklıkla tercih edilen kayısı çeşidi olmuştur (Resim 1.1). Meyvecilik Araştırma Enstitüsü'nün yaptığı çalışmalar ve araştırmalar sonucunda bu durum tespiti yapılmıştır (Nazlı, 2010). Yapılan çalışmalarda Kabaasıı kayısının meyve ağırlığının Tablo 1.3'de gösterildiği gibi 39.24 g olduğu, çekirdek ağırlığının ise 2.02 g olduğu tespit edilmiştir (Asma ve ark., 1998; Nazlı ve ark., 2009).

Kabaasıı kayısı çeşidinin % kuru madde miktarı 23.68, suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM) % 22.60, pH'sının 5.14, titrasyon asitliği % 0.26 olduğu uçucu aromatik bileşenleri ise, meyve aromasını karakterize eden Limonene olgun kabaasııda 0.40 µg/kg taze meyve olarak belirlenmiştir (Karabulut ve ark., 2018). Başka bir çalışmada kabaasıı kuru madde, pH, Titrasyon asitliği, indirgen şeker, sakkaroz miktarı sırasıyla 22.18, 4.87, 0.38, 5.38 g/100 g, 2.66 g/100 g olarak belirlenmiştir (Karataş ve Şengül, 2020).

Tablo 1.3. Kabaasıı çeşidinin pomolojik özellikleri (Asma, 1998; Nazlı, 2010).

Çeşit	Kabaasıı
Meyve eni (cm)	39,25
Meyve Boyu (cm)	39,54
Meyve Yüksekliği (cm)	42,41
Meyve Ağırlığı (g)	39,24
Suda Çözünen Kuru Madde	18-24,2
Asitlik	0,31
pH	4,5
Çekirdek Ağırlığı (g)	2,02
Sertlik	1.74
Renk (L, a, b)	+72,25 +6,65 +47,75

Kayısı, kısmen yüksek solunum hızına ve hızlı olgunlaşma sürecine bağlı olarak, çok kısa bir depolama ömrüne sahip olan iklimsel bir meyvedir. Kayısının raf ömrünü uzatmak için, kontrollü atmosferlerde konserve, dondurma, kurutma ve paketlenme gibi farklı koruma yöntemleri geliştirilmiştir (Jimenez ve ark., 2008).

Bu çalışmada kabaası cinsi kayısı örneklerinin, ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası sıcak hava ile kurutularak incelenmesi amaçlanmıştır. Kuruma kinetik değerleri (su kaybı, katı kazanımı, etkin difüzyon katsayısı ve kuruma süresi) ve kalite parametreleri (renk değişimi, Hue açısı değeri, kroma, sertlik ve rehidrasyon oranı) üzerine işlem sürecine ait çözelti konsantrasyonu, süre ve sıcaklık bağımsız değişkenlerinin etkilerinin yanıt yüzey yöntemi, Box-Behnken deneme planına göre modellenerek optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.



2. MATERİYAL VE METOT

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan kabaası tipi kayısı Elazığ ili Baskil ilçesi Karoğlu köyünden temin edildi (38° 37' 33.8" Kuzey enlemleri 38° 38' 30.39" doğu boylamı). Kayısların analizleri yapılmaya kadar +4 °C'de muhafaza edildi. Ozmotik dehidrasyon çözeltilerinin eldesi için gerekli olan sakkaroz yerel bir marketten alınarak belirlenmiş konsantrasyonlarda hazırlandı.



Resim 2.1. Kabaası ağacı ve meyvesi

2.2. Metot

2.2.1. Ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon işleminin uygulanması

Ozmotik dehidrasyon işleminde kullanılacak olan sakkaroz çözeltisi % 50, % 60 ve % 70 (ağırlık/ağırlık) olarak hazırlandı. Örnek/çözelti oranı 1:4 olarak belirlendi. Sağlam ve uniform görünümdeki kayıslar seçilerek ayrıldı. Belirlenen kayıslar Sinbo marka meyve ve sebze dilimleyicisinin içerisine konularak 1 cm³ (1x1x1)'lük küpler haline getirilecek şekilde doğrandı. Tüm denemeler için kayısının aynı bölgesinden örnekler alındı. İşlemin ultrases uygulaması, 40 kHz frekans ve 300 watt güçte ultrasonik banyo (Jeitech UC-10, Kore) kullanılarak gerçekleştirildi. Ultrases işleminden kaynaklı sıcaklık dalgalanmalarını önlemek amacıyla yeni bir reaktör tasarlandı. Tasarlanan reaktörün içine soğutucuya

(Julaba, 900F model, Seelbach, Almanya) bağı sıcaklık sensörü daldırıldı. Sıcaklık belirtilen değerde sabit tutuldu. Ayrıca reaktör kabının vakumu (80 kPa) bir vakum pompa (LAB312 Dr-VAC 400 Tayvan) aracılığıyla sağlandı.

Sıcaklık, süre ve çözelti konsantrasyonunun etkisinin gözlemlenmesi amacıyla yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneme planına göre çalışma koşulları oluşturuldu. Belirlenen işlem koşullarında çalışmalar gerçekleştirildi. İşlem uygulanmış örneklerin yüzeyindeki çözelti, absorbant özellikteki kağıt havlu yardımıyla yavaşça alınarak kurutma işlemi için hazır hale getirildi.

2.2.2. Sıcak hava ile kurutma işlemi

Ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası, kısmi suyu uzaklaştırılmış örneklerin kurutulması bilgisayar destekli tepsili kurutucuda (edibon, Sbang, Madrid, İspanya) gerçekleştirildi. Örnekler 65 °C sıcaklıkta, 1.5 m/s hava akımında, % 20 oranında nem kalıncaya kadar kurutuldu. Örneklerin homojen kuruması için tepsi üzerine dizilerek birbiri ile teması kesildi. Örneklerin denge neme ulaşması takip edilerek kurutma işlemi tamamlandı. İşlemin doğruluğu, nem ölçer (Radwag-MA-50R, Polonya) kullanılarak sağlandı. Örneklerin kuruma süreleri ve zamana göre ağırlık değerleri kaydedildi.

2.2.3. Analiz yöntemleri

2.2.3.1. Ozmotik dehidrasyon parametreleri (su kaybı ve katı kazanımı)

Ozmotik dehidrasyon işlemi esnasında örneklerdeki su kaybı (SK) ve katı kazanımı (KK) değerleri, aşağıdaki denklemler (Eşitlik 2.1 ve Eşitlik 2.2) yardımıyla hesaplandı (Özdemir ve ark., 2008).

$$\text{Su Kaybı} = \frac{S_0 - (A - K_t)}{K_0 - S_0} \times 100 \quad (2.1)$$

$$\text{Katı Kazanımı} = \frac{K_t - K_0}{K_0 - K_t} \times 100 \quad (2.2)$$

S_0 : Ozmotik dehidrasyon öncesinde meyvedeki su miktarı (g)

A : Ozmotik dehidrasyon sonunda meyve ağırlığı (g)

K_t : Ozmotik dehidrasyon sonunda meyvedeki kuru madde miktarı (g)

K_0 : Ozmotik dehidrasyon öncesinde meyvedeki kuru madde miktarı (g)

2.2.3.2. Etkin difüzyon katsayısının belirlenmesi

Sıcak hava ile kurutulan örneklerin nem içeriği değerleri Eşitlik 2.3'e göre hesaplandı.

$$MC = \frac{w_t - w_d}{w_d} \quad (2.3)$$

Denklemden w_t ; t anındaki ağırlığı, w_d ; kuru madde ağırlığını temsil etmektedir.

Örneklere ait nem oranı Eşitlik 2.4'e göre hesaplandı. m_t ; anındaki nem içeriği, m_e ; denge nem içeriği ve m_i ; başlangıçtaki nem içeriğini yansıtmaktadır.

$$MR = \frac{m_t - m_e}{m_i - m_e} \quad (2.4)$$

Meyve ve sebzelerin kurutma işleminde en önemli kütle transfer parametrelerinden biri etkin difüzyon katsayısıdır. Su, ısı etkisiyle ürünün hücrelerarası boşluklardan ve kılcallardan yüzeye doğru akmaya başlamaktadır (Çelen, 2010). Gıda yüzeyinden suyun difüzyon katsayısı hesaplanırken Eşitlik 2.5'de verilen fick difüzyon yasasından yararlanıldı (Crank, 1975).

$$MR = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp \left[(-2n-1)^2 \pi^2 \frac{D_{eff}}{4L^2} t \right] \quad (2.5)$$

Burada MR ; nem oranını, t ; zaman s (saniye), L ; örneğin kalınlığının yarısını, m ; (metre) etkin difüzyon katsayısını (m^2/s) oluşturmaktadır (Azoubel ve ark., 2010).

Uzun kurutma süreleri için Eşitlik 2.5 daha basitleştirilerek ve serinin ilk terimleri kullanılarak Eşitlik 2.6 oluşturulabilmektedir (Goyal ve ark., 2006).

Eşitlik 2.6'nın bir doğru denklemi olduğu ve zamana karşı $\ln (MR)$ grafiğinin eğiminden (Eşitlik 2.7) etkin difüzyon katsayısı hesaplandı (Çalışkan ve Dirim, 2017).

$$\ln MR = \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \right) - \left(\pi^2 \frac{D_{eff}}{4L^2} t \right) \quad (2.6)$$

$$Slope = \pi^2 \frac{D_{eff}}{4L^2} \quad (2.7)$$

2.2.3.3. pH, titrasyon asitliği ve suda çözünür kuru madde miktarı

Titrasyon asitliği ve pH değerlerini belirleyebilmek için 5g homojen kayısı örneğine 50 ml saf su ilave edilerek pH metre (Termo Scientific, Orion3Star, Singapur) ile ölçümler alındı. Karışım süzülerek elde edilen süzüntü pH 8.1 oluncaya kadar 0.1N NaOH çözeltisi ile titre edildi. Sonuçlar g sitrik asit/100g olarak hesaplandı (Serradilla ve ark., 2011). Suda çözünür kuru madde değeri Cemeroğlu 2010'un belirttiği şekilde refraktometrenin (HI96801, Hanna Marka, ABD) haznesine damlatıldıktan sonra briks değeri olarak ölçüldü.

2.2.3.4. Renk değerleri

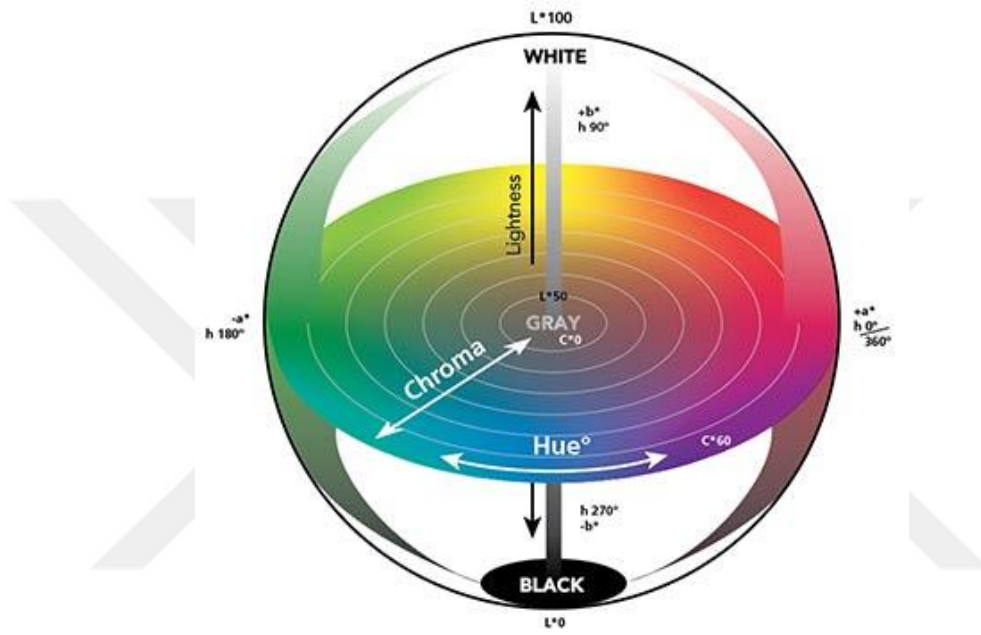
Taze ve işlem uygulanmış ve sıcak hava ile kurutulmuş örneklerin renk ölçümleri için renk ölçüm cihazı (Konica Minolta CR-400, Japonya) kullanıldı. Cihaza konulan örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri okundu. Her örnek için 5 kez okuma işlemi yapıldı. Bu sistemde a (+) 60 kırmızılığı, a (-) 60 yeşillliği, b (+) 60 sarılığı, b (-) 60 maviliği, L değeri ise (100) parlaklığı ve (0) siyahlığı temsil etmektedir.

$$\Delta E = \sqrt{(L-L_i)^2 + (a-a_i)^2 + (b-b_i)^2} \quad (2.8)$$

$$Hue\ Açısı = \tan^{-1} \frac{b}{a} \quad (2.9)$$

$$Chroma = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2.10)$$

Eşitlik 2.8'deki denkleme göre hesaplanan değerler renk değişimini (ΔE) ifade etmektedir. Eşitlik 2.9'da verilen denklemin hue açısı değerini 0 (kırmızı), 90 sarı, 180 (yeşil), 270 maviliği temsil etmekte ve rengin tonunu belirlemektedir (Şekil 2.1) Eşitlik 2.10'da ise elde edilen kroma değeri (0-60) renk yoğunluğunu ya da diğer adıyla doygunluğunu yansıtmaktadır. Kroma değeri arttıkça renk daha saf görülmektedir (Karabulut, 2007).



Şekil 2.1. Hunter renk skalası (URL-6, 2021).

2.2.3.5. Kuru madde miktarı

Homojen hale getirilmiş kayısıdan 3 g alınarak etüvde (Wisd, Wiseven-Won-155, Almanya) 75 °C sıcaklıkta sabit değere gelinceye kadar kurutuldu. Etüve konulmadan önceki yaş ağırlığı ile kurutma sonrası kuru ağırlığı kaydedildi. Bu işlem üç paralelli olacak şekilde gerçekleştirildi ve sonuçlar % olarak hesaplandı. (AOAC, 1995; James, 1995).

2.2.3.6. Tekstür analizi

Örneklerin sertlik (firmness) değerleri, Tekstür analyser (TA-Xt plus Stable Micro Systems, Surrey UK) cihazı aracılığıyla belirlendi. Örnekler cihaz platformunun merkezine

yerleştirilerek extendet craft knife paslanmaz çelik kesme probuyla ortadan kesildi. İlk test hızı 1 mm/s, test hızı 2 mm/s ve test sonrası hızı 10 mm/s olarak uygulandı. Her deneme planı on paralelli olacak şekilde test edildi.

2.2.3.7. Rehidrasyon oranı

Kurutulmuş kayısı örneklerinin rehidrasyon oranı, içinde saf su bulunan bir kapta, 50 °C sıcaklıktaki su banyosunda, 50 dakika boyunca bekletilerek gerçekleştirildi. İşlem sonrası örneklerin yüzeyindeki su kağıt havlu ile giderildi. Örneklerin rehidrasyon oranları Eşitlik 2.9'a göre hesaplandı. (Cui ve ark., 2008).

$$\text{Rehidrasyon Oranı} = \frac{R_r}{R_d} \quad (2.9)$$

Denklemden R_r : Su almış örneklerin ağırlığını (g), R_d : kuru örneklerin ağırlığını (g) temsil etmektedir.

2.3. Yanıt Yüzey Metodu ve İstatistiksel Değerlendirme

Kayısı küplerine ait ultrases destekli vakum ozmotik ön işlem şartlarının modellenmesi ve optimizasyonu için yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneme planı uygulandı (Box ve Behnken, 1960). Kayısının ozmotik ön işleminde etkili bağımsız parametreler; konsantrasyon (X_1 , % w/w), zaman (X_2 , dakika) ve sıcaklık (X_3 , °C) olarak belirlendi. Deney tasarımı kullanılan bağımsız değişkenler ve bu değişkenlere ait aralık ve seviyeler Tablo 2.1'de verildi. Deneysel tasarım ve yanıtların değerlendirilmesi için Design-Expert Version 11 (Statease Inc. ABD) paket programı kullanıldı.

Tablo 2.1. Ultrases destekli vakum ozmotik ön işlemleri için bağımsız değişkenlerin kodlanmış seviyeleri

Bağımsız değişkenler	Birim	Kod	Kodlanmış seviyeleri		
			-1	0	+1
Konsantrasyon	% (w/w)	X ₁	50	60	70
Zaman	dk	X ₂	30	60	90
Sıcaklık	°C	X ₃	30	40	50

Kullanılan Box-Behnken deney tasarımında her bir faktör üç düzeye sahiptir. Deneysel hataları istatistiksel olarak belirleyebilmek için merkezi noktalardan (n_c) 5 tekrar uygulandı. Eşitlik 2.10 kullanılarak üç bağımsız değişkenli (k) deneme planına göre yapılacak toplam deney sayısı (N) 17 olarak belirlendi.

$$N = 2[k(k-1)] + n_c = 2[3(3-1)] + 5 = 17 \quad (2.10)$$

Tablo 2.2. Box-Behnken deneme desenine göre çalışma koşulları

Çalışma sırası	Bağımsız değişkenler		
	Konsantrasyon (w/w)	Süre (dakika)	Sıcaklık (°C)
1	60	60	40
2	60	60	40
3	70	60	50
4	60	30	30
5	60	90	50
6	50	60	30
7	50	60	50
8	70	60	30
9	50	30	40
10	60	60	40
11	70	30	40
12	60	30	50
13	60	90	30
14	60	60	40
15	70	90	40
16	60	60	40
17	50	90	40

Yanıt yüzey metodunda yaygın olarak iki önemli model kullanılmaktadır. Eşitlik 2.11’de gösterilen denklem birinci dereceden denklemi ifade etmektedir. Genellikle

bağımsız değişkenler ile yanıt arasındaki ilişkiyi tanımlayan ikinci dereceden polinomial denklem modeli Eşitlik 2.12’de verildi (Myers ve Montgomery, 1995; Khuri ve Mukhopadhyay, 2010).

$$Y = \beta_0 + \sum_{k=0}^n \beta_i x_i \quad (2.11)$$

$$Y = \beta_0 + \sum_{k=0}^n \beta_i x_i + \sum_{i < j}^3 \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} x_i^2 \quad (2.12)$$

Modelde, Y: yanıt (su kaybı, katı kazanımı, kuruma süresi, etkin difüzyon katsayısı, rehidrasyon oranı, sertlik, hue değeri ve kroma değerlerini), β_0 sabit faktör, X_i (i =1–3) değişkenler (konsantrasyon, süre ve sıcaklık), β_i doğrusal, β_{ii} ikinci dereceden ve β_{ij} (i ve j = 1–3) ikili etkileşimlerine ait katsayıları ifade etmektedir. Box-Behnken deneme planı kullanılarak oluşturulan beş merkez noktalı deney tasarımı Tablo 2.2’de belirtilmektedir. Modelin etkinliği değerlendirilirken; belirleme katsayısı (R^2), düzeltilmiş belirleme katsayısı ($Adj.R^2$), tahmini belirleme katsayısı ($Pred.R^2$), uyum eksikliği (Lack of fit) testi, tahmini kalıntı hata kareleri toplamı (PRESS) değerleri dikkate alındı (Kaplan ince ve ark., 2017). Bağımsız değişkenlerin yanıtlar üzerindeki etkisi varyans analizi (ANOVA) ile belirlendi. Varyans analizi tablosunda her bir bağımsız değişkenin doğrusal, ikinci dereceden ve ikili etkileşimlerinin yanıtlara ait anlamlılık seviyeleri %95 güven düzeyinde F-testi (fisher test) uygulanarak belirlendi. Modelin yanıtı ifade etmede uygun olup olmadığı uyum eksikliği testi ise belirlendi. Uyum eksikliği testinin modele uygun olması için istatistiksel olarak anlamsız ($p>0.05$) olması gerekir. Bu sebeple en yüksek p değerine sahip model tercih edildi (Ortakçı, 2011).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Kayısının Bazı Fizikokimyasal Parametreleri

Taze Kabaası kayısı örneklerine ait bazı karakteristik değerler Tablo 3.1’de verilmiştir. Kayısı örneklerinin ağırlık değerlerinin 34.6 g olduğu tespit edilmiştir. Karabulut ve ark., (2018) olgun kabaası örneklerinin ağırlığını 34.82 g olarak belirlemişlerdir. Kalite değerlendirmesinde büyük öneme sahip L^* , a^* , b^* renk değerlerinin sırasıyla 72.09, 8.5 ve 38.9 olduğu ve elde edilen değerlerin literatürle yakın ilişkide olduğu gözlenmiştir (Demir, 2016; Karabulut ve ark., 2018; Karataş ve Şengül 2020). Kuru madde, pH ve titrasyon asitliği değerlerinin de literatürle uyumlu olduğu görülmüştür (Karataş ve Şengül, 2018).

Tablo 3.1. Kabaası kayısına ait bazı karakteristik değerler

Parametreler	Ort $\pm$ standart sapma
Ağırlık	34.6 $\pm$ 0.45
Kuru madde (%)	22.47 $\pm$ 0.67
S.Ç.K.M (Briks)	21.12 $\pm$ 0.35
pH	4.65 $\pm$ 0.03
Titrasyon Asitliği(%)	0.37 $\pm$ 0.01
a_w	0.947 $\pm$ 0.04
Renk Değerleri	
L^*	72.1 $\pm$ 1.27
a^*	8.5 $\pm$ 0.93
b^*	38.9 $\pm$ 0.89
Kroma	77.65 $\pm$ 1.21
Hue	39.83 $\pm$ 0.97

3.2. Deneysel Sonuçlar

Box-Behnken deneysel tasarımına göre belirlenmiş çalışma koşullarında gerçekleştirilen ultrases destekli vakum ozmotik ön işlemden elde edilen yanıtlara ait deneysel değerler Tablo 3.2’de verilmiştir. Bağımsız değişkenlerin yanıtlar üzerindeki etkilerini tespit etmek, optimizasyonu meydana getirecek model denklemini belirlemek ve üç boyutlu yanıt yüzey grafiğini oluşturmak için elde edilen verilerin her biri paket programında ayrı ayrı işlenmiştir. Yanıtlar; belirleme katsayıları ve model katsayılarına göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Tablo 3.2. Box-Behnken deneme planına göre bağımsız değişkenler ve yanıtların deneysel değerleri

Bağımsız değişkenler				Yanıt								
Koşul	Konsantrasyon (w/w)	Süre (dk)	Sıcaklık (°C)	Su kaybı %	Katı kazanımı %	Kuruma süresi (dk)	Etkin difüzyon katsayısı (m ² /s)	Rehidrasyon oranı	Sertlik (g)	ΔE	Hue	Kroma
1	60	60	40	29.81	6.12	420	7.284	1.85	275.47	16.21	67.50	35.81
2	60	60	40	30.63	6.34	435	6.624	1.78	260.50	14.21	65.20	36.95
3	70	60	50	37.78	7.82	305	8.925	1.74	288.25	8.69	73.28	37.74
4	60	30	30	18.92	3.21	490	7.099	2.03	216.21	24.36	67.95	33.56
5	60	90	50	36.43	8.25	310	8.755	1.72	310.31	7.09	72.94	36.85
6	50	60	30	14.64	2.70	520	6.633	2.04	211.55	26.82	68.31	34.64
7	50	60	50	25.61	5.83	415	7.277	1.83	265.48	16.63	67.15	34.25
8	70	60	30	28.02	6.37	420	7.125	1.89	271.87	17.06	69.76	36.14
9	50	30	40	16.64	3.21	500	6.642	1.98	220.42	28.35	63.94	32.20
10	60	60	40	29.71	6.15	435	7.016	1.78	275.73	14.54	68.96	34.82
11	70	30	40	29.12	5.22	425	8.026	1.81	268.30	15.97	64.00	35.82
12	60	30	50	25.64	5.11	450	7.698	1.81	252.77	24.59	57.95	32.23
13	60	90	30	24.21	4.98	465	7.571	1.93	259.44	21.84	62.33	34.24
14	60	60	40	28.45	5.71	435	7.676	1.82	271.46	15.90	65.18	35.25
15	70	90	40	36.24	8.53	310	8.863	1.71	301.50	10.87	73.42	36.45
16	60	60	40	31.12	6.22	435	7.125	1.78	280.99	15.87	67.91	35.90
17	50	90	40	24.63	5.31	445	7.499	1.83	283.39	14.87	67.17	36.16
T						-	-	-	199.93	-	77.65	39.83
NT						600	6.846	1.69	283.16	27.41	61.22	36.56

T: taze, NT: ön işlemsiz kurutma

3.2.1. Su kaybı

Yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneysel tasarım yaklaşımına göre farklı çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığı uygulamalarının su kaybı oranları üzerinde meydana getirdiği değişimi ortaya koyan ikinci dereceden polinomial model denklemi gerçek değerleri cinsinden Eşitlik 3.1’de verilmiştir.

$$\text{Su kaybı} = -126.43 + 2.62940X_1 + 0.223392X_2 + 1.91794X_3 - 0.000725X_1X_2 - 0.003025X_1X_3 + 0.004583X_2X_3 - 0.015370X_1^2 - 0.001944X_2^2 - 0.018945X_3^2 \quad (3.1)$$

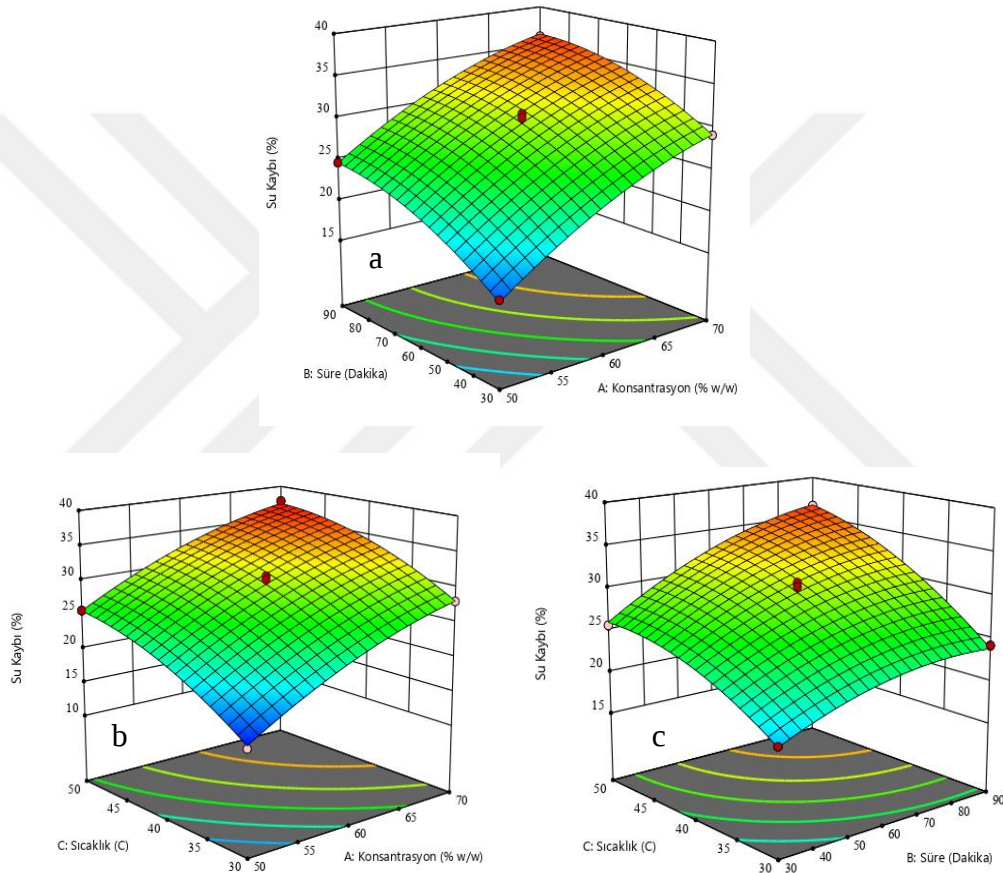
Tablo 3.3. Kayısı küplerinin su kaybı değerlerine ait varyans analizi tablosu

Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F-değeri	P-değeri
Model	676.81	9	75.20	106.50	< 0.0001
X ₁ -Konsantrasyon	308.02	1	308.02	436.20	< 0.0001
X ₂ -Süre	121.60	1	121.60	172.21	< 0.0001
X ₃ -Sıcaklık	196.71	1	196.71	278.58	< 0.0001
X ₁ X ₂	0.1892	1	0.1892	0.2680	0.6206
X ₁ X ₃	0.3660	1	0.3660	0.5184	0.4949
X ₂ X ₃	7.56	1	7.56	10.71	0.0136
X ₁ ²	9.95	1	9.95	14.09	0.0071
X ₂ ²	12.89	1	12.89	18.25	0.0037
X ₃ ²	15.11	1	15.11	21.40	0.0024
Artık	4.94	7	0.7061		
Uyum eksikliği	0.7846	3	0.2615	0.2516	0.8570
Saf hata	4.16	4	1.04		
Toplam	681.76	16			
R²	0.993				
Gerçekleşen R²	0.983				
Tahmini R²	0.972				

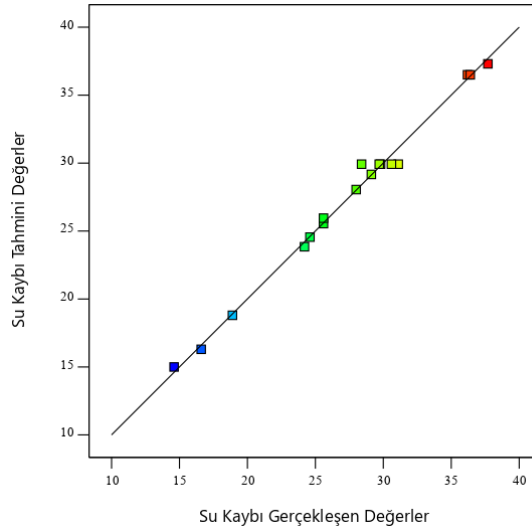
Uygulanan işlemde su kaybı oranı değerlendirilirken modele ait F-değeri (106.50) yüksek olması istatistiksel olarak (p<0.05) önemli olduğu göstermektedir (Tablo 3.3). Önerilen kuadratik modele ait belirleme katsayısı değerleri R², Ger. R² ve Tah. R² sırasıyla 0.992, 0.983 ve 0.972 olarak tespit edilmiştir. Su kaybı değerleri için modelin belirleme katsayısının 0.992 olarak hesaplanmış olması, gerçekleşen değerlerle tahmini değerlerin uyumluluğunun yüksek olduğunu belirtmektedir. Önerilen kuadratik modele ait önemli parametrelerden bir diğeri olan uyum eksikliği incelendiğinde, model ile değerler arasında herhangi bir uyum eksikliğinin (p>0.05) önemli olmadığı görülmüştür. En uygun model

tespit edilirken göz önünde bulundurulan PRESS değerin (19.05) karşılaştırılan modeller içerisinde en düşük kuadratik modelde olduğu görülmüştür (Ek Tablo 3C).

Varyans analiz tablosu incelendiğinde su kaybı değerleri için Konsantrasyon, süre ve sıcaklık bağımsız değişkenlerinin etkisinin ($p < 0.05$) anlamlı düzeyde olduğu, ikinci dereceden değişimlerin etkisinin ($p < 0.05$) önemli olduğu, ikili etkileşiminden ise sadece süre sıcaklık ($p < 0.05$) için önemli olduğu görülmektedir.



Şekil 3.1. Su kaybına ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık



Şekil 3.2. Su kaybına ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi

Ozmotik işlem uygulanmış kayısı küplerinin su kaybı değerlerinin üç boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 3.1’de verilmiştir. Şekil 3.1 incelendiğinde vakum ultrases destekli ozmotik ön kurutma işleminde, süre ve çözelti konsantrasyonundaki artışın su kaybı değerlerini de arttırdığı görülmektedir. Topdaş ve Ertugay (2013), kayısı örneklerinin ultrases destekli ozmotik kurutma işlemi sonrası su kaybı değerlerinin benzer sonuçlar verdiği, ultrases destekli ozmotik kurutma işleminin sadece ozmotik kurutma işlemi ile kıyaslandığında etkinliğinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Kroehnke ve ark., (2021) kivi meyvesine uyguladıkları ultrases destekli ozmotik kurutma işlemine ait su kaybı değerlerinin sadece ozmotik kurutma işlemi uygulanmış örneklerle göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Bu işlemle su kaybındaki ana etkinin, sıvı ortamdaki ultrases kaynaklı kavitasyonlar olduğunu, katı yüzeye yakın üretilen kabarcıkların asimetrik patlamaları olduğunu, yüzey yönünde mikro akışlar ve ara yüzde yoğun mikro karıştırma oluşturmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir (Fernandes ve ark., 2006; Cárcel ve ark., 2007; Ozuna ve ark., 2014; Azoubel ve ark., 2015; Corrêa ve ark., 2016).

Şekil 3.1 a’da konsantrasyon ve sıcaklık bağımsız değişkenlerindeki artışın su kaybı değerlerini de yükselttiği görülmektedir. 3.1 c’de ise süre ve sıcaklık parametrelerinin su kaybı değerlerini arttırdığı belirlenmiştir. Bununla birlikte konsantrasyonun su kaybı üzerindeki etkisinin diğer parametrelerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Su kaybı değerinin % 37.78 ile en yüksek ölçüldüğü şartların; % 70 çözelti konsantrasyonu, 60 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı koşullarına olduğu,

en düşük su kaybı değerinin % 14,64 ile % 50 çözelti konsantrasyonu, 60 dakika işlem süresi ve 30 °C işlem sıcaklığında (Tablo 3.1) elde edildiği belirlenmiştir.

Su kaybı oranı için gerçekleşen (deneysel) değerler ve geliştirilen model denklemleri kullanılarak elde edilen tahmini değerler arasındaki ilişki Şekil 3.2’de verilmiştir. Şekil 3.2 incelendiğinde, gerçekleşen değerler ile tahmini değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

3.2.2. Katı kazanımı

Yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneysel tasarımına göre bağımsız değişkenlerin katı kazanımı oranları üzerinde meydana getirdiği değişimi ortaya koyan ikinci dereceden polinomial model denklemi gerçek değerler cinsinden Eşitlik 3.2’de verilmiştir.

$$\text{Katı kazanımı} = -24.2185 + 0.39243X_1 - 0.00763X_2 + 0.548575X_3 + 0.00101X_1X_2 - 0.0042X_1X_3 + 0.0011142X_2X_3 - 0.001240X_1^2 - 0.000463X_2^2 - 0.00304X_3^2 \quad (3.2)$$

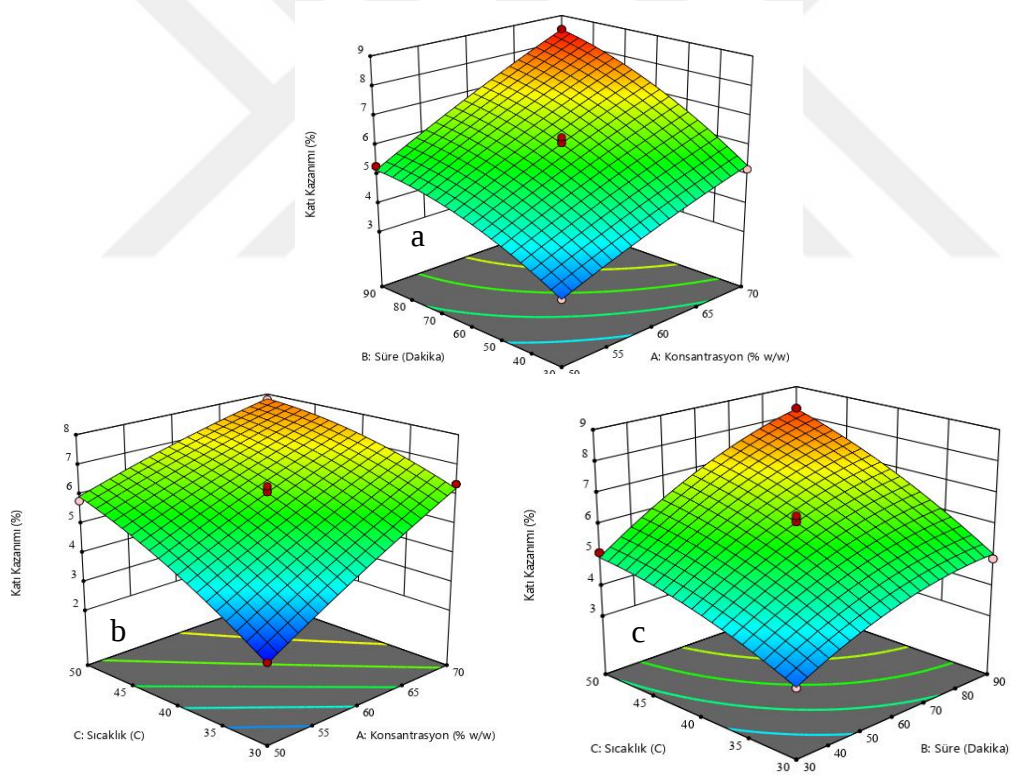
Tablo 3.4. Kayısı küplerinin katı kazanımı değerlerine ait varyans analizi tablosu

Kaynak		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F-değeri	P-değeri
Model		42.85	9	4.76	102.70	< 0.0001
X ₁ -Konsantrasyon		14.82	1	14.82	319.72	< 0.0001
X ₂ -Süre		13.31	1	13.31	287.13	< 0.0001
X ₃ -Sıcaklık		11.88	1	11.88	256.29	< 0.0001
X ₁ X ₂		0.3660	1	0.3660	7.89	0.0262
X ₁ X ₃		0.7056	1	0.7056	15.22	0.0059
X ₂ X ₃		0.4692	1	0.4692	10.12	0.0155
X ₁ ²		0.0647	1	0.0647	1.40	0.2759
X ₂ ²		0.7304	1	0.7304	15.75	0.0054
X ₃ ²		0.3891	1	0.3891	8.39	0.0231
Artık		0.3246	7	0.0464		
Uyum eksikliği		0.0979	3	0.0326	0.5757	0.6609
Saf hata		0.2267	4	0.0567		
Toplam		43.18	16			
R²	0.993					
Gerçekleşen R²	0.983					
Tahmini R²	0.956					

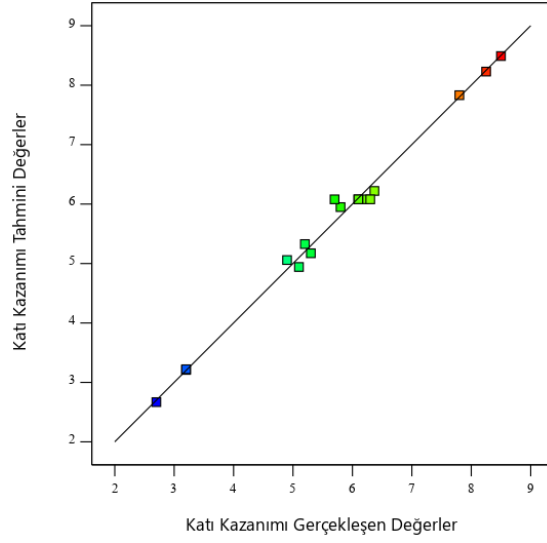
Box-Behnken deneme planına göre katı kazanımı yanıtına ait varyans analizi değerleri Tablo 3.4’de verilmiştir. Katı kazanımı oranının model F-değerinin (102.70) yüksek olması istatistiksel olarak (p<0.05) önemli olduğu göstermektedir. Önerilen

kuadratik modele ait PRESS değeri incelendiğinde, 1.92 ile karşılaştırılan diğer modellere göre en düşük düzeyde olduğu(Ek Tablo 3E) ayrıca modelin uyum eksikliğinin ($p>0.05$) olmadığı görülmektedir. Katı kazanımı değerlerinin kuadratik modele ait R^2 , Ger. R^2 ve Tah. R^2 değerlerinin sırasıyla 0.993, 0.983 ve 0.956 olduğu tespit edilmiştir. Katı kazanımı değerleri için modelin belirleme katsayısının 0.993 olarak hesaplanmış olması, gerçekleşen değerlerle tahmini değerlerin uyumluluğunun yüksek olduğunu belirtmektedir.

Katı kazanımına ait varyans analiz tablosu incelendiğinde, konsantrasyon, süre ve sıcaklık bağımsız değişkenlerinin etkisinin ($p<0.05$) anlamlı düzeyde olduğu, ikili etkileşim parametrelerinin tamamı istatistiksel olarak ($p<0.05$) anlamlı olduğu, ikinci dereceden parametrelerden konsantrasyonun ise ($p>0.05$) etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. Katı kazanımına ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık



Şekil 3.4. Katı kazanımına ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi

Katı kazanımı değerlerine ait bağımsız değişkenlerin üç boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 3.3’de verilmiştir. İşlem süresi, konsantrasyon ve sıcaklığın katı kazanımı değerlerini yükselttiği görülmüştür. Varyans analizi sonuçlarının da üç boyutlu grafikleri desteklediği tespit edilmiştir. Katı kazanımı değerleri 2.70 ila 8.53 aralığında bulunmuştur (Tablo 3.2). En düşük katı kazanımı değeri % 50 çözelti konsantrasyon, 60 dakika işlem süresi ve 30 °C işlem sıcaklığında gerçekleştirilen çalışma koşulunda % 2.70 olarak tespit edilmiştir. Fan ve ark., (2019) tatlı patatesin ultrases destekli ozmotik kurutulmasında çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığı parametrelerinin su kaybı üzerine etkisinin önemli olduğunu vurgulamıştır. Topdaş ve Ertugay (2013), kayısı örneklerine uyguladıkları ultrases destekli ozmotik işlemin, işlem uygulanmamış örnekler göre katı kazanımının daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır. Benzer bir çalışmada Li ve ark., (2021) 10, 20 ve 30 dakika ultrases uygulanmış erik örneklerinin ozmotik işleme tabi tutulması sonucu en yüksek değer 30 dakika uygulanmış örneklerde tespit edildiğini belirtmiştir. Domates hurmasının 10, 20 ve 30 dakika 45° briks’lik sakkaroz çözeltisinde ultrases ile muamelesi sonrası 70° briks’lik sakkarozda ozmotik ön işleme tabi tutulması sonunda 30 dakika işlem gören örneklerin en yüksek değere ulaştığı ve ultrases uygulamalarının kütle transfer sürecini hızlandığı belirtilmiştir (Bozkir ve ark., 2019). Katı kazanımı değerindeki bu artışlar; ozmotik kurutmada ultrases ön işlemin bitki dokusunda mikroskobik kanalları oluşturması, hücre adhezyonunu zayıflatması ve hücre duvarlarında boşluklar ile çatlaklar oluşturması olarak açıklanabilmektedir (Rodriguez ve ark., 2009).

Katı kazanımı oranı için gerçekleşen (deneysel) değerler ve geliştirilen model denklemleri kullanılarak elde edilen tahmini değerler arasındaki ilişki Şekil 3.4’de verilmiştir. Şekil 3.4 incelendiğinde gerçekleşen değerler ile tahmini değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

3.2.3. Kuruma süresi

Yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneysel tasarımına göre farklı çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığının kuruma süresi üzerinde meydana getirdiği değişimi ortaya koyan ikinci dereceden polinomiyal model denklemi gerçek değerleri cinsinden Eşitlik 3.3’de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Kuruma süresi} = & +42.25 + 14.2X_1 + 5.36083X_2 + 5.3625X_3 - 0.05X_1X_2 - \\ & 0.025X_1X_3 - 0.095833X_2X_3 - 0.128750X_1^2 + 0.000972X_2^2 - 0.041250X_3^2 \end{aligned} \quad (3.3)$$

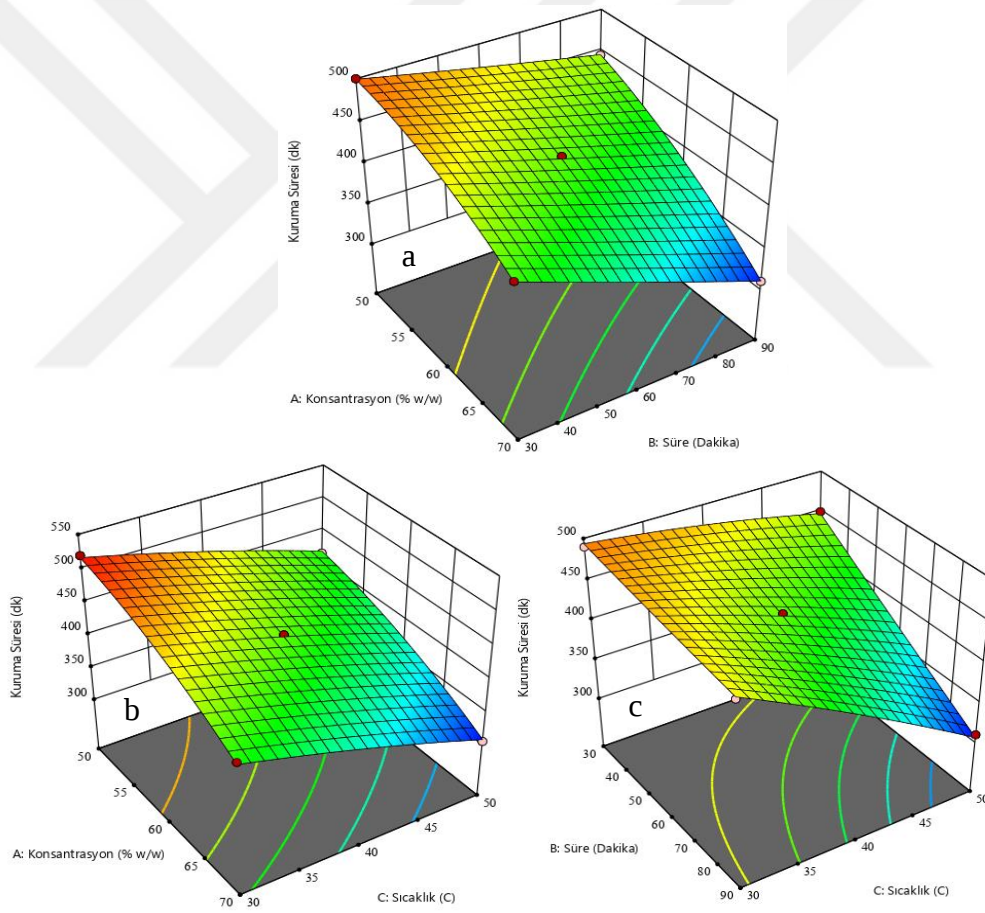
Tablo 3.5. Kayısı küplerinin kuruma sürelerine ait varyans analizi tablosu

Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F-değeri	P-değeri
Model	62632.87	9	6959.21	186.47	< 0.0001
X ₁ -Konsantrasyon	22050.00	1	22050.00	590.81	< 0.0001
X ₂ -Süre	14028.12	1	14028.12	375.87	< 0.0001
X ₃ -Sıcaklık	21528.13	1	21528.13	576.83	< 0.0001
X ₁ X ₂	900.00	1	900.00	24.11	0.0017
X ₁ X ₃	25.00	1	25.00	0.6699	0.4401
X ₂ X ₃	3306.25	1	3306.25	88.59	< 0.0001
X ₁ ²	697.96	1	697.96	18.70	0.0035
X ₂ ²	3.22	1	3.22	0.0864	0.7774
X ₃ ²	71.64	1	71.64	1.92	0.2084
Artık	261.25	7	37.32		
Uyum eksikliği	81.25	3	27.08	0.6019	0.6473
Saf hata	180.00	4	45.00		
Toplam	62894.12	16			
R²	0.996				
Gerçekleşen R²	0.991				
Tahmini R²	0.975				

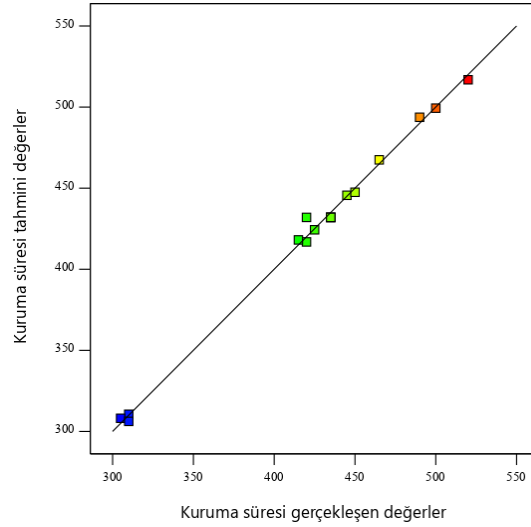
Box-Behnken deneme planına göre kuruma süresi yanıtına ait varyans analizi değerleri Tablo 3.5’te verilmiştir. Kuruma süresinin model F-değerinin (186.47) yüksek olması istatistiksel olarak (p<0.05) önemli olduğu göstermektedir Önerilen kuadratik modele ait PRESS değeri incelendiğinde, 1581.25 ile karşılaştırılan diğer modellere göre

en düşük düzeyde hesaplandığı (Ek Tablo 3Ğ) ayrıca modelin uyum eksikliğinin ($p>0.05$) olmadığı görülmektedir. Kuruma süresi değerlerine ait kuadratik modele göre R^2 , Ger. R^2 ve Tah. R^2 sırasıyla 0.996, 0.990 ve 0.975 olduğu tespit edilmiştir. Kuruma süresi değerleri için modelin belirleme katsayısının 0.996 olarak hesaplanmış olması, gerçekleşen değerlerle tahmini değerlerin uyumluluğunun yüksek olduğunu belirtmektedir.

Ozmotik ön işlem sonrası kayısı küplerinin kuruma süresinin kuadratik modele göre verilen varyans analizi değerleri incelendiğinde; doğrusal etkileşimlerin tamamının, ikili etkileşimlerden ise konsantrasyon-süre ve konsantrasyon-sıcaklığın ($p<0.05$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Süre ve sıcaklığa ait ikinci dereceden değişimlerin ($p>0.05$) önemli olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.5. Kuruma süresine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık



Şekil 3.6. Kuruma süresine ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi

Kuruma süresi değerlerine ait bağımsız değişkenlerin üç boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 3.5'te verilmiştir. Ozmotik ön işlem sonrası kurutulmuş örneklerin kuruma süreleri 305 ile 520 dakika arasında gerçekleşmiştir. % 70 çözelti konsantrasyonu, 60 dakika ve 50 °C sıcaklıkta kuruma süresinin en düşük olduğu görülmüştür. Şekil 3.5 a incelendiğinde, işlem süresindeki uzamanın ve çözelti konsantrasyonundaki artışın kuruma süresini kısalttığı ve bu durumun su kaybı değerindeki artıştan kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Şekil 3.5 b incelendiğinde, konsantrasyon ve sıcaklık bağımsız değişkenlerinin kuruma süresi üzerinde negatif etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Ön işlemsiz kayısı örneklerinin kuruma süresinin, % 70 çözelti konsantrasyon, 60 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı koşullarına ait kuruma süresinden % 96.72 daha uzun sürede tamamlandığı görülmüştür (Tablo 3.2). İşlem görmemiş örneklerin kuruma süresi 600 dakika iken işlem görmüş örnekler içerisinde en uzun değer (50 konsantrasyon, 60 dakika ve 30 °C sıcaklık) 520 dakika olduğu belirlenmiştir. Burada özellikle yüksek işlem koşullarının kuruma süresini ciddi şekilde düşürdüğü belirlenmiştir. Bozkir ve ark., (2019) kontrol grupları ile karşılaştırıldığında ultrases destekli ozmotik kurutma işleminin domates hurma örneklerinin kuruma süresini önemli derecede kısalttığını tespit etmiştir. İşlem görmemiş ananas halkalarının 40 °C sıcaklıkta kuruma süresinin 7.1 saat iken, 40 dakika ozmotik ön işleme tabi tutulduktan sonra 70 °C sıcaklıkta ultrases destekli kurutma işlemi uygulandığında bu değer 1.6 saate kadar düştüğü ifade edilmiştir (Correa ve ark, 2017). Benzer şekilde başka bir çalışmada, iki farklı ultrases güç (45 watt ve 90 watt)

uygulanmış örneklerin kuruma süresinin ultrases uygulanmamış örneklerle göre sırasıyla % 30 ve % 45 daha kısa olduğu tespit edilmiştir (Garcia-Perez ve ark., 2012). Literatür incelemeleri sonucunda, işlem görmemiş örneklerle kıyaslandığında ultrases uygulanmış örneklerin kuruma süresinin önemli ölçüde azaldığı dikkati çekmiştir. Bu durum, ultrases dalgalarının materyal üzerinde meydana getirdiği alternatif genişlemeler ve sıkıştırmalar ile açıklanmıştır. Bu mekanizma sıkılıp bırakılan bir sünTahe benzediği için sünTah etkisi de denilmektedir. Meyve üzerinde ultrasesden kaynaklı sürekli değişen hava basıncı kütle transferinde de artışa neden olarak suyun uzaklaştırılmasını hızlandırmıştır (GallegoJuárez ve ark., 1999; Cárcel ve ark., 2007; Garcia-Perez ve ark., 2006; Garcia-Perez ve ark., 2007).

Kuruma süresi için gerçekleşen (deneysel) değerler ve geliştirilen model denklemleri kullanılarak elde edilen tahmini sonuçlar arasındaki ilişki Şekil 3.6'da verilmiştir. Şekil 3.6 incelendiğinde, gerçekleşen değerler ile tahmini değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

3.2.4. Etkin difüzyon katsayısı

Yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneysel tasarımına göre farklı çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığının etkin difüzyon katsayısı üzerinde meydana getirdiği değişimi ortaya koyan ikinci dereceden polinmiyal model denklemi gerçek değerleri cinsinden verilmiştir (Eşitlik 3.4).

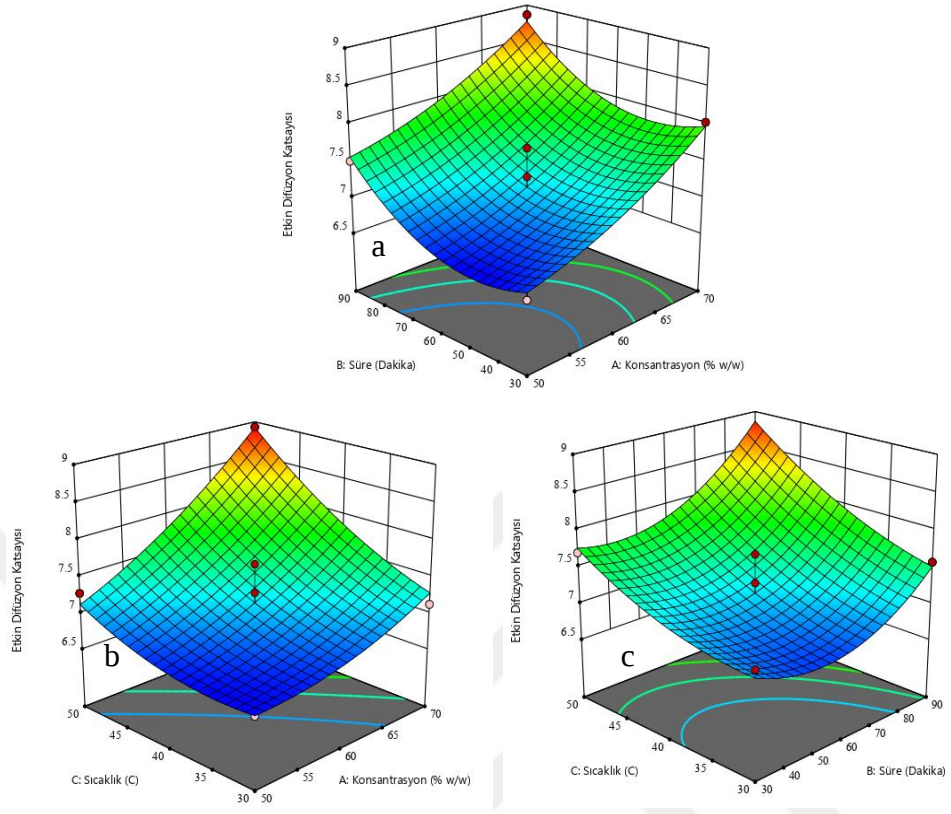
$$D_{eff} = +19.15 - 0.247X_1 - 0.0653X_2 - 0.297X_3 - 0.0000017X_1X_2 + 0.0030X_1X_3 + 0.000488X_2X_3 + 0.001609X_1^2 + 0.000502X_2^2 + 0.00184X_3^2 \quad (3.4)$$

Tablo 3.6. Kayısı örneklerinin etkin difüzyon katsayısı değerlerine ait varyans analizi tablosu

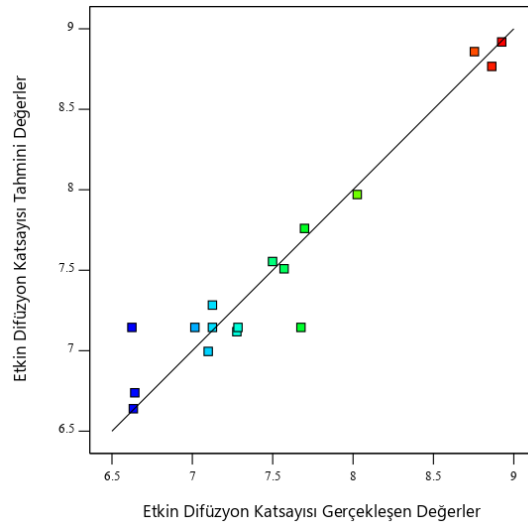
Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F-değeri	P-değeri
Model	8.14	9	0.9047	9.13	0.0041
X ₁ -Konsantrasyon	2.99	1	2.99	30.12	0.0009
X ₂ -Süre	1.30	1	1.30	13.10	0.0085
X ₃ -Sıcaklık	2.23	1	2.23	22.53	0.0021
X ₁ X ₂	0.0001	1	0.0001	0.0010	0.9756
X ₁ X ₃	0.3341	1	0.3341	3.37	0.1090
X ₂ X ₃	0.0856	1	0.0856	0.8630	0.3838
X ₁ ²	0.1090	1	0.1090	1.10	0.3293
X ₂ ²	0.8588	1	0.8588	8.66	0.0216
X ₃ ²	0.1427	1	0.1427	1.44	0.2692
Artık	0.6940	7	0.0991		
Uyum eksikliği	0.1042	3	0.0347	0.2356	0.8676
Saf hata	0.5898	4	0.1474		
Toplam	8.84	16			
R²	0.922				
Gerçekleşen R²	0.821				
Tahmini R²	0.707				

Box-Behnken deneme planına göre etkin difüzyon katsayısı yanıtına ait varyans analizi değerleri verilmiştir (Tablo 3.6). Önerilen lineer modele ait PRESS değeri incelendiğinde 2.59 ile karşılaştırılan diğer modellere göre en düşük düzeyde olduğu (Ek Tablo 3İ) ayrıca modelin uyum eksikliğinin ($p>0.05$) olmadığı görülmektedir. Etkin difüzyon katsayısı değerlerine ait lineer modele ait R^2 , Ger. R^2 ve Tah. R^2 değerlerinin sırasıyla 0.922, 0.821 ve 0.707 olduğu tespit edilmiştir. Etkin difüzyon katsayısı değerleri için modelin belirleme katsayısının 0.922 olarak hesaplanmış olması, gerçekleşen değerlerle tahmini değerlerin uyumluluğunun yüksek olduğunu belirtmektedir.

Etkin difüzyon katsayısına ait varyans analizi tablosu incelendiğinde konsantrasyon, süre ve sıcaklık bağımsız değişkenleri ve sürenin ikinci dereceden etkisinin ($p<0.05$) anlamlı düzeyde olduğu tespit edildi. İkili etkileşimlerin tamamının ($p>0.05$) istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Etkin difüzyon katsayısına ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık



Şekil 3.8. Etkin difüzyon katsayısına ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi

Çözelti konsantrasyonu, işlem sıcaklığı ve işlem süresi bağımsız değişkenlerinin etkin difüzyon katsayısını etkilediği görülmüştür. Etkin difüzyon katsayısı değerlerinin 6.624×10^{-10} ile 8.925×10^{-10} m²/s aralığında olduğu görülmüştür (Tablo 3.2). İşlem görmemiş kayısı küplerinin etkin difüzyon katsayısının 6.846×10^{-10} olduğu tespit edilmiştir. En yüksek değerin elde edildiği koşuldaki etkin difüzyon katsayısı değeri, İşlem görmemiş örnekler göre % 30.37 daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve sıcaklık değerlerindeki artışın çalışma koşullarına ait etkin difüzyon katsayısını arttırdığı belirlenmiştir. Kayısı küplerinin % 70 sakkaroz konsantrasyonu, 60 dakika daldırma süresi ve 50 °C daldırma sıcaklığı koşullarında etkin difüzyon katsayısının 8.925×10^{-10} m²/s olduğu, % 70 Sakkaroz konsantrasyonu, 60 dakika işlem süresi ve 30 °C sıcaklık koşullarında 7.125×10^{-10} m²/s olduğu ve % 50 sakkaroz konsantrasyonu, 90 dakika daldırma süresi ve 40 °C daldırma sıcaklığı koşullarında etkin difüzyon katsayısının 7.499×10^{-10} m²/s olduğu tespit edilmiştir. Etkin difüzyon katsayısına bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren üç boyutlu yanıt yüzey grafiği Şekil 3.7 incelenmiştir. Konsantrasyon süre ikilisinin üç boyutlu yanıt yüzey grafiği incelendiğinde ikili değerlerindeki artışın etkin difüzyon katsayısını arttırdığı belirlenmiştir (Şekil 3.7. a)

Fernandes ve ark., (2008) kavun örneklerine 20 ve 30 dakika boyunca sulu ortamda ultrases uygulanmıştır. Kavunlar 30, 60 ve 120 dakika sürelerde % 70 sakkaroz çözeltisine daldırıldıktan sonra hava ile kurutulmuştur. Farklı uygulama ve kombinasyonların etkin difüzyon katsayısı incelendiğinde; işlem görmemiş, 30 dakikalık ultrases uygulaması, 60 dakika ozmotik uygulaması ve 120 dakikalık ozmotik uygulamasına ait değerlerin sırasıyla; 5.00×10^{-9} m²/s, 6.97×10^{-9} m²/s, 6.29×10^{-9} m²/s ve 8.55×10^{-9} m²/s olduğu tespit edilmiştir. Guava örneklerine uygulanan ultrases destekli ozmotik ön işlem sonrası örneklerin hava ile kurutulması neticesinde etkin difüzyon katsayıları incelendiğinde; ozmotik kurutma ve ultrases destekli ozmotik ön işlemin etkin difüzyon katsayısını pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir. İşlem görmemiş guava örneklerinin 1.5×10^{-9} m²/s, 35° briks’lik sakkaroz çözeltisinde 1.6×10^{-9} m²/s, 75° briks’lik sakkaroz çözeltisinde 2.00×10^{-9} m²/s, 35° briks’lik çözelti + Ultrases uygulamasında 1.8×10^{-9} m²/s ve 70° briks’lik çözelti+ Ultrases uygulamasında 2.1×10^{-9} m²/s olarak belirlenmiştir (Kek ve ark., 2013). Bu çalışmalar ışığında kayısı küplerinin artan çözelti konsantrasyonu, sıcaklık ve süre parametrelerinin etkin difüzyon katsayılarında benzer eğilimde olduğu hesaplanmıştır. Kuruma süresinin en kısa olduğu % 70 çözelti konsantrasyonu, 60 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı deney şartlarında, etkin difüzyon katsayısının da en yüksek olması

verilerin birbirini desteklediği şeklinde yorumlanmıştır. Prithani ve Dash (2020), yaptıkları çalışmada kivi dilimlerine farklı sıcaklıklarda uyguladıkları ozmotik ön işlem ile ultrases destekli ozmotik ön işleme ait etkin difüzyon katsayısını incelenmiştir. Bu incelemede, ozmotik ön işlem sıcaklığı arttıkça ultrases destekli ozmotik ön işlem uygulanmış kivi dilimlerine ait etkin difüzyon katsayısının da arttığı tespit edilmiştir. Benzer eğilim kayısı küplerinde de görülmektedir. Bu durum; sıcaklık artışının su moleküllerini harekete geçirerek partikül içindeki su transferini hızlandırması ve ultrases ön işlemin bitki dokusunda mikroskobik kanalları oluşturması, hücre adhezyonunu zayıflatması ve hücre duvarlarında boşluklar ile çatlaklar oluşturması şeklinde açıklanabilmektedir (Rodríguez ve ark., 2009; Gamboa-Santos ve ark., 2014). Fakat genel yorumun dışında farklı yaklaşımlar da söz konusudur. Rastogi ve ark., (2002) ve Mercali ve ark., (2011), ozmotik dehidrasyon işleminin homojen olmayan bir nem gradyenti geliştirdiği bu durumun sabit olmayan etkin difüzyona sebep olduğunu belirtmiştir. Porciuncula ve ark., (2013) yaptıkları çalışmada örneğin nem içeriğindeki düşüşe paralel olarak difüzyon katsayısının düştüğünü belirlemişlerdir. Bu düşüşün sebebinin, sakkaroz kazanımı ve yüksek sıcaklık uygulamalarının hücre duvarının denatürasyonu ile ilişkilendirileceğini vurgulamışlardır. Bu etkenlerin meyve hacminin azalmasına neden olduğu ve büzüşme ile plazmolizin difüzyon katsayısını düşürdüğü belirtmiştir.

Etkin difüzyon katsayısı için gerçekleşen (deneysel) değerler ve geliştirilen model denklemleri kullanılarak elde edilen tahmini değerler arasındaki ilişki Şekil 3.8’de verilmiştir. Şekil 3.8 incelendiğinde, gerçekleşen değerler ile tahmini değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

3.2.5. Rehidrasyon oranı

Yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneysel tasarım yaklaşımına göre farklı çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığı uygulamalarının rehidrasyon oranları üzerinde meydana getirdiği değişimi ortaya koyan ikinci dereceden polinomiyal model denklemi gerçek değerleri cinsinden Eşitlik 3.5’de verilmiştir.

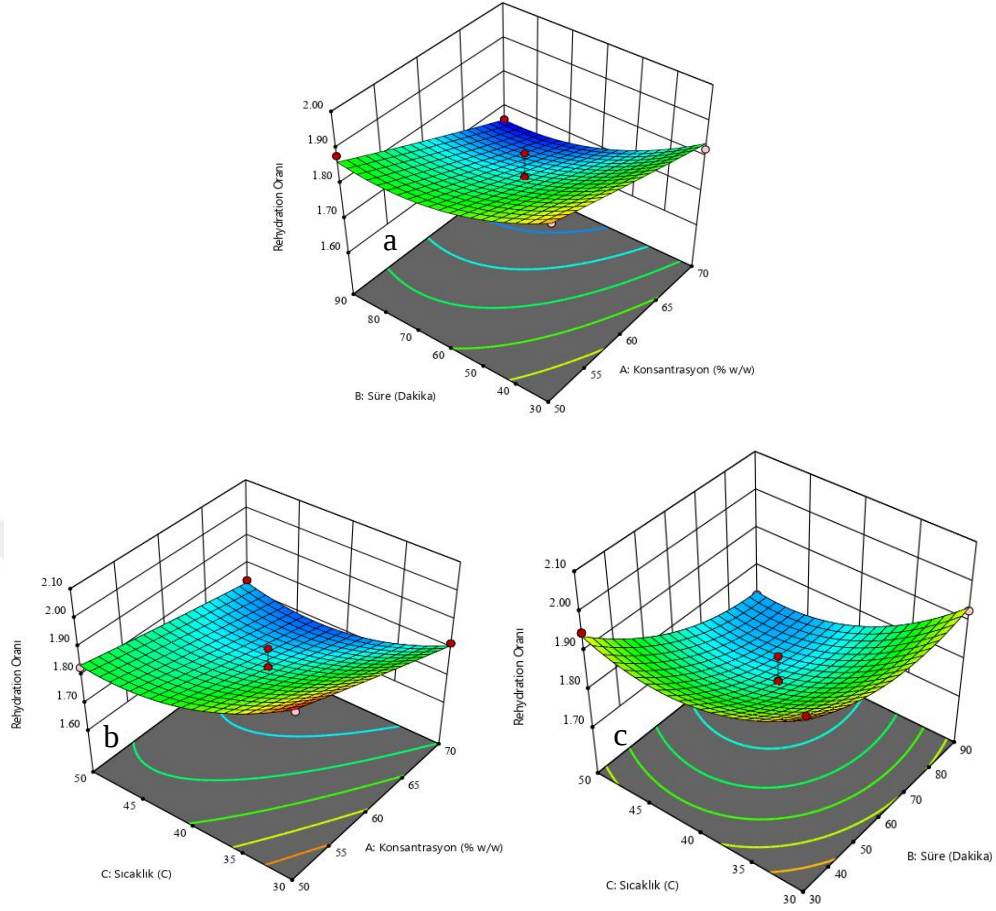
$$\begin{aligned} \text{Rehidrasyon oranı} = & +4.776 - 0.034581X_1 - 0.006484X_2 - 0.0644X_3 - \\ & 0.000042X_1X_2 + 0.000150X_1X_3 + 8.213E - 06X_2X_3 - 0.000162X_1^2 + 0.000015X_2^2 + \\ & 0.000561X_3^2 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Tablo 3.7. Kayısı küplerinin rehidrasyon oranlarına ait varyans analizi tablosu

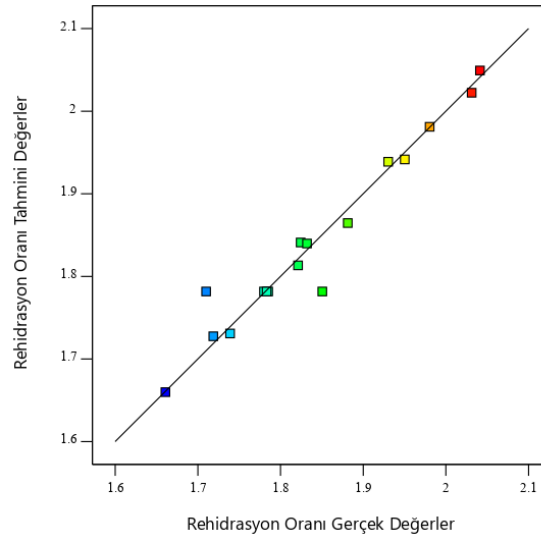
Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F-değeri	P-değeri
Model	0.1565	9	0.0174	22.92	0.0002
X ₁ -Konsantrasyon	0.0354	1	0.0354	46.66	0.0002
X ₂ -Süre	0.0245	1	0.0245	32.26	0.0008
X ₃ -Sıcaklık	0.0790	1	0.0790	104.04	< 0.0001
X ₁ X ₂	0.0006	1	0.0006	0.8236	0.3943
X ₁ X ₃	0.0009	1	0.0009	1.19	0.3108
X ₂ X ₃	0.0000	1	0.0000	0.0320	0.8632
X ₁ ²	0.0011	1	0.0011	1.45	0.2674
X ₂ ²	0.0008	1	0.0008	1.02	0.3451
X ₃ ²	0.0133	1	0.0133	17.48	0.0041
Artık	0.0053	7	0.0008		
Uyum eksikliği	0.0013	3	0.0004	0.4393	0.7374
Saf hata	0.0040	4	0.0010		
Toplam	0.1618	16			
R²	0.967				
Gerçekleşen R²	0.925				
Tahmini R²	0.831				

Box-Behnken deneme planına göre rehidrasyon oranı yanıtına ait varyans analizi değerleri Tablo 3.7’de verilmiştir. Rehidrasyon oranının model F-değerinin (22.92) yüksek olması istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli olduğu göstermektedir. Önerilen kuadratik modele ait PRESS değeri incelendiğinde 0.0273 ile karşılaştırılan diğer modellere göre en düşük düzeyde hesaplandığı (Ek Tablo 3L) ayrıca modelin uyum eksikliğinin olmadığı ($p > 0.05$) görülmektedir. Rehidrasyon oranı değerlerine ait kuadratik modelin belirleme katsayısı değerlerinin R^2 , Ger. R^2 ve Tah. R^2 sırasıyla 0.967, 0.925 ve 0.831 olduğu tespit edilmiştir. Rehidrasyon oranı değerleri için modelin belirleme katsayısının 0.967 olarak hesaplanmış olması, gerçekleşen değerlerle tahmini değerlerin uyumluluğunun yüksek olduğunu belirtmektedir.

Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kayısı küplerinin tekrar su alma oranına ait kuadratik modele göre verilen varyans analizi değerleri incelendiğinde; doğrusal etkileşimlerin ve sıcaklığa ait ikinci dereceden değişimlerin ($p < 0.05$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.9. Rehidrasyon oranına ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık



Şekil 3.10. Rehidrasyon oranına ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi

Rehidrasyon oranı değerlerine ait bağımsız değişkenlerin üç boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 3.9'da verilmiştir. İşlem süresinin, sakkaroz konsantrasyonunun ve işlem sıcaklığının rehidrasyon oranına negatif etki ettiği, bu durumun ozmotik ön işlem sırasında dokulara nüfuz eden ozmotik ajandan kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Rehidrasyon oranı değerleri 1.72 ile 2.04 aralığında hesaplanmıştır. İşlem görmemiş kayısı kurularındaki rehidrasyon oranı 1.69 olarak belirlenmiştir. En yüksek rehidrasyon oranına sahip deney koşullarının % 50 çözelti konsantrasyonu, 60 dakika işlem süresi ve 30 °C işlem sıcaklığında gerçekleştiği görülmüştür (Tablo 3.2). Lagnika ve ark., (2017) ozmotik kurutma, haşlama, ultrases uygulaması, ultrases+ozmotik kurutma gibi farklı uygulamalar sonrası mikrodalga ile kurutulan tatlı patatesin rehidrasyon oranının en yüksek ultrases örneklerinde görüldüğünü tespit etmiştir. Jin ve ark., (2019) işlem görmemiş kavunlarla karşılaştırıldığında ultrases uygulanmış örneklerin rehidrasyon oranının daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Uzun süre ultrases uygulanmış elma küplerinin rehidrasyon oranının kısa sürelerle kıyaslandığında daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (Dehghannya ve ark., 2020). Ultrases destekli ozmotik ön işlem uygulanmış örnekler, ozmotik ön işlem uygulanmış ve işlem uygulanmamış örneklerle kıyaslandığında daha yüksek rehidrasyon kapasitelerine sahip kuru kayısılar elde edildiği ortaya çıkmıştır (Vayghan ve ark., 2020). Ricce ve ark., (2016) ultrases işlemi uygulanan ve 60 °C sıcaklıkta kurutulan havuç dilimleri ile kıyaslandığında, ön işlemsiz kurutulan örneklerin rehidrasyon oranının daha düşük olduğu ayrıca kurutma sıcaklığının yükselmesi ile rehidrasyon oranının düştüğü belirtilmiştir. Benzer eğilimler bu çalışmada da gözlenmiştir. Bu durum yüksek sıcaklığın daha büyük yapısal zararlara neden olmasıyla açıklanabilse de ultrases uygulanmış kayısı küplerinin en yüksek işlem sıcaklığının 50 °C olmasından dolayı mevcut çalışma sonuçlarını desteklemediği düşünülmüştür. Şekil 3.9 a incelendiğinde, konsantrasyon-süre değişkenlerine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiğinde her iki değerdeki artışın rehidrasyon oranını azalttığı belirlenmiştir.

Rehidrasyon oranı için gerçekleşen (deneysel) değerler ve geliştirilen model denklemleri kullanılarak elde edilen tahmini değerler arasındaki ilişki Şekil 3.10'da verilmiştir. Şekil 3.10 incelendiğinde, gerçekleşen değerler ile tahmini değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

3.2.6. Sertlik

Yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneysel tasarım yaklaşımına göre farklı çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığı uygulamalarının sertlik değerleri üzerinde meydana getirdiği değişimi ortaya koyan ikinci dereceden polinomial model denklemi gerçek değerleri cinsinden Eşitlik 3.6’da verilmiştir.

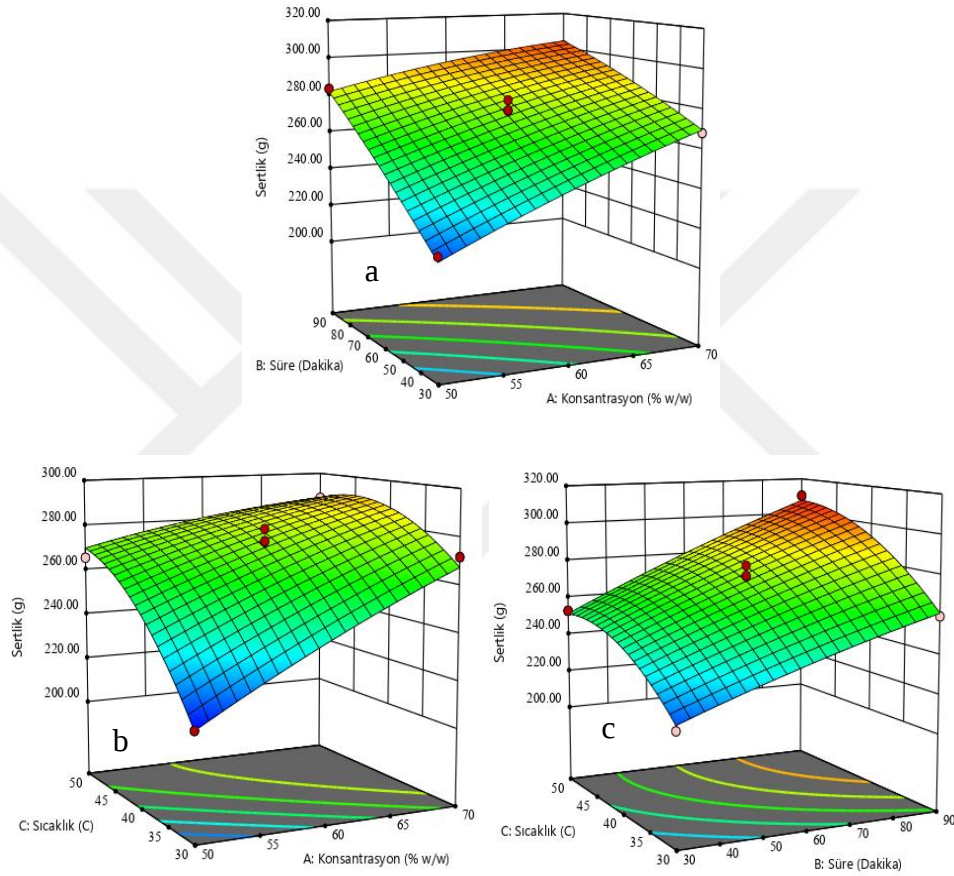
$$\text{Sertlik} = -525.94750 + 9.99840X_1 - 2.10032X_2 + 15.79285X_3 - 0.024805X_1X_2 - 0.093865X_1X_3 + 0.011935X_2X_3 - 0.024100X_1^2 - 0.002241X_2^2 - 0.111315X_3^2 \quad (3.6)$$

Tablo 3.8. Kayısı küplerinin sertlik değerlerine ait varyans analizi tablosu

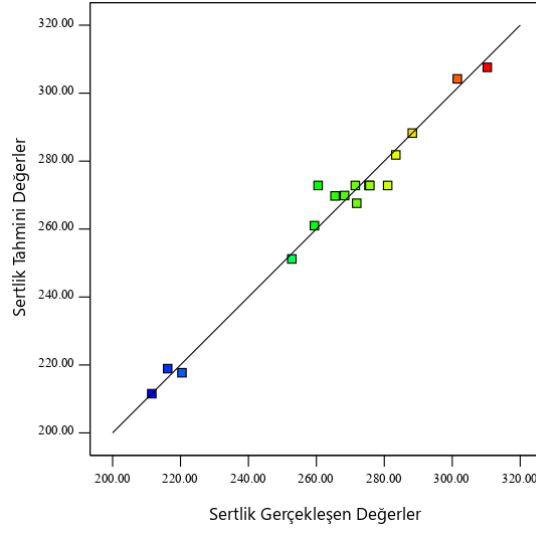
Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F-değeri	P-değeri
Model	11953.84	9	1328.20	29.82	< 0.0001
X ₁ -Konsantrasyon	2778.11	1	2778.11	62.38	< 0.0001
X ₂ -Süre	4847.88	1	4847.88	108.86	< 0.0001
X ₃ -Sıcaklık	3110.55	1	3110.55	69.85	< 0.0001
X ₁ X ₂	221.50	1	221.50	4.97	0.0610
X ₁ X ₃	352.43	1	352.43	7.91	0.0260
X ₂ X ₃	51.28	1	51.28	1.15	0.3188
X ₁ ²	24.46	1	24.46	0.5491	0.4828
X ₂ ²	17.12	1	17.12	0.3844	0.5549
X ₃ ²	521.73	1	521.73	11.72	0.0111
Artık	311.74	7	44.53		
Uyum eksikliği	75.87	3	25.29	0.4289	0.7437
Saf hata	235.87	4	58.97		
Toplam	12265.58	16			
R²	0.975				
Gerçekleşen R²	0.942				
Tahmini R²	0.871				

Box-Behnken deneme planına göre sertlik yanıtına ait varyans analizi verilmiştir (Tablo 3.8). Sertlik değerine ait model F-değerinin (29.82) yüksek olması istatistiksel olarak (p<0.05) önemli olduğu göstermektedir. Önerilen kuadratik modelin PRESS değeri incelendiğinde ise (1582.46) karşılaştırılan diğer modellere göre en düşük düzeyde hesaplandığı (Ek Tablo 3O) ayrıca modelin uyum eksikliğinin önemsiz (p>0.05) olduğu görülmektedir. Sertlik değerlerine ait kuadratik modelin R², Ger. R² ve Tah. R² değerlerinin sırasıyla 0.975, 0.942 ve 0.871 olduğu tespit edilmiştir. Sertlik değerleri için modelin belirleme katsayısının 0.975 olarak hesaplanmış olması, gerçekleşen değerlerle tahmini değerlerin uyumluluğunun yüksek olduğunu belirtmektedir.

Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kayısı küplerinin tekstürünü temsil eden sertlik değerine ait kuadratik modele göre verilen varyans analizi değerleri incelendiğinde, doğrusal etkileşimlerin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. ikili etkileşimlerinden ise konsantrasyon-süre, süre-sıcaklığın ($p>0.05$) istatistiksel olarak önemli olmadığı fakat işlem sıcaklığına ait ikinci dereceden değişimlerin ($p<0.05$) önemli olduğu tespit edilmiştir.

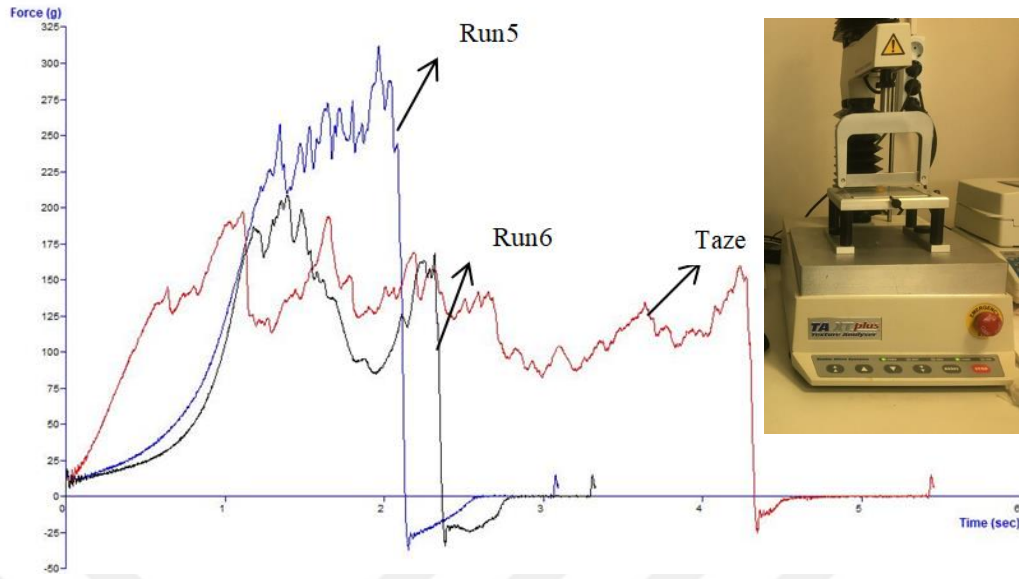


Şekil 3.11. Sertlik değerine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık



Şekil 3.12. Sertlik değerine ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi

Meyvelerde yapısal (tekstürel) kalite parametrelerinden biri olan sertlik değerlerine ait bağımsız değişkenlerin üç boyutlu grafikleri Şekil 3.11’de verilmiştir. İşlem süresi, çözelti konsantrasyonu ve çözelti sıcaklığının sertlik üzerinde etkili olduğu ve her üç parametredeki artışın sertlik değerini de arttırdığı görülmüştür. Sertlik değerinin % 50 çözelti konsantrasyonu, 60 dakika işlem süresi ve 30°C işlem sıcaklığı koşullarında 211.55 g ile en düşük; % 60 çözelti konsantrasyonu, 90 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı koşullarında ise 310.31 g ile en yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 3.13). En yüksek sertlik değerinin işlem görmemiş taze örneklerle göre % 46.68 oranında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.13. Taze ve işlem görmüş kayısı küplerinde kesme kuvvetinin zamana bağlı değişim grafiği

Silva Junior ve ark., (2018) papaya örneklerine uyguladıkları ultrases destekli vakum kurutma işlemi sonucunda sertlik değerlerinin taze örneklerle göre yükseldiğini ve en düşük değerin taze örneklerde olduğunu tespit etmiştir. Bu sonuçlar, ultrases destekli ozmotik kurutma işleminin kayısı küplerinin sertlik değerlerini arttırdığı şeklinde yorumlanabilmektedir. Gabaldon Leyva ve ark., (2007) farklı sıcaklıklarda ultrases uygulanmış dolmalık biberin delme gücüyle karşılaştırıldığında işlem görmemişlerin değerlerinin daha düşük olduğunu kaydetmiştir. Ön işleme tabi tutulmamış sıcak hava ile kurutulmuş kayısı örneklerinin sertlik değerlerinin taze örneklerle göre çok yüksek olması, hava ile kurutulmuş kayısılarda gözlenen daha fazla büzülme, yüzey sertleşmesi ve çökme gibi yapısal değişikliklerden kaynaklı olarak sert bir dokuya neden olmuştur (Vadivambal ve Jayas 2007; Garcia-Martinez ve ark., 2013). Shamaei ve ark., (2011) kızılıcık örneklerinin ultrases destekli ozmotik kurutma işlemi sonucu artan katı kazanımının, örneklerin gözenekli yapısını kapatmadığı ancak doku matriksinin vizkozitesini arttırdığı ve bunun sonucunda örneklerin doku zedelenmelerini azalttığını belirtmiştir.

Şekil 3.11'deki grafikler ve varyans analizi tablosu, işlem süresinin etkisinin diğer iki değişkene göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Roueita ve ark., (2020) ultrases destekli ozmotik ön kurutma uygulanmış kivi dilimlerinin sertliğinin, mevcut çalışmamızla benzer şekilde ultrases uygulaması boyunca arttığını vurgulamışlardır. Her ne kadar bazı çalışmalarda ultrases yöntemi uygulanarak kurutulmuş meyve örneklerinin sertlik

değerinin düştüğü görülse de taze örneklerle göre sertlik değerinin arttığı görülmektedir. Bu bağlamda, özellikle ultrases destekli ozmotik kurutma işleminde çözeltiden ürüne katı madde geçişindeki artışla birlikte sertliğin de arttığı görülmüştür (Nieto ve ark., 2013; Nawacko ve ark., 2018). Ultrases uygulamasının meydana getirdiği kırıklar ve mikro kanallar sebebiyle dokunun güç direncini azaltmış olsa da, ozmotik işleme tabi tutulmuş elma küplerinin yüzey katmanlarında bulunan şeker çözeltisi kurutma sırasında yüzeyde sert tabaka oluşmasını önlemekte ve büzülmeyi sınırlandırmaktadır. Bu şekilde meydana gelen amorf yapı düşük su içeriklerinde deformasyona karşı direncin artmasını sağlamaktadır. Ayrıca şekerlerin biyopolimerlerin yapısal bütünlüğünü koruduğu bilinmektedir. Bu sebeple kurutma öncesi ozmotik ön işlem, deformasyona karşı direnci arttırmaktadır (Lewicki ve Lukaszuk, 2000). Fong-in ve ark., (2021) litchi meyvesine uyguladıkları ultrases destekli ozmotik ön işlemin sonunda sertlik değerinin işlem görmemiş örneklerle göre yüksek olduğunu ifade etmiştir. Bununla birlikte kayısının enstrümental sertliği ile tüketici kabul edilebilirliği arasında negatif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir (Azodanlou ve ark., 2003).

Yapısal sertlik değişkeni için gerçekleşen (deneysel) değerler ve geliştirilen model denklemleri kullanılarak elde edilen tahmini değerler arasındaki ilişki Şekil 3.12’de verilmiştir. Şekil 3.12 incelendiğinde, gerçekleşen değerler ile tahmini değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

3.2.7. Renk değişimi

Yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneysel tasarım yaklaşımına göre farklı çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığı uygulamalarının renk değişim oranları üzerinde meydana getirdiği etkiyi ortaya koyan ikinci dereceden polinomiyal model denklemi gerçek değerleri cinsinden verilmiştir (Eşitlik 3.7).

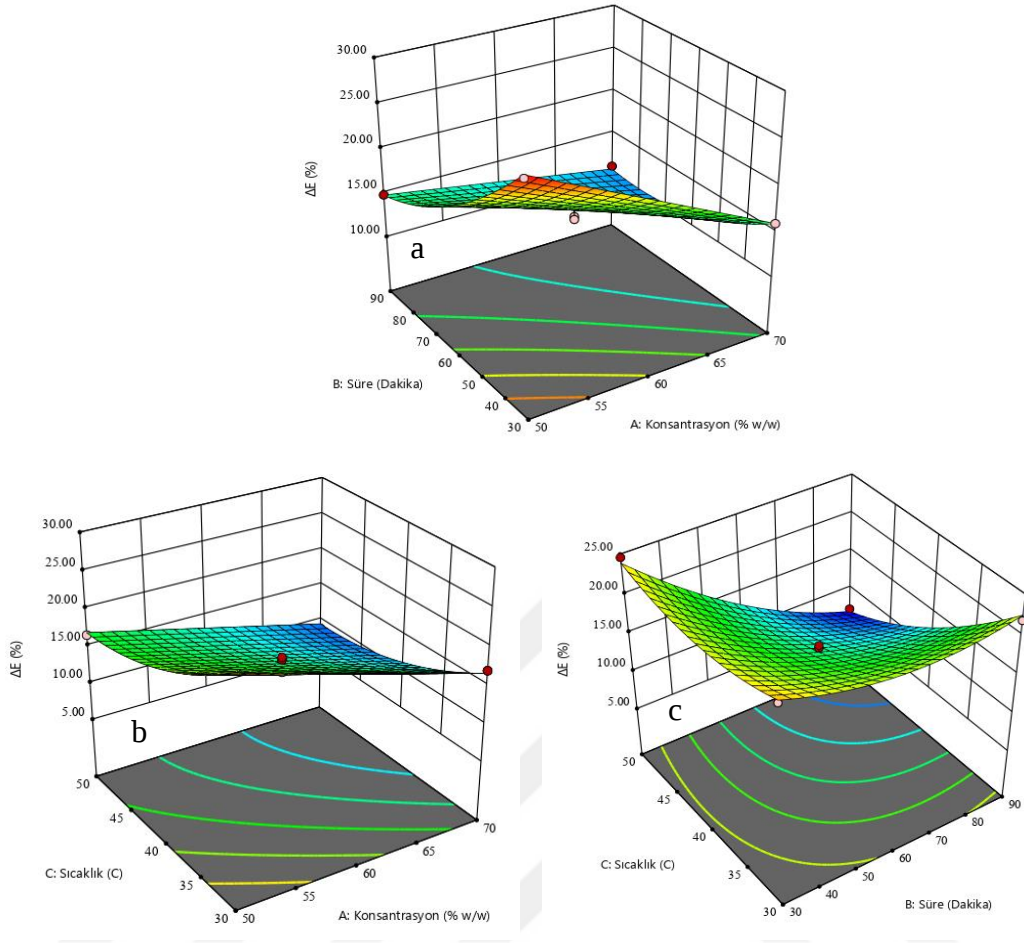
$$\begin{aligned} \Delta E = & +112.98542 - 1.02249X_1 - 0.370022X_2 - 1.49930X_3 \\ & +0.0076986X_1X_2 + 0.004544X_1X_3 - 0.0124846X_2X_3 \\ & +0.000036X_1^2 + 0.002412X_2^2 + 0.019526X_3^2 \end{aligned} \quad (3.7)$$

Tablo 3.9. Kayısı küplerinin renk değişimi oranına ait varyans analizi tablosu

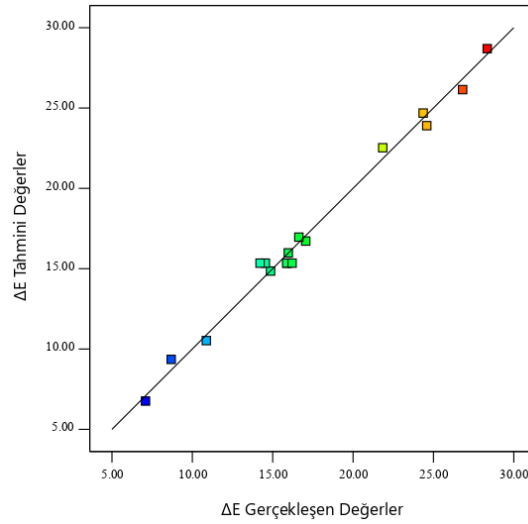
Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F-değeri	P-değeri
Model	580.86	9	64.54	78.43	< 0.0001
X ₁ -Konsantrasyon	145.13	1	145.13	176.38	< 0.0001
X ₂ -Süre	186.26	1	186.26	226.35	< 0.0001
X ₃ -Sıcaklık	136.88	1	136.88	166.34	< 0.0001
X ₁ X ₂	17.57	1	17.57	21.35	0.0024
X ₁ X ₃	0.8260	1	0.8260	1.00	0.3498
X ₂ X ₃	56.11	1	56.11	68.19	< 0.0001
X ₁ ²	0.0001	1	0.0001	0.0001	0.9937
X ₂ ²	19.84	1	19.84	24.11	0.0017
X ₃ ²	16.05	1	16.05	19.51	0.0031
Artık	5.76	7	0.8229		
Uyum eksikliği	2.51	3	0.8357	1.03	0.4696
Saf hata	3.25	4	0.8133		
R²	0.990				
Gerçekleşen R²	0.978				
Tahmini R²	0.923				

Box-Behnken deneme planına göre ΔE yanıtına ait varyans analizi değerleri Tablo 3.9'da verilmiştir. Renk değişim oranına ait model F-değerinin (78.43) yüksek olması istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli olduğu göstermektedir. Önerilen kuadratik modelin PRESS değeri incelendiğinde ise, 45.20 ile karşılaştırılan diğer modellere göre en düşük düzeyde hesaplandığı (Ek Tablo 3R) ayrıca modelin uyum eksikliğinin ($p > 0.05$) olmadığı görülmektedir. Sertlik değerlerine ait kuadratik modelin belirleme katsayısı değerleri R^2 , Ger. R^2 ve Tah. R^2 sırasıyla 0.990, 0.978 ve 0.923 olduğu tespit edilmiştir. Rehidrasyon oranı değerleri için modelin belirleme katsayısının 0.990 olarak hesaplanmış olması, gerçekleşen değerlerle tahmini değerlerin uyumluluğunun yüksek olduğunu belirtmektedir.

Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kayısı küplerinin başlangıca göre renk değişimini temsil eden ΔE değerine ait kuadratik modele göre verilen varyans analizi değerleri incelendiğinde, doğrusal etkileşimlerin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. ikili etkileşimlerinden ise konsantrasyon-süre ve süre-sıcaklığın ($p < 0.05$) istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür. Süre ve sıcaklığa ait ikinci dereceden değişimlerin de ($p < 0.05$) önemli olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.14. ΔE değerine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık



Şekil 3.15. ΔE değerine ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi

Meyvelerde önemli kalite parametrelerinden biri olan renk değişimine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 3.14’de verilmiştir. İşlem süresi, çözelti konsantrasyonu ve çözelti sıcaklığının renk değişimi değerleri üzerinde etkili olduğu ve her üç parametredeki artışın renk kaybı değerlerini azalttığı görülmüştür (Şekil 3.14). % 60 çözelti konsantrasyonu, 90 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı koşullarında değişimin 7.09 ile en düşük olduğu, % 50 çözelti konsantrasyonu, 30 dakika işlem süresi ve 40 °C işlem sıcaklığı koşullarında ise bu değer 28.35 ile en yüksek olduğu görülmüştür. İşlem görmemiş örneklerin renk değişiminin ise 27.41 olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.2). Önemli kalite parametrelerinden biri olan renk değişiminin taze ürün rengine en yakın olması için minimum olması istenmektedir. Değerler incelendiğinde, ultrases destekli ozmotik kurutma işleminin kayısı küplerine ait renk değişimini önemli oranda sınırladığı tespit edilmiştir. Meyve ve sebzelerin optik özelliklerinin gösterilmesinde yaygın olarak L*, a*, b* değerleri ile kroma ve renk açısı (Hue) gibi renk özelliklerinin kullanıldığı vurgulanmıştır (Akın ve ark., 2008). Kuru kayısıda sıcak hava ile kurutma sırasında meydana gelen renk değişimi askorbik asidin oksidasyonu, enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ve pigment kaybından kaynaklandığı ifade edilmiştir (Fratiani ve ark., 2013). Kayısıda sarıdan turuncuya doğru olan rengin ana maddesi polifenoller olup kurutma sırasında L* değerlerinde meydana gelen azalış ile a* değerlerinde gözlenen artışın üründeki kahverengileşmenin yansıması olduğu belirlenmiştir (Garcia-Martinez, ve ark., 2013). L*, a* ve b* değerlerinden türetilen renk değişim parametresinin incelendiği başka bir çalışmada; yenilebilir film kaplanmış kayısı örneklerinde ultrases destekli ozmotik ön işlemden önce bu değerlerin, işlem görmemiş ve sadece ozmotik ön kurutma yapılmış örneklerle karşılaştırıldığında daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Sakooei-Vayghan, 2020). Riva ve ark., (2005) kayısı küplerinin kurutulmadan önce sorbitol solüsyonunda ozmotik ön işleminin kurutma sırasında renk değişimlerini önlediğini ve ön işlemden geçirilmiş numunelerin ön işlem görmemiş olanlara göre daha iyi renk aldığını bildirmiştir. Velickova ve ark., (2014) elma küplerinin, 25 °C sıcaklıkta % 40 glikoz çözeltisine daldırılan, ozmotik ön işlemsiz kurutulan ve oda sıcaklığında 150 dakika bekletilen örneklerin renk değişimi değerlerini sırasıyla 3.1, 14.2 ve 9.9 olarak belirlemiştir. Tatlı patatesin taze, haşlama, ozmotik ön işlem, ozmotik ön işlem sonrası ultrasese tabi tutulması gibi yöntemler sonrası mikrodalga vakum kurutma sürecinin sonunda renk değişim değerlerinin sırasıyla 26.47, 24.67, 20.67 ve 15.06 olduğu görülmüştür (Lagnika ve ark., 2018). Bu çalışmaların aksine Wiktor ve ark., (2016) elma

örneklerine uygulanan ultrases işleminin türüne bakılmaksızın süresi uzadıkça renk değişim değerlerinin yükseldiğini belirlemiştir. Temaslı ultrases uygulaması boyunca ortamdaki havanın varlığı ve enzimatik esmerleşmeler nedeniyle en yüksek renk değişiminin görüldüğü ancak sulu ortama daldırılarak gerçekleştirilen ultrases destekli uygulamaların hava girişini sınırlandırdığı için renk değerlerinin daha iyi korunduğu belirtilmiştir. Kek ve ark., (2013) sıcak hava ile kurutulmuş guava örneklerinin renk değişiminin ultrases destekli ozmotik ön işlemlili kurutulmuş örneklerle göre daha yüksek olduğunu ve yüksek çözelti konsantrasyonunun rengi daha iyi koruduğunu tespit etmiştir.

Renk değişimi için gerçekleşen (deneysel) değerler ve geliştirilen model denklemleri kullanılarak elde edilen tahmini değerler arasındaki ilişki Şekil 3.15’de verilmiştir. Şekil 3.15 incelendiğinde, gerçekleşen değerler ile tahmini değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

3.2.8. Hue değeri

Yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneysel tasarım yaklaşımına göre farklı çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığı uygulamalarının hue renk açısı değerleri üzerinde meydana getirdiği değişimi ortaya koyan ikinci dereceden polinomiyal model denklemi gerçek değerleri cinsinden verilmiştir (Eşitlik 3.8).

$$\text{Hue değeri} = +217.03528 - 3.31286X_1 - 0.627354X_2 - 2.02910X_3 + 0.005152X_1X_2 + 0.011688X_1X_3 + 0.017171X_2X_3 + 0.022582X_1^2 - 0.002307X_2^2 + 0.004183X_3^2 \quad (3.8)$$

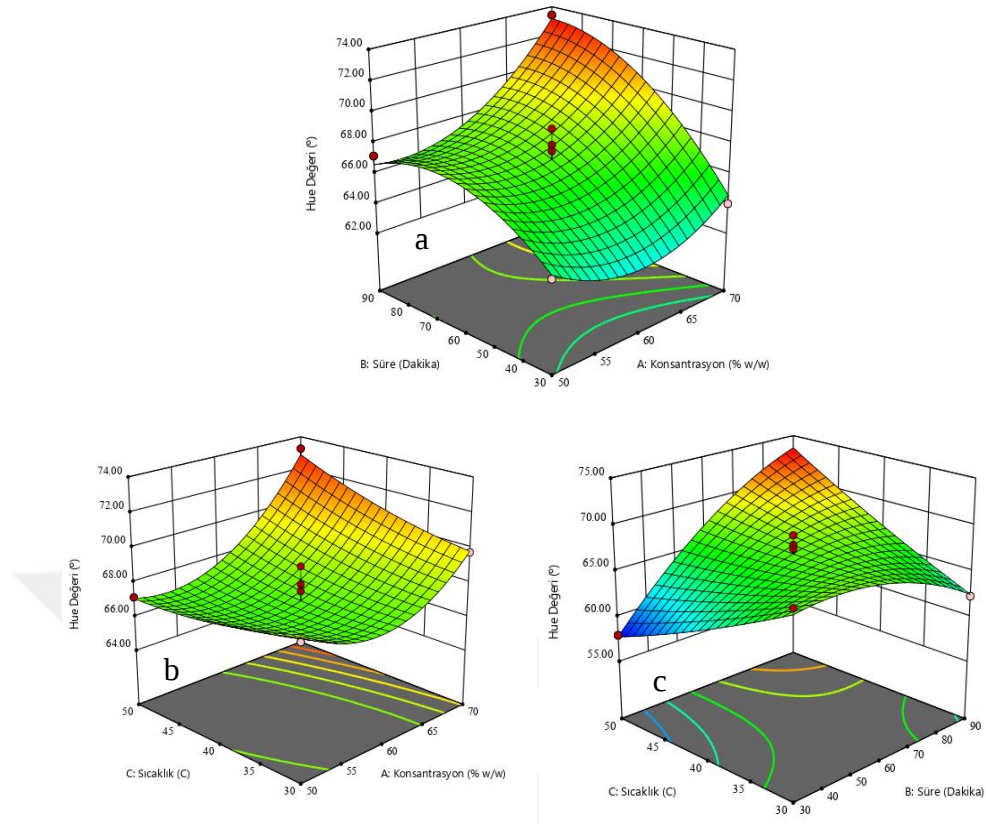
Box-Behnken deneme planına göre hue yanıtına ait varyans analizi değerleri Tablo 3.10’da verilmiştir. Hue değerine ait model F-değerinin (14.25) yüksek olması istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli olduğu göstermektedir. Önerilen kuadratik modelin PRESS değeri incelendiğinde ise 48.75 ile karşılaştırılan diğer modellere göre en düşük düzeyde hesaplandığı (Ek Tablo 3T) ayrıca modelin uyum eksikliğinin ($p > 0.05$) önemsiz olduğu görülmektedir. Sertlik değerlerine ait kuadratik modelin belirleme katsayısı değerleri R^2 , Ger. R^2 ve Tah. R^2 sırasıyla 0.948, 0.882 ve 0.812 olduğu tespit edilmiştir. Hue açısı değerleri için modelin belirleme katsayısının 0.948 olarak hesaplanmış olması, gerçekleşen değerlerle tahmini değerlerin uyumluluğunun yüksek olduğunu belirtmektedir.

Tablo 3.10. Kayısı küplerinin hue değerlerine ait varyans analiz tablosu

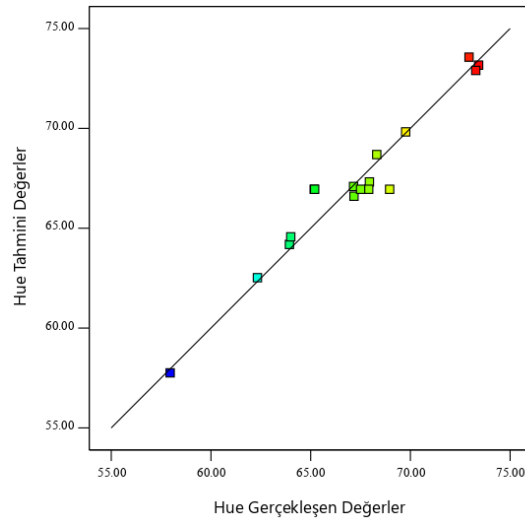
Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F-değeri	P-değeri
Model	245.45	9	27.27	14.25	0.0010
X ₁ -Konsantrasyon	24.12	1	24.12	12.60	0.0093
X ₂ -Süre	60.65	1	60.65	31.69	0.0008
X ₃ -Sıcaklık	1.10	1	1.10	0.5743	0.4733
X ₁ X ₂	9.56	1	9.56	4.99	0.0606
X ₁ X ₃	5.46	1	5.46	2.86	0.1349
X ₂ X ₃	106.14	1	106.14	55.46	0.0001
X ₁ ²	21.47	1	21.47	11.22	0.0123
X ₂ ²	18.15	1	18.15	9.48	0.0178
X ₃ ²	0.7367	1	0.7367	0.3849	0.5546
Artık	13.40	7	1.91		
Uyum eksikliği	1.93	3	0.6423	0.2240	0.8754
Saf hata	11.47	4	2.87		
R²	0.948				
Gerçekleşen R²	0.882				
Tahmini R²	0.812				

Ozmotik ön işlem sonrası kurutulan kayısı küplerinin renk açısını temsil eden hue değerine ait verilen varyans analizi değerleri incelendiğinde, konsantrasyon ve süre değişkenlerinin ($p<0.05$) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. İkili etkileşimlerinden ise süre-sıcaklığın ($p<0.05$) istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür.

Meyvelerde önemli kalite parametrelerinden renk değerlerine ait bir diğer parametre renk açısını belirten hue değeridir. Diğer adıyla hue açısı (renk tonu) yenilebilir ürünlerin (meyveler, yeşil sebzeler ve et gibi) karakterizasyonunda sıklıkla kullanılan bir terim olduğu ve bu açının kurutma sürecinde düştüğü vurgulanmıştır (Maskan, 2001). Hue değerine ait üç boyutlu grafikler Şekil 3.16’de verilmiştir. Hue değerinin % 60 çözelti konsantrasyonu, 30 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı koşullarında 57.95 ile en düşük olduğu; % 70 çözelti konsantrasyonu, 90 dakika işlem süresi ve 40 °C işlem sıcaklığı koşullarında ise bu değer 73.42 ile en yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 3.2). Karabulut ve ark., (2007) kayısının farklı sıcaklıklarda hava ile kurutulması sonucu hue değerlerinin düştüğünü belirtmişlerdir. Taze örneklerde bu değer 82.7, güneşte kurutmada 46.1 ve 80 °C sıcaklıkta kurutmada ise 57.3 olduğunu belirterek en iyi renk değerlerinin 60-70 °C sıcaklıklarda olduğunu ifade etmiştir.



Şekil 3.16. Hue değerine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık



Şekil 3.17. Hue değerine ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi

Moreno ve ark., (2013) yaptıkları çalışmada ohmik ısıtma destekli ozmotik ön kurutma yapılmış örneklerin hue açısı değerinin az da olsa taze örneklere göre düştüğünü belirtmişlerdir. Ultrases destekli ozmotik ön işlemden sonra kurutulan eriklerin ön işlemsiz

örneklere göre hue açısı değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Rahaman ve ark., 2019). Osmotik ön işleme tabi tutulmuş guava meyvesine ait hue açısı değerleri incelendiğinde; konsantrasyon, sıcaklık ve süre gibi osmotik ön işlem parametrelerinin etkilediği görülmüştür. Örneğin 56° briks 24 °C sıcaklık ve 4 dakikalık işlemde hue değerinin 35.9 olduğu, 56° briks 36 °C sıcaklık ve 16 dakikalık işlemde hue değerinin 41.5 olduğu ve taze örneklerde bu değerin 35.3 olduğu tespit edilmiştir (Vieira ve ark., 2012). Ultrases destekli vakum osmotik ön işlem uygulanarak kurutulmuş kayısı örneklerinin hue değerleri incelendiğinde taze örnek değerlerinin daha yüksek olduğu ayrıca artan çözelti konsantrasyonu, işlem sıcaklığı ve süre ile birlikte bu değerin de yükseldiği görülmüştür. Oladejo ve ark., (2017) tatlı patateslere uygulanan ultrases işlemi ve ultrases destekli osmotik ön işlemin neticesinde artan zamana bağlı olarak taze örneklerin hue değerine yaklaştığını tespit etmiştir. Benzer ve karışık sonuçlar olsa da, vakum veya sıcak hava ile kurutulmuş bal kabağı örneklerinin hue değerinin taze örneklerden düşük olduğu ve osmotik çözelti konsantrasyonu ile işlem süresinin bu değeri etkilediği rapor edilmiştir (Guine ve Barroca, 2012; Onwude ve ark., 2017; Çağlayan ve Barutçu Mazi., 2019). Vakum ile kurutma ve sıcak hava ile kurutma yöntemleri için bazı zıtlıklar olsa da, genelde ön işlem uygulanmış örneklerin hue açısı değerinin taze örneklerle göre daha düşük olduğu ifade edilmiştir. Hue açısı değerindeki bu düşüş örneğin daha turuncu-kırmızı olduğu anlamına gelmektedir (Itle ve Kabelka, 2009).

Hue açısı ölçüsü için Gerçekleşen (deneysel) değerler ve geliştirilen model denklemleri kullanılarak elde edilen tahmini değerler arasındaki ilişki Şekil 3.17’de verilmiştir. Şekil 3.17 incelendiğinde, gerçekleşen değerler ile tahmini değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

3.2.9. Kroma değeri

Yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneysel tasarımına göre farklı çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığı uygulamalarının kroma değerleri üzerinde meydana getirdiği değişimi ortaya koyan ikinci dereceden polinomial model denklemi gerçek değerleri cinsinden Eşitlik 3.9’da verilmiştir.

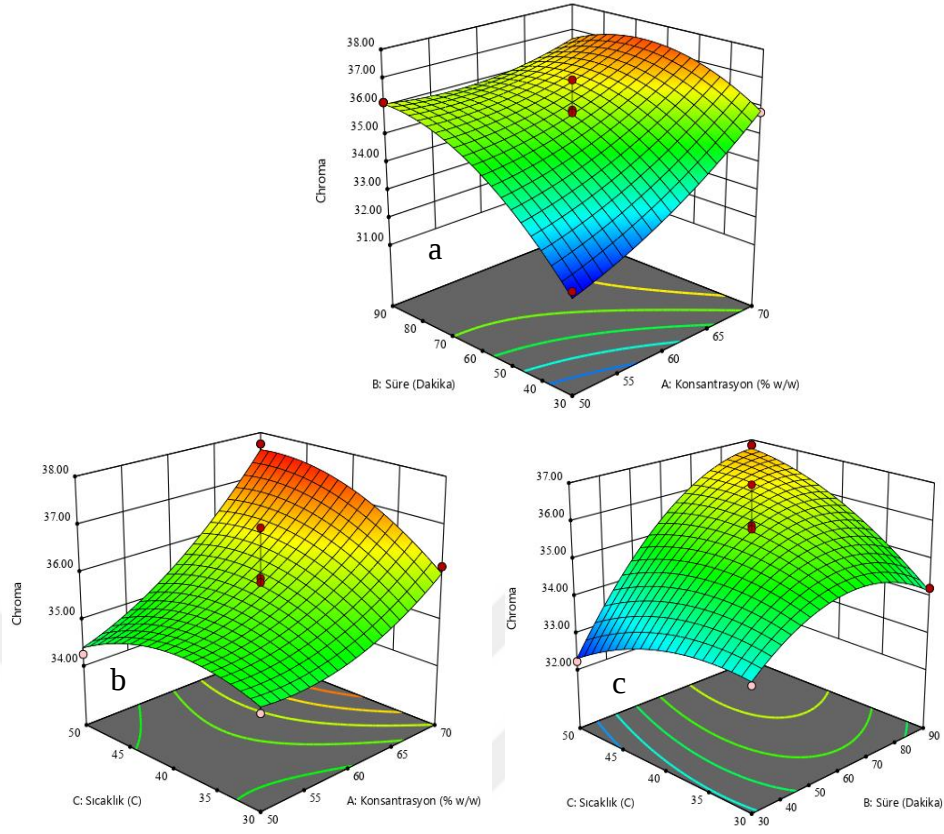
$$\begin{aligned} \text{Kroma} = & +39.11357 - 0.454081X_1 + 0.213819X_2 - 0.067569X_3 - 0.002774X_1X_2 \\ & + 0.004974X_1X_3 + 0.003284X_2X_3 + 0.004438X_1^2 - 0.001146X_2^2 - 0.004960X_3^2 \end{aligned} \quad (3.9)$$

Tablo 3.11. Kayısı küplerinin kroma değerlerine ait varyans analizi tablosu

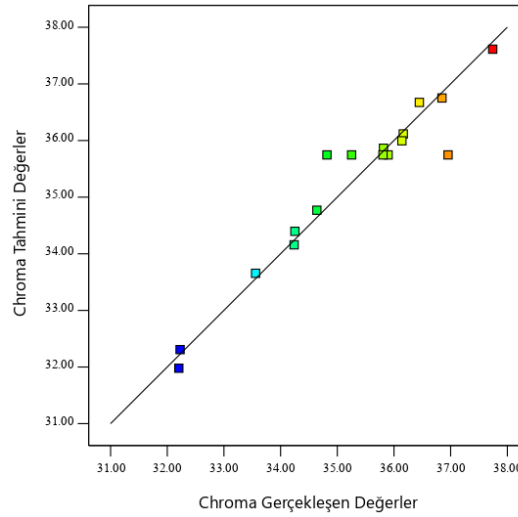
Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F-değeri	P-değeri
Model	36.83	9	4.09	10.21	0.0029
X ₁ -Konsantrasyon	9.87	1	9.87	24.62	0.0016
X ₂ -Süre	12.23	1	12.23	30.51	0.0009
X ₃ -Sıcaklık	0.7750	1	0.7750	1.93	0.2070
X ₁ X ₂	2.77	1	2.77	6.91	0.0340
X ₁ X ₃	0.9897	1	0.9897	2.47	0.1601
X ₂ X ₃	3.88	1	3.88	9.68	0.0170
X ₁ ²	0.8294	1	0.8294	2.07	0.1935
X ₂ ²	4.48	1	4.48	11.18	0.0124
X ₃ ²	1.04	1	1.04	2.58	0.1520
Artık	2.81	7	0.4009		
Uyum eksikliği	0.2134	3	0.0711	0.1097	0.9500
Saf hata	2.59	4	0.6482		
R²	0.929				
Gerçekleşen R²	0.838				
Tahmini R²	0.812				

Box-Behnken deneme planına göre kroma yanıtına ait varyans analizi değerleri Tablo 3.11’de verilmiştir. Kroma değerine ait model F-değerinin (10.21) yüksek olması istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli olduğu göstermektedir. Önerilen kuadratik modelin PRESS değeri incelendiğinde ise 7.47 ile karşılaştırılan diğer modellere göre en düşük düzeyde hesaplandığı (Ek Tablo 3V) ayrıca modelin uyum eksikliğinin olmadığı ($p > 0.05$) görülmektedir. Kroma değerlerine ait kuadratik modelin belirleme katsayısı değerlerinin R^2 , Ger. R^2 ve Tah. R^2 sırasıyla 0.929, 0.838 ve 0.812 olduğu tespit edilmiştir. Kroma değerleri için modelin belirleme katsayısının 0.929 olarak hesaplanmış olması, gerçekleşen değerlerle tahmini değerlerin uyumluluğunun yüksek olduğunu belirtmektedir.

Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kayısı küplerinin renk doygunluğunu temsil eden kroma değerine ait varyans analizi değerleri incelendiğinde, konsantrasyon ve sürenin istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon ve sıcaklığa ait ikinci dereceden değişimlerin ise ($p > 0.05$) önemli olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 3.11).



Şekil 3.18. Kroma değerine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinin gösterimi a) konsantrasyon-süre, b) konsantrasyon-sıcaklık, c) süre-sıcaklık



Şekil 3.19. Kroma değerine ait gerçekleşen değerlerle tahmini değerler arasındaki ilişkinin gösterimi

Meyvelerde önemli kalite parametrelerinden rengin doygunluğunu belirten bir diğer parametre olan kroma değerine ait üç boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 3.18’de

verilmiştir. Çözelti sıcaklığının kroma değerleri üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Konsantrasyon ve süre bağımsız değişkenlerine ait değerler incelendiğinde, bu değişkenlerin değerleri arttıkça kroma değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir (Şekil 3.18 a). % 50 çözelti konsantrasyonu, 30 dakika işlem süresi ve 40 °C işlem sıcaklığı koşullarında kroma değerinin 32.20 ile en düşük olduğu, % 70 çözelti konsantrasyonu, 60 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı koşullarında ise bu değer 37.74 ile en yüksek olduğu görülmüştür. Taze örneklerle ait kroma değerinin ise 39.83 olduğu ve bu değerlerden yola çıkarak ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası Hava ile kurutma işleminin renk yoğunluğunu azalttığı fakat çözelti konsantrasyonu ve diğer parametrelerdeki artışa paralel olarak kroma değerinin taze değerlere yaklaştığı analiz edilmiştir (Tablo 3.2). Meyve örneklerindeki sarılık ve kırmızılık değişimlerinin kroma ile değerlendirilebileceği ve bu değer büyük olmasının daha saf ve daha yoğun rengi temsil ettiği belirtilmiştir (Pomeranz ve Meloan, 1971). Taze örneklerle karşılaştırıldığında, ozmotik dehidrasyona tabi tutulmuş elma örneklerinin kroma değerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Moreno ve ark., 2013). Havuçta ultrases destekli kurutma işleminin kroma değerleri üzerindeki etkisine bakıldığında; taze örneklerin, işlem görmeden kurutulmuş, 21 kHz 10 dakika ultrases uygulanmış ve 21 kHz 30 dakika uygulanmış örneklerin kroma değerlerinin sırasıyla; 57.67, 52.42, 43.45 ve 44.77 olduğu belirlenmiş olup değerlerin kurutma işlemiyle birlikte düştüğü tespit edilmiştir (Nowacka ve Wedzik, 2016).

Kayısı örneklerinin ultrases destekli ozmotik ön işlem sonrası aktif pektin temelli kaplama işlemi neticesinde kroma değerleri incelendiğinde; taze örnekler, ön işlemsiz kurutulmuş ve işlem uygulanmış örneklerin en düşük ve en yüksek değerleri sırasıyla 54.21, 42.16, 48.49 ve 28.01 olarak ortaya konmuştur (Sakooei-Vayghan ve ark., 2020). Kayısı örneklerinin farklı sıcaklıktaki hava ile kurutulması ve güneşte kurutulması neticesinde kroma değerlerinin düştüğü ve en düşük değerlerin güneşte kurutulmuş örneklerde görüldüğü ifade edilmiştir. Eğitimli duyusal panelistlerin kahverengileşme ile kroma ve hue açısı değerlerinin ilişkili olduğunu belirttikleri ortaya konmuştur (Karabulut ve ark., 2007). Meyvelerde fenolik bileşiklerin, karotenoidlerin ve özellikle β -karotenin, kayısı çeşitlerinin spesifik renginden sorumlu olduğu (Ruiz ve ark., 2005), kayısıda β -karotenin özellikle yüksek sıcaklık ve uzun işlem uygulamalarında düştüğü tespit edilmiştir (Karabulut ve ark., 2007). Mevcut çalışmada kroma değerinin uzun ozmotik ön işlem süresi ve yüksek çözelti konsantrasyonlarında daha iyi olduğu belirlenmiştir. Bu durum, özellikle ozmotik dehidrasyon işleminin örneklerin hava ile temasını bloke etmesine ve hücrelerdeki

sakkaroz konsantrasyonundaki artışa bağlanmıştır. Shekar ve Jawadi, (2019) elma örneklerinde ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işleminin, kroma değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde kontrol örneklerinde 37.29, ultrases destekli ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuş örneklerde ise 34.45 olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar ultrases destekli ozmotik muameleye tabi tutulmuş örneklerin kroma değerlerinin sadece ozmotik ön işlem uygulanmış örneklere göre yüksek olduğunu gözlemlemiştir. Çileğin sıcak hava ile kurutma işleminde kroma değişiminin, ultrases destekli ozmotik ön işlem uygulananlara göre daha yoğun olduğu, bu sonuçların daha düşük doygunluk ve daha soluk renk olarak yorumlanabileceği vurgulanmıştır (Amami ve ark., 2017). Ayrıca yukarıda bahsedilen çalışmalara ek olarak özellikle renk değerleri yorumlanırken farklı sonuçların çıkması, bazı çalışmalarda taze örneklerin bazı çalışmalarda ise ön işlem uygulanmadan kurutulmuş örneklerin referans olarak alınmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Kroma sonuçları için gerçekleşen (deneysel) değerler ve geliştirilen model denklemleri kullanılarak elde edilen tahmini değerler arasındaki ilişki Şekil 3.19'da verilmiştir. Şekil 3.19 incelendiğinde, deneysel değerler ile tahmini değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

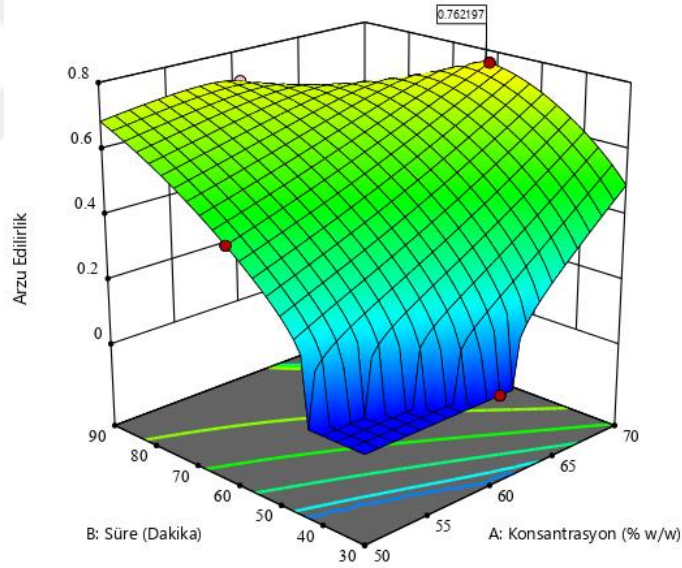
3.3. Ultrases Destekli Vakum Ozmotik Ön İşlem Şartlarının Optimizasyonu

Ultrases destekli vakum ozmotik ön işlem sonrası kurutulan kayısı küplerinin Box-Behnken deneme planı sonuçlarına göre bağımsız değişkenlerin optimum çalışma koşulları Design of Expert (Version 11.0 StatEase, ABD) yazılım programına girilerek elde edilmiştir. Yanıtlara ait hedeflenen amaçlar Tablo 3.12'de verilmiştir.

Optimum şartlar belirlenirken uygulanan ön işlem mekanizması ve diğer değerler açısından genel uygunluklar dikkate alınmıştır. Bağımsız değişkenlerin optimizasyonunda program tarafından verilen 44 koşuldan arzu edirlilik fonksiyonu en yüksek (0.762) olan ve program tarafından da önerilen % 70 çözelti konsantrasyonu, 60.842 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı koşulu kabul edilmiştir.

Tablo 3.12. Yanıtlara ait hedef değerler ve optimizasyon koşulları

Bağımsız değişkenler ve Yanıtlar	Amaç	Alt değer	Üst değer	Optimum hedef değeri	% 95 CI (Güven Aralığı)
A:Konsantrasyon	Aralıkta	50	70	70	
B:Süre	Aralıkta	30	90	60.842	
C:Sıcaklık	Aralıkta	30	50	50	
Su Kaybı	Maksimum	14.6	37.7	37.514	35.79-39.24
Katı Kazanımı	Minimum	2.7	8.5	7.894	7.45-8.33
Kuruma Süresi	Minimum	305	520	305.730	293.211-318.236
Etkin Difüzyon Katsayısı	Maksimum	6.633	8.925	8.934	8.289-9.579
Rehidrasyon Oranı	Maksimum	1.71	2.04	1.723	1.67-1.78
Sertlik	Aralıkta	211.55	310.31	288.835	275.17-302.50
ΔE	Minimum	7.09	28.35	9.176	7.32-11.03
Hue	Maksimum	57.95	73.42	73.165	70.33-76.00
Kroma	Maksimum	32.20	37.74	37.651	36.35-38.95



Şekil 3.20. Ultrases destekli vakum ozmotik ön işlemine ait optimizasyonun üç boyutlu gösterimi

Arzu edirlilik fonksiyonunun üç boyutlu gösterimi (Şekil 3.20) incelendiğinde, değerin yüksek olması modellerin uygun seçildiğini ve optimizasyon sürecinin güvenilir olduğunu yansıtmaktadır.

Tablo 3.13. Optimum koşullardaki doğrulama sonuçları

Yanıt	Sonuç
Su Kaybı	36.45
Katı Kazanımı	7.12
Kuruma Süresi	310
Etkin Difüzyon Katsayısı	8.274
Rehidrasyon Oranı	1.70
Sertlik	295.25
ΔE	10.54
Hue	74.06
Kroma	37.89

Tablo 3.12’de bağımsız değişkenlere ait belirlenen optimum şartlarda çalışma tekrarlanmıştır. Bu tekrar sonucu yanıtlara ait elde edilen doğrulama değerleri Tablo 3.13’de verilmiştir. Doğrulama değerleri incelendiğinde tespit edilen sonuçların % 95 güven aralığında yer aldığı tespit edilmiştir (Tablo 3.12). Elde edilen sonuçlar; yanıt yüzey metodunun; çoklu yanıtların eşzamanlı optimizasyonunu sağlayabildiğini göstermiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kabaaş cinsi kayısı örneklerinin, ultras destekli vakum ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası sıcak hava ile kurutularak incelenmesi amaçlanmıştır. Kuruma kinetik değerleri (su kaybı, katı kazanımı, etkin difüzyon katsayısı ve kuruma süresi) ve kalite parametreleri (renk değişimi, hue aç değeri, chroma, sertlik ve rehidrasyon oranı) üzerine işlem sürecine ait çözelti konsantrasyonu, süre ve sıcaklık bağımsız değişkenlerinin etkilerinin yanıt yüzey yöntemi, Box-Behnken deneme planına göre modellenerek optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Çözelti konsantrasyonu, süre ve sıcaklık bağımsız değişkenlerinin kayısı örneklerinin % su kaybı değerleri üzerine etkili olduğu saptanmıştır. Su kaybı değerinin % 37.78 ile en yüksek ölçüldüğü şartların % 70 çözelti konsantrasyonu, 60 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı olduğu belirlenmiştir.

- Kayısı küplerinin % katı kazanımı değerlerinin 2.70 ila 8.53 aralığında yer aldığı gözlenmiştir. En düşük katı kazanımı değeri % 50 konsantrasyon, 60 dakika ve 30 °C sıcaklıkta gerçekleştirilen çalışma koşulunda % 2.70 olarak tespit edilmiştir. Yüksek çözelti konsantrasyonu, sıcaklık ve sürenin katı kazanımı değerlerini arttırdığı ortaya çıkmıştır.
- Çalışma sonunda elde edilen değerler ultras destekli vakum ozmotik ön işleminin, örneklerin kuruma hızını arttırarak kuruma süreleri kısaltmıştır. Örneklerin kuruma süresi 305 ile 520 dakika arasında gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş örneklerin kuruma süresinin 600 dakika olduğu belirlenmiştir. Ön işlemsiz kayısı örneklerinin kuruma süresi, işlem görmüş en düşük kuruma süresine sahip örneklerle kıyaslandığında; kurumanın % 96.72 oranında daha uzun sürede tamamlandığı görülmüştür.
- Ultras destekli vakum ozmotik dehidrasyon işleminin etkin difüzyon katsayısını arttırdığı, en yüksek etkin difüzyon katsayısının su kaybının en yüksek olduğu parametrelerde görüldüğü tespit edilmiştir. Ön işlemsiz kurutulmuş örnekler için değeri, 6.846×10^{-10} olduğu, % 70 sakkaroz konsantrasyonu, 60 dakika daldırma süresi ve 50 °C daldırma sıcaklığı koşullarında etkin difüzyon katsayısının $8.925 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ olduğu, % 70 sakkaroz konsantrasyonu, 60 dakika işlem süresi ve 30 °C sıcaklık koşullarında $7.125 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ olduğu tespit edilmiştir. İşlem süresinin 90 dakika olduğu çalışma koşullarında çözelti konsantrasyonunu %

50'den % 70'e çıkarıldığında etkin difüzyon katsayısının % 18.19 arttığı görülmüştür. Kurutma süresindeki düşüşün, etkin difüzyon katsayısını arttırdığı sonucuna varılmıştır.

- Rehidrasyon oranı değerleri işlem uygulanan örneklerde 1.72 ile 2.04 aralığında hesaplanmıştır. İşlem görmemiş kayısı kurularındaki rehidrasyon oranı ise 1.69 olarak belirlenmiştir. Konsantrasyon, süre ve sıcaklık parametrelerinin rehidrasyon oranı üzerinde negatif bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. İşlem parametrelerindeki artış, rehidrasyon oranını olumsuz yönde etkilemiştir.
- Çalışmada sertlik değerinin % 50 çözelti konsantrasyonu, 60 dakika işlem süresi ve 30 °C işlem sıcaklığı koşullarında 211.55 ile en düşük iken % 60 çözelti konsantrasyonu, 90 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı koşullarında ise 310.31 ile en yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek sertlik değerinin işlem görmemiş taze örneklerle göre % 46.68 oranında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon işlemi sonunda kurutulmuş örneklerin sertlik işlem parametrelerine bağlı olarak arttığı belirlenmiştir.
- İşlem süresi, çözelti konsantrasyonu ve çözelti sıcaklığının renk değişimi değerleri üzerinde etkili olduğu ve her üç parametredeki artışın renk değişimini azalttığı görülmüştür. % 60 çözelti konsantrasyonu, 90 dakika işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı koşullarında değişimin 7.09 ile en düşük olduğu, % 50 çözelti konsantrasyonu, 30 dakika işlem süresi ve 40 °C işlem sıcaklığı koşullarında ise bu değerin 28.35 ile en yüksek olduğu görülmüştür. İşlem görmemiş örneklerin renk değişiminin ise 27.41 olduğu belirlenmiştir.
- Ön işlem uygulanmadan kurutulmuş örneklerin hue değerinin taze örneklerle göre % 21.16 oranında daha düşük olduğu ve bu değerin % 70 çözelti konsantrasyonu, 90 dakika işlem süresi ve 40 °C sıcaklıkta ise % 5.45 oranında düştüğü belirlenmiştir. Bu bulgular taze örneklerle göre işlem görmüş örneklerin esmerleştiği ve kızılığa dönüştüğü şeklinde yorumlanabilir. Taze kurutulmuş kayısılarda bu dönüşüm yüksek iken ön işlem uygulanmış örneklerde daha düşük olduğu tespit edilmiştir.
- Ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon işlemi sonunda sıcak hava ile kurutulmuş örneklerin en yüksek olduğu kroma değerinin 37.74 olduğu, taze örneklerle göre % 5.25 oranında düştüğü; % 60 çözelti konsantrasyonu, 30 dakika

işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığında ise % 19.08 oranında düştüğü ortaya çıkarılmıştır. Değerler kurutma işleminin daha mat görünümde ürünlerin eldesine sebep olduğunu, fakat katı kazanımının yüksek olduğu çalışma koşullarında renk yoğunluğunun daha fazla olmasıyla ifade edilebileceği belirlenmiştir.

- Box-Behnken deneme planına göre yanıtların tamamının ikinci dereceden polinomiyal denkleme uyduğu ve model için tanımlayıcı istatistiklerin (belirleme katsayısı, önemlilik düzeyleri, uyum eksikliği vb.) tatmin edici olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar yanıt yüzey metodu Box-Behnken deneysel tasarımı, deney sayısını en düşük seviyeye indirerek zaman ve maliyeti düşürmesinin yanı sıra ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon işlemini optimize etmek için de başarıyla kullanılacağı tespit edilmiştir.
- Ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon işlemine ait optimum deney şartları, % 70 çözelti konsatrasyonu, 60.842 işlem süresi ve 50 °C işlem sıcaklığı olarak belirlendi. Optimum koşullarda amaçlanan hedefler doğrultusunda arzu edilirliliği en yüksek (0.762) tahmin edilen yanıt değerleri; su kaybı % 37.41, katı kazanımı % 7.89, kuruma süresi 305.71, etkin difüzyon katsayısı 8.934×10^{-10} , renk değişimi 9.16, hue değeri 73.17 ve kroma değerinin 37.65 olarak program tarafından tahmin edilmiştir. Belirlenen optimum noktada gerçekleştirilen doğrulama değeri sonucu elde edilen yanıt değerlerinin tahmin edilen değerleriyle kıyaslandığında % 95 güven aralığında oldukları belirlenmiştir.
- Sonuç olarak, yüksek nem içeriğine sahip ve mevsimsel olarak üretilen kayısı örneklerinin bozulmadan muhafaza edilmesi büyük önem taşımaktadır. Geleneksel kurutma yöntemleri ürünü koruyor olsa da ürünün kalite parametreleri ve hijyenik şartları açısından olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Her ne kadar kimyasal koruyucularla yapılan koruma yöntemleri, ürünü kalite açısından muhafaza etse bile son yıllarda tüketiciler tarafından minimal işlenmiş gıdaların tercihi ön plana çıkmaktadır. Bu noktadan hareketle, özellikle kayısı muhafazasında sıkça kullanılan kükürdün alerjik reaksiyonları tetiklemesi sebebiyle farklı yöntem arayışlarına gidilmektedir. Farklı ve yeni yöntemlerden birisi olan ultrases destekli vakum ozmotik dehidrasyon ön işleminin kabaaşı kayısı örnekleri üzerindeki etkinliği mevcut çalışmada araştırılmıştır. Uygulanan işlem sonunda, kurutma işlem süresinin ciddi oranda kısaldığı ve kurutmada harcanan enerji maliyetlerinin belirgin olarak düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca ürünün önemli renk parametrelerini

koruması sebebiyle gıda sektöründe kullanılabileceği de düşünülmektedir. Tüm bunların yanı sıra ürünün kabul edilebilirlik değerlerinden biri olan rehidrasyon oranını da yükseltmesi nedeniyle kuru gıda sektörü açısından tercih sebebi olabileceği öngörülmektedir. Ayrıca katma değeri yüksek ürünlere (gevrek, pasta vs.) ilave edilebileceği de düşünülmektedir. Bununla birlikte bu kombine yöntemle elde edilen örneklerin modifiye atmosferde paketlenme, akıllı ambalajlama, vakum altında ambalajlama ve bunlara benzer ambalajlama teknikleriyle ambalajlanmasıyla ürünün raf ömrü üzerine etkisi araştırılmalıdır.

- Bu bilgiler ışığında, mevcut çalışma konu ile ilgili literatüre katkı sağlayacak ve ileride yapılacak çalışmalara destek olacaktır. Ülkemizde yaygın üretimi yapılan kayısının bozulmadan ülke ekonomisine katkısı sağlanacaktır.

5. KAYNAKLAR

- Abramov, O.V.**, 1998. High-Intensity Ultrasound: *Theory and Industrial Applications*. Gordon and Breach Publishers, Amsterdam, Netherlands.
- Adambounou, T.L., Castaigne, F., Dillon, J.C.**, 1983. Lowering the water activity of tropical vegetables by partial osmotic dehydration. *Sciences des Aliments*, 3:551-567.
- Aghbashlo, M., Mobli, H., Rafiee, S., Madadlou, A.**, 2013. A review on energy analysis of drying processes and systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22:1–22.
- Agnelli, M., E., Marani, C.M., Mascheroni, R.H.**, 2005. Modelling of heat and mass transfer during(osmo) dehydrofreezing of fruits. *Journal of Food Engineering*, 69:415-424.
- Aguilera, J.M., Lillford, P.J.**, 1996. Microstructural and imaging analyses are related to food engineering. In *Food Engineering 2000*, pp. 23-38, eds. Fito P, Ortega-Rodriguez E., and Barbosa-Canovas G.V., Chapman and Hall. London.
- Akin, E.B., Karabulut, İ., Topcu, A.**, 2008. Some compositional properties of main Malatya apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties, *Food Chemistry*, 107(2):939-948.
- Allaf, T., Allaf, K.**, 2014. *Instant Controlled Pressure Drop (DIC) in Food Processing*, Springer-Verlag, New York, United States., 183s.
- Alzamora, S.M., Gerschenson, L.N., Vidales, SL, Nieto, A.**, 1996. Structural changes in the minimal processing of fruits: Some effects of blanching and sugar impregnation. In *Food Engineering* eds. Fito P, Ortega-Rodriguez E, Barbosa-Canovas G.V., London, Chapman and Hall, 2000:117-139.
- Amami, E., Khezami, W., Mezrigui, S., Badwaik, L.S., Bejar, A.K., Perez, C.T., Kechaou, N.**, 2017. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of strawberry. *Ultrasonics Sonochemistry*, 36:286-300.
- AOAC.**, 1995. Official methods of analysis, 16 th ed. Washington, DC: Association Official Analytical Chemists.
- Ashokkumar, M., Sunartio, D., Kentish, S., Mawson, R., Simons, L., Vilkh, K. ve Versteeg, C.**, 2008, Modification of Food Ingredients by Ultrasound to Improve Functionality: a Preliminary Study on a Model System. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9:155–160.
- Askari, G.R., Emam-Djomeh, Z., Tahmasebi, M.**, 2009. Effects of various drying method on texture and color of tomato halves. *Journal of Texture Studies*, 40:371–389.
- Asma, B. M, Birhanlı, O.**, 2004. Mişmiş. Evin ofset Malatya 220s.

- Asma, B.M.**, 1998. Kayısı gen kaynakları uygulama projesi, TAGEM ara sonuç raporu.
- Atalay, A.B., İnanç. A.L.**, 2020. Optimization of Ultrasound-Assisted Phenolic Extraction from Red Pepper Seed by Response Surface Methodology. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1):32–140.
- Azoubel, P.M., Murr, F.E.X.**, 2004. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering*, 61(3):291-295.
- Azoubel, P. M., Amorim, M. R., Oliveira, S. S. B., Maciel, M. I. S., and Rodrigues, J. D.**, 2015. Improvement of water transport and carotenoid retention during drying of papaya by applying ultrasonic osmotic pretreatment. *Food Engineering Reviews*, 7:85–192.
- Azodanlou, R., Darbellay, C., Luisier, J.L., Villetaz, J.C., Amadò, R.**, 2003. Development of a model for quality assessment of tomatoes and apricots. *LWT- Food Science Technology*, 36:223-233.
- Bang, H.J., Park, S.Y., Kim, S.E., Rahaman, M.M.F., Ha, S.D.**, 2017. Synergistic effects of combined ultrasound and peroxyacetic acid treatments against *Cronobacter sakazakii* biofilms on fresh cucumber. *LWT- Food Science and Technology*, 84:91-98.
- Barba, F.J., Grimi, N., Vorobiev, E.**, 2015. Evaluating the potential of cell disruption technologies for green selective extraction of antioxidant compounds from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves, *Journal of Food Engineering*, 149:222–228.
- Barbaso-Canovas., G.V., Ibarz, A.**, 2003, Unit operations in food engineering, Food Preservation Technology Series, Florida, 873.
- Başlar, M., Kiliç, M., Yalinkiliç, B.**, 2015. Dehydration kinetics of salmon and trout fillets using ultrasonic vacuum drying as a novel technique. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27:495–502.
- Bayraktaroğlu, G., Obuz, E.**, 2006, Ultrasound Yönteminin İlkeleri ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, 24–26 Mayıs 2006, s.57–60.
- Bekele, Y., Ramaswamy, H.**, 2010. Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. *Journal of Animal Science and Technology*, 1:1-15.
- Belloso, M.O., Barriobero, L.E.**, 2001. Proximate composition, minerals and vitamins in selected canned vegetables. *European Food Research and Technology*, 212:182–187.

- Bernardi, S., Bodini, R.B., Marcatti, B., Rodrigues Petrus, R., Eavaro-Trindade, C.S.,** 2009. Quality and sensorial characteristics of osmotically dehydrated mango with syrups of inverted sugar and sucrose. *Scientia Agricola*, 66:40–43.
- Bilek, S.E., Turantaş, F.,** 2013. Decontamination efficiency of highpower ultrasound in the fruit and vegetable industry, A review. *International Journal of Food Microbiology*, 166(1):155-162.
- Blanda, G., Cerretani, L., Cardinali, L., Barberi, S., Bendini, A., Lercker, G.,** 2009, Osmotic dehydrofreezing of strawberries: Polyphenolic content, volatile profile and consumer acceptance. *Food Science Technology*, 42:30-36.
- Bolin, H.R., Huxsoil, C.C.,** 1993 Partial drying of cut pears to improve freeze/thaw texture. *Journal of Food Science*, 58:357-360.
- Botha, G.E., Oliveira, J.C., Ahrné, L.,** 2011. In press. Quality optimisation of combined osmotic dehydration and microwave assisted airdrying of pineapple using constant power emission. *Food and Bioproducts Processing*, 90:171-179.
- Box, G.E.P., Behnken D.W.,** 1960. Some new three-level designs for the study of quantitative variables. *Technometrics*, 2:455–475.
- Bozkir, H., Ergün, A.R., Serdar, E., Metin, G., Baysal, T.,** 2019. Influence of ultrasound and osmotic dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit. *Ultrasonics Sonochemistry*, 54:135-141.
- Brennan, J.G.,** 2006. Evaporation and dehydration. In: Brennan J.G., (ed) Food processing handbook, Wiley-VCH Publishing, Weinheim, pp.71–124.
- Brujan, E.A., Nahen, K., Shmidt, P., Vogel, A.,** 2001. Dynamics of laser induced cavitation bubble near an elastic boundaries: influence of the elastic modulus. *Journal of Fluid Mechanics*, 433:251-281.
- Butz, P., Tauscher, B.,** 2002. Emerging technologies: chemical aspects. *Food Research International*, 35: 279-284.
- Caliskan, G., Dirim, S.N.,** 2017. Drying characteristics of pumpkin (*Cucurbita moschata*) slices in convective and freeze dryer. *Heat Mass Transfer*, 53:2129–2141.
- Cárcel, J.A., Benedito, J., Rosselló, C., Mulet, A.,** 2007. Influence of ultrasound intensity on mass transfer in apple immersed in a sucrose solution. *Journal of Food Engineering*, 78:472–479.
- Cárcel, J.A., Garcia-Perez, J.V., Riera, E., Mulet, A.,** 2007. Influence of high intensity ultrasound on drying kinetics of persimmon. *Drying Technology*, 25(1):185–193.
- Cemeroğlu, B.,** 2010. Gıda analizleri, Gıda teknolojisi derneği yayınları, s212-215. Eds. Cemeroğlu, B., Ankara No: 44. s.212-215.

- Chen, Z., Zhu, C.,** 2011. Combined effects of aqueous chlorine dioxide and ultrasonic treatments on postharvest storage quality of plum fruit (*Prunus salicina* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 61(2-3): 117-123.
- Cheng, X.M., Zhang, B.X., Adhikari, B., Sun, J.,** 2015. The principles of ultrasound and its application in freezing related processes of food materials: a review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27(2015):576–585.
- Comandini, P., Blanda, G., Soto-Caballero, M.C., Sala, V., Tylewicz, U., Mujica-Paz, H., Fragoso, A.V., Toschi, T.G.,** 2013. Effects of power ultrasound on immersion freezing parameters of potatoes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 18: 120–125.
- Conway, J., Castaigne, F., Picord, G., Vovan, X.,** 1983. Mass transfer considerations in the osmotic dehydration of apples. *Can. J. Journal of Food Science Technology*, 16:25-29.
- Corrêa, J.L.G., Rasia, M.C., García-Pérez, J.V., Jesus, J.R., Mulet, A., Cárcel, J.A.,** 2016. Use of ultrasound in the distilled water pretreatment and convective drying of pineapple. In J. Delgado, & A. G. B. de Lima (Eds.), *Drying and energy Technologies* London: Springer., pp. 71–88.
- Corrêa, J.L.G. Rasia, M.C., Mulet, A., Cárcel, J.A.,** 2017. Influence of ultrasound application on both the osmotic pretreatment and subsequent convective drying of pineapple (*Ananas comosus*) *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41:284-291.
- Crank, J.,** 1975. *The Mathematics of Diffusion*, Claredon Press, Oxford.
- Cui, Z.W., Li, C.Y., Song, C.F., Song, Y.,** 2008. Combined microwave vacuum and freeze drying of carrot and apple chips. *Drying Technology*, 26:1517–1523.
- Curry, J.C., Burns, ve Heidelbaugh, N.D.,** 1976. Effect of Sodium Chloride on Rehydration of Freeze-Dried Carrots. *Journal of Food Science*, 41:176-179.
- Çağlayan, D., Barutçu Mazi, I.,** 2018. Effects of ultrasound-assisted osmotic dehydration as a pretreatment and finish drying methods on the quality of pumpkin slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(9), p. e13679.
- Çelen, S.,** 2010. Mikrodalga ve Vakum Kurutucuda Bazı Gıda Ürünlerinin Kurutulması ve Modellenmesi. *Doktora Tezi*, Trakya Üniversitesi, Edirne, s.136.
- De La Fuente-Blanco S., Riera-Franco de Sarabia E., Acosta-Aparicio V.M., Gallego-Juárez J.A.,** 2006. Food Drying Process by Power Ultrasound. *Ultrasonics*, 44:523-527.

- Dehghannya, J., Aghazade-Khoie, E., Khakbaz Heshmati., K., Ghanbarzadeh, B.,** 2020. Influence of Ultrasound Intensification on the Continuous and Pulsed Microwave during Convective Drying of Apple. *International Journal of Fruit Science*, 20(3):1751–1764.
- Dehghannya, J., Kadkhodaei, S., Heshmatia, M.K., Ghanbarzadeh, B.,** 2019. Ultrasound-assisted intensification of a hybrid intermittent microwave—Hot air drying process of potato: Quality aspects and energy consumption. *Ultrasonics*, 96:104–122.
- Demir, N.,** 2016. Malatya kayısılarından vakum infüzyon tekniği kullanılarak katma değeri artırılmış yeni ürün geliştirme. *Doktora Tezi*, İnönü Üniversitesi, Malatya, 171s.
- Demirdöven, A., Baysal, T.,** 2009. The use of ultrasound and combined technologies in food preservation. *Food Reviews International*, 25:1– 11.
- Dermesonlouoglou, E.K., Pourgouri, S., Taoukis, P.S.,** 2008. Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment on the shelf life of frozen cucumber. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9:542-549
- Dixon, G.M., Jen, J.J., Paynter, V.A.,** 1976. Tasty apple slices result from combined osmotic-dehydration and vacuum-drying process. *Food Product Development*, 10:634-638.
- Doğan, İ.S., Okut, H.,** 2003. As a tool Response Surface Methodology (RSM) in a new product development, Itafe-03-International Congress on Information Technology in Agriculture. *Food and Environment*, İzmir.
- Dolatowski, Z.J., Stadnik, J., Stasiak, D.,** 2007. Applications of ultrasound in food technology. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 6(3):89–99.
- Earnshaw, R.G., Appleyard, J., Hurst, R.M.,** 1995. Understanding physical inactivation processes: combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure. *International Journal of Food Microbiology*, 28(2):197– 219.
- Ercan, S.Ş, ve Soysal, Ç.,** 2011. Ultrasonun Gıdalarda ve Enzimlerin İnaktivasyonunda Kullanılması. *Gıda*, 36(4):225–231.
- Erdoğan, F.,** 2007. Yükseltilmiş D-optimal dizayn yöntemi kullanılarak mühendislik dizaynlarında etkinliğin geliştirilmesi: Sentetik jet dizayn optimizasyon çalışması. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 3(1):51-61.
- Erüenal, S.,** 2010. Eriğin (*Prunus Domestica*) ozmotik dehidrayon parametrelerinin ve kurumaya etkisinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 118s.

- Falade, K.O., Igbeka, J.C., Ayanwuyi, F.A., 2007.** Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *Journal of Food Engineering*, 80:979-985.
- Falade, K.O., Adelakun, T.A., 2007.** Effect of pre-freezing and solutes on mass transfer during osmotic dehydration and colour of oven-dried African star apple during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 42:394–402.
- Fan, K., Zhang, M., Bhandari, B., 2019.** Osmotic-ultrasound dehydration pretreatment improves moisture adsorption isotherms and water state of microwave-assisted vacuum fried purple-fleshed sweet potato slices. *Food and Bioprocess Processing*, 115:154-164.
- Farkas, D.F., Lazar, M.E., 1969.** Osmotic dehydration of apple pieces: effects of temperature and syrup concentration on rates. *Food Technol-Chicago*, 23:688-690.
- Fernandes, F.A.N., Rodrigues, S., 2007.** Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*, 82(2):261–267.
- Fernandes, F.A.N., Gallao, M.I., Rodrigues, S., 2008.** Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *Food Science and Technology*, 41(4):604–610.
- Fernandes, F.A.N., Gallão, M.I., Rodrigues, S., 2009.** Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. *Journal of Food Engineering*, 90:186-190.
- Fernandes, F.A.N., Linhares Jr., F.E., Rodrigues, S., 2008.** Ultrasound as pretreatment for rying of pineapples. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15:1049–1054.
- Fernandes, F.A.N., Rodrigues, S., Gaspareto, O.C.P., Oliveira, E.L., 2006.** Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. *Journal of Food Engineering*, 77:188–193.
- Ferrando, M., Spiess, W.E.L., 2001.** Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose and trehalose solutions. *International Journal of Food Technology*, 49:115-127.
- Fong-in, S., Nimitkeatkai, H., Prommajak, T., Nowacka, M., 2021.** Ultrasound-assisted osmotic dehydration of litchi: effect of pretreatment on mass transfer and quality attributes during frozen storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, DOI:10.1007/s11694-021-00931-9.
- Fратиanni, A., Albanese, D., Mignogna, R., Cinquanta, L., Panfili, G. and Di Matteo, M., 2013.** Degradation of carotenoids in apricot (*Prunus armeniaca* L.) during drying process. *Plant Foods for Human Nutrition*, 68:241–246.

- Gabaldón-Leyva, C.A., Quintero-Ramos, A. J., Barnard, Balandrán-Quintana, R.R., Talamás-Abbud, R., Jiménez-Castro, J.,** 2007. Effect of ultrasound on the mass transfer and physical changes in brine bell pepper at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 81:374-379.
- Gallego-Juárez, J.A.,** 1998. Some applications of air-borne power ultrasound to food processing. In M. J. W., Povey, T. J. Mason (Eds.), *Ultrasound in Food Processing*. UK: London, Chapman and Hall.
- Gamboa-Santos, J., Montilla, A., Cárcel, J.A., Villamiel, M., Garcia-Perez, J.V.,** 2014. Air-borne ultrasound application in the convective drying of strawberry. *Journal of Food Engineering*, 128(5):132-139.
- Garcia-Martinez, E., Igual, M., Martín-Esparza, M.E., Martinez-Navarrete, N.,** 2013. Assessment of the bioactive compounds, color, and mechanical properties of apricots as affected by drying treatment. *Food and Bioprocess Technology*, 6:3247–3255.
- Garcia-Perez J.V., Carcél J.A., Benedito, M., Mulet, A.,** 2007. Power ultrasound mass transfer enhancement in food drying. *Food and Bioproducts Processing*, 85(3):247-254.
- Garcia-Perez, J.V., Cárcel, J.A., De la Fuente, S., Riera, E.,** 2006. Ultrasonic drying of foodstuff in a fluidized bed. Parametric study. *Ultrasonics*, 44:539–543.
- Garcia-Perez, J.V., Ortuño, C., Puig, A., Carcel, J. A., Perez-Munuera, I.,** 2012. Enhancement of water transport and microstructural changes induced by high-intensity ultrasound application on orange peel drying. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6): 2256-2265.
- Gardner, P.T., White, T.A.C., McPhail, D.B., Duthie, G.G.,** 2000. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chemistry*, 68:471–474.
- Geankoplis, C.J.,** 2003. Transport process and separation process principles, Pearson Education Inc., New Jersey, 1025s.
- Goula, A.M., Kokolaki, M., Daftsiou, E.,** 2017. Use of ultrasound for osmotic dehydration. The case of potatoes. *Food and Bioproducts Processing*, 105:157-170.
- Goyal, R.K., Kingsly, A.R.P., Manikantan, M.R., Ilyas, S.M.,** 2006. Thin-layer drying kinetics of raw mango slices. *Biosystems Engineering*, 95(1):43-49.
- Guine, R.P.F., Barroca, M.J.,** 2012. Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90(1):58–63.

- Güvenç, A., Kapucu, N., Kapucu, H., Aydoğan, Ö., Mehmetoğlu, Ü.,** 2006. Enzymatic Esterification Of Isoamyl Alcohol Obtained From Fusel Oil: Optimization By Response Surface Methodology. *Enzyme and Microbial Technology*, 40:778-785.
- Huang, S.Q., Ma, Y.L., Zhang, C.T., Cai, S.B., Pang, M.J.,** 2017. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolics in native and fermented *Prinsepia utilis* Royle seed during a simulated gastrointestinal digestion in vitro. *Journal of Functional Foods*, 37:354–362.
- Hui, Y.H.,** 2008. Food Drying Science and Technology, Microbiology, *Chemistry and Application*, Pennsylvania, USA.
- Igual, M., García-Martínez, E., Camacho, M.M., Martínez-Navarrete, N.,** 2010. Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grape fruit juice. *Food Chemistry*, 118:291–299.
- İnanç, A.L., AK, F.,** 2011. Partial removal of water from red pepper by immersion in an osmotic solution before drying. *African Journal of Biotechnology*, 11:1449-1459.
- İrkilmez, M.Ü.,** 2017. Sürekli sistemlerde ultrases uygulamasının şalgam suyunun raf ömrü ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 90s.
- İspir, A.,** 2006. Kayısının Osmotik Dehidrasyonu ve Kurutmaya Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 122s.
- İspir, A., Toğrul, İ.T.,** 2009. Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chemical Engineering Research and Design*, 87:166-180.
- Jambrak, A.R., Herceg, Z., Šubarić, D., Babic, J., Brncic, M., Brncic, S.R., Bosiljkov, T., Cvek, D., Tripalo, B., Gelo, J.,** 2010. Ultrasound effect on physical properties of corn starch. *Carbohydrate Polymers*, 79:91–100.
- Jambrak, A.R., Mason, T.J., Paniwnyk, L., Lelas, V.,** 2007. Ultrasonic effect on pH, electric conductivity, and tissue surface of button mushrooms, Brussels sprouts and cauliflower. *Czech Journal of Food Sciences*, 25:90–99.
- James, C.S.,** 1995. Analytical chemistry of foods blackie academic and Professional. 178, Glasgow.
- Jayaraman, K.S., Das Gupta, D.K., Babu Rao, N.,** 1990. Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower. *International Journal of Food Science Technology*, 25:47-60.
- Jiménez, A.M., Martínez-Tomé, M., Egea, I., Romojaro, F., Murcia, M.A.,** 2008. Effect of industrial processing and storage on antioxidant activity of apricot. *European Food Research Technology*, 227:125–134.

- Jin, W., Zhang, M., Shi, W., 2019.** Evaluation of ultrasound pretreatment and drying methods on selected quality attributes of bitter melon (*Momordica charantia* L.) *Drying Technology*, 37 (3):387-396.
- Jongen, W., 2002.** Fruit and vegetables processing. Wood Head Publishing in Food Science and Technology. Jongen, W., eds, Woodhead Publ, Ltd and CRC Press, LLC. Netherlands, p.388
- Kahveci, K., Cihan, A., 2007.** Transport phenomena during drying of food materials. V.N. Pletney (Ed.), Focus on food engineering research and developments, Nova Science Publishers Inc, New York (USA), 13-163.
- Kantaş, Y., 2007.** Effect of ultrasound on drying rate of selected produce. *PhD. Thesis*, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 188s.
- Kaplan Ince, O., Ince, M., Yonten, V., Goksu, A., 2017.** A food waste utilization study for removing lead (II) from drinks. *Food Chemistry*, 214:637–643.
- Karabulut, I., Gokbulut, I., Bilenler, T., Sislioglu, K., Ozdemir, I.S., Bahar, B., Çelik, B., Seyhan, F., 2018.** Effect of fruit maturity level on quality, sensory properties and volatile composition of two common apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties. *Journal of Food Science Technology*, 55:2671-2678.
- Karabulut, I., Topcu, A., Duran, A., Turan, S., Ozturk, B., 2007.** Effect of hot air drying and sun drying on color values and b-carotene content of apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 40:753–758.
- Karatas, N., Sengul, M., 2020.** Some important physicochemical and bioactive characteristics of the main apricot cultivars from Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44:651–661.
- Kaymak, F., 1993.** Bezelye ve çeşitli meyvelerde ozmatik dehidrasyon ön işleminin incelenmesi ve kurutma üzerine etkileri. *Doktora Tezi*. Ege Üniversitesi, Bornova-İzmir, s192.
- Kek, S.P., Chin, N.L., Yusof, Y.A., 2013.** Direct and indirect power ultrasound assisted pre-osmotic treatment in convective drying of guava slices. *Food and Bioproduct Processing*, 91:495-506.
- Khan, M.R., 2012.** Osmotic dehydration technique for fruits preservation-A review. *Pakistan Journal of Food and Science*, 22:71-85.
- Khin, M.M., Zhou, W., Yeo, S.Y., 2007.** Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by maltodextrin as the coating material and their textural properties *Journal of Food Engineering*, 81:514-522.
- Khuri, A.I., Mukhopadhyay, S., 2010.** Response Surface Methodology, Wegman, E.J., Said, Y.H., , Scott, D.W., (Eds.), Wiley Interdisciplinary Reviews-Computational Statistics, Vol. 2, Wiley, Hoboken, New Jersey, pp.128-149

- Kim, M.H Toledo, R.T.,** 1987. Effect of osmotic dehydration and high temperature fluidized bed drying on properties of dehydrated rabbiteye blueberries. *Journal of Food Science*, 52(4):480-489.
- Kim, D.O., Jeong, S.W., Lee, C.Y.,** 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:7292–7295.
- Kim, M.J., Kim, C.Y., Park, I.,** 2005. Prevention of enzymatic browning of pear by onion extract. *Food Chemistry*, 89:181-184.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D.,** 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science and Technology*, 15(5):261-266.
- Koç, B., Kaymak-Ertekin, F.,** 2010. Yanıt yüzey yöntemi ve gıda işleme uygulamaları. *Gıda*, 35(1):63-70.
- Konopacka, D., Plocharski, W.J.,** 2004. Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. *Postharvest Biology and Technology*, 32:205-211.
- Koprivica, G., Mišljenov,c, N., Levic, L.J., Pribiš, V.,** 2009. Changes in nutritive and textural quality off apple osmodehydrated in sugar beet molasses and saccharose solutions. *Acta Periodica Technologia*, 40:47–55.
- Kowalska, H., Lenart, A.,** 2001. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *Journal of Food Engineering*, 49:137–140.
- Kroehnke, J., Szadzinska, J., Radziejewska-Kubzdela, E., Bieganska-Marecik, R., Musielak, G., Mierzwa, D.,** 2021. Osmotic dehydration and convective drying of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) – the influence of ultrasound on process kinetics and product quality. *Ultrasonics Sonochemistry*, 71, 105377.
- Lagnika, C., Huang J., Jiang, N., Li, D., Liu,C., Song, J., Wei, Q., Zhang, M.,** 2018. Ultrasound-assisted osmotic process on quality of microwave vacuum drying sweet potato. *Drying Technology*, 36 (11):1367-1379.
- Lazarides, H., Mavroudis, N.,** 1995. Freeze/thaw effect on mas tranfer rates during osmotic dehydration. *Food Science and Technology*, 60:826-828.
- Lazarides, H.N.,** 1994. Osmotic pre-concentration: Developments and prospects. Minimal processing of foods and process optimization: An interface, R.P, Singh, R.P. ve Oliveira F.A.R. CRC Press, London, UK.
- Leonelli, C., Mason, T.J.,** 2010. Microwave and ultrasonic processing: Now a realistic option for industry. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 49(9):885–900.

- Lewicki, P.P.**, 2006. Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science and Technology*, 17:153–163.
- Lewicki, P.P., Jakubczyk, E.**, 2004. Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples. *Journal of Food Engineering*, 64:307–314.
- Lewicki, P.P., Lukaszuk, A.**, 2000. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. *Journal of Food Engineering*, 45:119–126.
- Li, L., Yu, Y., Xu, Y., Wu, J., Yang, W.**, 2021. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the drying characteristics and quality properties of sanhua plum (*Prunus salicina* L.). *LWT- Food Science and Technology*, 138:110653.
- Lombard, G.E., Oliveira, J.C., Fito, P., Andres, A.**, 2008. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *Journal of Food Engineering*, 85:277–284.
- Lopez, P., Burgos, J.**, 1995, Lipoxygenase Inactivation by Manothermosonication: Effects of Sonication Physical Parameters, PH, KCl. Sugars, Glycerol and Enzyme Concentration, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43:620–625.
- Louise, E.K., Patrícia, M.A., Fernanda, E.X.M., Kil, J.P.**, 2012. drying kinetic of fresh and osmotically dehydrated mushroom (*Agaricus Blazei*). *Journal of Food Process Engineering*, 35:295–313.
- Lowithun, N., Charoenrein, S.**, 2009. Influence of osmodehydrofreezing with different sugars on the quality of frozen rambutan. *International Journal Food and Science Technology*, 44:2183–2188.
- Maltini, E., Torreggiani, D.**, 1981. A new application of osmosis: the production of shelf-stable fruits. in proceeding of 240th event. *European Federation of Chemical Engineering*, Milan, Italy, s55.
- Marani, C.M., Agnelli M.E., Mascheroni, R.H.**, 2007. Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation, *Journal of Food Engineering*, 79:1122-1130.
- Maskan, M.**, 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48:169–75.
- Mason, T.J., Paniwnyk, L., Lorimer, J.P.**, 1996. The uses of ultrasound in food technology, *Ultrasonics Sonochemistry*, 3:253–260.
- Mazza, G.**, 1983. Dehydration of carrots. Effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality. *Journal of Food Technology*, 18:113-123.
- McClements, D.J.**, 1995. Advances in application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in Food Science and Technology*, 6(9):293-299.

- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., Des Marchais, L.P.,** 2011. Evolution of porosity, shrinkage and density of pasta fortified with pea protein concentrate during drying. *LWT-Food Science Technology*, 44:883-890.
- Miranda, G., Berna, A., Salazar, D., Mulet, A.,** 2009. Sulphur dioxide evolution during dried apricot storage. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 42:531–533.
- Moreno, J., Chiralt, A., Escriche, I., Serra, J.,** 2000. Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Research International*, 33:609-616.
- Moreno, J., Simpson, R., Pizarro, N., Pavez, C., Dorvil, F., Petzold, G.,** 2003. Influence of ohmic heating/osmotic dehydration treatments on polyphenoloxidase inactivation, physical properties and microbial stability of apples (cv. Granny Smith). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 20:198-207.
- Moreno, J., Simpson, R., Sayas, M., Segura, I., Aldana, O., Almonacid, S.,** 2011. 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.
- Moy, J.H., Lau, N.B.H., Dollar, A.M.,** 1978. Effects of sucrose and acids on osmotic dehydration of tropical fruits. *Journal of Food Engineering*, 2:131-135.
- Mundada, M., Hathan, B.S., Maske, S.,** 2011. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pomegranate arils. *Journal of Food Engineering*, 57:31-39.
- Myers R.H., Montgomery D.C.,** 1995. Response Surface Methodology, process and product optimization using designed experiments. 2nd ed. John Wiley and Sons, New York,
- Nazlı, A.,** 2010. Kabaası kayısı çeşidinde klon seleksiyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 103s..
- Neumann, H.J.,** 1972. Dehydrated celery: effects of predrying treatments and rehydration procedures on reconstitution. *Journal of Food Science*, 37:437- 441.
- Nieto, A.B., Vicente, S., Hodara, K., Castro, M.A., Alzamora, S.M.,** 2013. Osmotic dehydration of apple: Influence of sugar and water activity on tissue structure, rheological properties and water mobility. *Journal of Food Engineering*, 119(1):104-114.
- Nowacka, M., Fijalkowska, A., Wiktor, A., Dadan, M., Tylewicz, U., Dalla Rosa, M., Witrowa-Rajchert, D.,** 2018. Influence of power ultrasound on the main quality properties and cell viability of osmotic dehydrated cranberries. *Ultrasonics*, 83:33-41.

- Nowacka, M., Tylewicz, U., Laghi, L., Dalla Rosa, M., Witrowa-Rajchert, D.,** 2014. Effect of ultrasound treatment on the water state in kiwi fruit during osmotic dehydration. *Food Chemistry*, 144:18-25.
- Nowacka, M., Wedzik, M.,** 2016. Effect of ultrasound treatment on microstructure, colour and carotenoid content in fresh and dried carrot tissue. *Applied Acoustics*, 103, part B:163-171.
- Nsonzi, F.,** 1997. Osmo-convective drying behavior of blueberries. PhD Thesis, McGill University, Montreal, Canada, 177p.
- O'Donnell, C.P., Tiwari, B.K., Bourke, P., Cullen, P.J.,** 2010. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance, *Trends in Food Science and Technology*, 21:358–367.
- Ohnishi, S., Miyawaki, O.,** 2005. Osmotic dehydrofreezing for protection of rheological properties of agricultural products from freezing-injury. *Food Science and Technology Research*, 11:52–58.
- Oladejo, A.O., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., Wu, B., Yang, X.,** 2017. Influence of ultrasound pretreatments on diffusion coefficients, texture and colour of osmodehydrated sweet potato (*Ipomea batatas*). *International Journal of Food Science and Technology*, 51(4):1–9.
- Onwude, D.I., Hashim, N., Janius, R., Nawi, N.M., Abdan, K.,** 2017. Color change kinetics and total carotenoid content of pumpkin as affected by drying temperature. *Italian Journal of Food Science*, 29:1–18.
- Osorio, C., Franco, M.S., Castaño, M.P., Gonzáles-Miret, M.L., Heredia, F., Morales, A.L.,** 2007. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. *International Journal of Food Engineering Research*, 8:353-359.
- Ortakçı, Y.,** 2011. Parçacık Sürü Optimizasyonu Yöntemlerinin Uygulamalarla Karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üniversitesi, Karabük, 63s.
- Ozdemir, M.,** 2001. Mathematical analysis of color changes and chemical parameters of roasted hazelnuts. *Ph.D. Thesis*, Istanbul Technical University, 161pp.
- Ozuna, C., Gómez, T., Riera, E., Cárcel, J.A., Garcia-Perez, J.V.,** 2014. Influence of material structure on air-borne ultrasonic application in drying. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21:1235–1243.
- Ozuna, C., Puig, A., García-Pérez, J.V., Cárcel, J.A.,** 2014. Ultrasonically enhanced desalting of cod (*Gadus morhua*). Mass transport kinetics and structural changes. *LWT- Food Science and Technology*, 59:130–137.
- Özbek, S.,** 1978. Özel Meyvecilik (Kışın Yaprğını Döken Meyve Türleri) Çukurova üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları:128 Ders kitabı, s11.

- Özçelik, M.**, 2012. Ülkemizde endüstriyel üretimi olmayan bir makarna çeşidinin mikrodalga-vakum kurutma teknolojisi kullanılarak üretim sisteminin tasarlanması ve işletim parametrelerinin optimizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Ankara, 177s.
- Özdemir, M., Özen, B.F., Dock, L.L., Floros, J.D.**, 2008. Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response surface methodology. *Food Science and Technology*, 41:2044-2050.
- Özdikicierler, O.**, 2016. Zeytinyağı ve prina yağında 3-MCPD oluşumu üzerine su buharı distilasyon koşullarının etkisi. *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi. İzmir, 110s.
- Özler, C.**, 2006. Optimum Toleransların belirlenmesinde cevap yüzeyi yöntemlerinin kullanılması üzerine bir inceleme, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21:71-83.
- Parjoko, K., Rahman, M.S., Buckle, K.A., Perera, C.O.**, 1996. Osmotic dehydration kinetics of pineapple wedges using palm sugar. *LWT- Food Science Technology*, 29:452-459.
- Pattanapa, K., Therdthai, N., Chantrapornchai, W., Zhou, W.**, 2010. Effects of sucrose and glycerol mixtures in the osmotic solution on characteristics of osmotically dehydrated mandarin cv.(SaiNamphaung). *Food Science Technology*, 45:1918-1924.
- Pearce, R.S.**, 2001. Plant freezing and damage. *Annals of Botany*, 87:417-424.
- Phisut, N.**, 2012. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *Food Science Technology*, 19:7-18.
- Piyasena, P., Mohareb, E., Mckellar, R.C.**, 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 87(3):207-216.
- Pokharkar, S.M.**, 2001. Kinetic model for osmotic dehydration of green peas prior to air drying. *Food Science Technology*, 38:557-560.
- Pomeranz, J., Meloan, E.C.**, 1971. Food analysis theory and practice. Ame-rika: The Avi Publishing Co., Inc.
- Ponting, J.D., Watters, G.G., Forrey, R.R., Jackson, R., Stanley, W.L.**, 1966. Osmotic Dehydration of Fruits. *Food Technology*, 20(10):125-128.
- Ponting, J.D.**, 1973. Osmotic dehydration of fruits. recent modifications and applications. *Process Biochemistry*, 8:18-20.
- Ponting, J.D., Watters, G.G., Forrey, R.R., Jackson, R., Stanley, W.L.**, 1966. Osmotic dehydration of fruits. *Food Technol-Chicago*, 20:125-128.

- Porciuncula, B.D.A., Zotarelli, M.F., Carciofi, B.A.M., Laurindo, J.B., 2013.** Determining the effective diffusion coefficient of water in banana (Prata variety) during osmotic dehydration and its use in predictive models *Journal of Food Engineering*, 119:490-496.
- Prithani, R., Dash, K.K., 2020.** Mass transfer modelling in ultrasound assisted osmotic dehydration of kiwi fruit. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 64, 102407.
- Prosapio, V., Norton, I., 2017.** Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze drying performance. *LWT- Food Science and Technology*, 80:401–408.
- Queiroz, C., Mendes Lopes, M.L., Fialho, E., Valente- Mesquitai V.L., 2008.** Polyphenol oxidase: characteristics and mechanisms of browning control. *Food Reviews International*, 24:361-375.
- Radojcin, M., Babić, M., Babić, L., Pavkov, I., Bukurov, M., Bikić, S., ve ark., 2015.** Effects of osmotic pretreatment on quality and physical properties of dried quinces (Cydonia oblonga). *Journal of Food and Nutrition Research*, 54(2):142-154.
- Rahaman, A., Zeng, X.A., Kumari. A., Rafiq, M., Siddeeg, A., Manzoor, M.F., Baloch, Z., Ahmed., Z., 2019.** Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on texture, bioactive compounds and metabolites analysis of plum. *Ultrasonics Sonochemistry*, 58, 104643.
- Ramaswamy, H.S., 2005.** Osmotic drying. Workshop on drying of food and pharmaceuticals. *Fourth Asia Pacific Drying Conference*, Kolkata, India, December 2005.
- Rastogi, N.K., 2011.** Opportunities and challenges in application of ultrasound in food processing. *Food Science and Nutrition*, 51(8):705-722.
- Rastogi, N.K., Angersbach, A., Knorr, D., 2000.** Evaluation of mass transfer mechanism during osmotic treatment of plant materials. *Journal of Food and Science*, 65:1016-1021.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Niranjana, K., Knorr, D., 2002.** Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science and Technology*, 13(2):48–59.
- Ratti, C., 2001.** Hot air and freeze-drying of high value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49:311-319.
- Ricce, C. Rojas, M.L., Miano, A.C., Siche, R., Augusto, E.D., 2016.** Ultrasound pre-treatment enhances the carrot drying and rehydration. *Food Research International*, 89:701-708.

- Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Paganga, G., 1997.** Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, 2:152–159.
- Riva, M., Campolongo, S., Leva, A.A., Maestrelli, A., Torreggiani, D., 2005.** Structure-property relationships in osmo-air-dehydrated apricots cubes. *Food Research International*, 38:533–542.
- Riva, M., Masi, P., 1990.** Osmodehydration of grapes. *Engineering and Food Vol. 2. Preservation processes and related techniques*, pp. 711-721, eds. Spiess, W.E.L., and Schubert, H., Elsevier Science Publishers, London.
- Rodrigues, S., Oliveira, F.I.P., Gallao, M.I., Fernandes, F.A.N., 2009.** Effect of immersion time in osmosis and ultrasound on papaya cell structure during dehydration. *Drying Technology*, 27(2):220–225.
- Roueita, G., Hojjati, M., Noshad, M., 2020.** Study of physicochemical properties of dried kiwifruits using the natural hypertonic solution in ultrasound-assisted osmotic dehydration as pretreatment. *International Journal of Fruit Science*, 20(2):491-507.
- Ruiz, D., Egea, J., Tomas-Barberan, F.A., Gil, M.I., 2005.** Carotenoids from new apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties and their relationship with flesh and skin color. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(16):6368-6374.
- Rzaça, M., Witrowa-Rajchert, D., Tylewicz, U., Rosa, M.D., 2009.** Mass exchange in osmotic dehydration process of Kiwi fruits | Wymiana masy w procesie odwadniania osmotycznego owoców Kiwi. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc/Food Science Technology Quality*, 6(67):140-149.
- Sakooei-Vayghan, R., Peighambardoust, SH., Hesari, J., Soltanzadeh, M., Peressini, D., 2020.** Properties of dried apricots pretreated by ultrasound-assisted osmotic dehydration and application of active coatings. *Food Technology and Biotechnology*, 58(3):249–59.
- Sango, D.M., Abela, D., McElhatton, A., Valdramidis, V.P., 2014.** Assisted ultrasound applications for the production of safe foods. *Journal of Applied Microbiology*, 116(5):1067-1083.
- Santos, H.M., Lodeiro, C., Capelo-Martinez, J.L., 2009.** The power of ultrasound. Ed. José-Luis Capelo-Martínez, *Ultrasound in Chemistry: Analytical Applications*. Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, Weinheim.
- São José, J.F.B., Vanetti, M.C.D., 2012.** Effect of ultrasound and commercial sanitizers in removing natural contaminants and *Salmonella enterica* Typhimurium on cherry tomatoes. *Food Control*, 24(1-2):95-99.
- Serradilla, M.J., Lozano, M., Bernalte, M.J., Ayuso, M.C., Lopez-Corrales, M. Gonzalez Gomez, D., 2011.** Physicochemical and bioactive properties evolution during ripening of ‘Ambrunes’ sweet cherry cultivar. *LWT–Food Science and Technology*, 44:199-205.

- Shekar, F., Javadi.,** 2019. The effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of apple slices (var.Golab). *Journal of Food Biosciences and Technolog*, 9:83-94.
- Shi, J.,** 2008. Osmotic dehydration of foods, *Food drying science and technology: Microbiology, chemistry, applications*, pp. 275-295, (eds: Hui, Y.H., Clary, C., Farid, M.M., Fasina, O.O., Noomhorm, A., Welti-Chanes, J.), DEStech Publication, Inc., Lancaster, PA:
- Silva Júnior, E.V., Melo, L.L., Medeiros, R.A.B., Barros, Z.M.P., Azoubel, P.M.,** 2018. Influence of ultrasound and vacuum assisted drying on papaya quality parameters *LWT- Food Science and Technology*, 97:317-322.
- Silva, F.M., Sims, C., Balaban, M.O., Silva, C.L.M., O’Keefe, S.,** 2000. Kinetics of flavor and aroma changes in thermally processed Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pulp. *Journal of Science Food Agriculture*, 80:783-787.
- Silveira, L.O., do Rosário, D.K.A., Giori, A.C.G., Oliveira, S.B.S., da Silva Mutz, Y., Marques, C.S., Bernardes, P.C.,** 2018. Combination of peracetic acid and ultrasound reduces *Salmonella Typhimurium* on fresh lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *Journal of Food Science and Technology*, 55(4):1535-1540.
- Singh, P., Panesar, S.P., Nanda, V.,** 2008. Optimization of osmotic dehydration process of carrot cubes in sucrose solution. *Journal of Food Process Engineering*, 31:1-20.
- Soria, A. C., Willamiel, M.,** 2010. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food, *Trends in Food Science and Technology*, 21: 323–331
- Souraki, B.A., Ghaffari, A., Bayat, Y.,** 2012. Mathematical modeling of moisture and solute diffusion in the cylindrical green bean during osmotic dehydration in salt solution. *Food and Bioproducts Processing*, 90:64–71.
- Speck, P., Escher, F., Soolms, J.,** 1977. Effect of salt pretreatment on quality and storage stability of air-dried carrots. *LWT–Food Science and Technology*, 10(6):308-313.
- Şahbaz, F.,** 1998. Su ve Buz *Gıda Kimyası*, editör İ. Saldamlı, *Hacettepe Üniversitesi Basımevi* Ankara, 9-36s.
- Tadesse, T.F., Abera, S., Worku, S.,** 2015. Nutritional and sensory properties of solar-dried carrot slices as affected by blanching and osmotic pre-treatments. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 5:24-32.
- Tao, Y., Sun, D.W.,** 2015. Enhancement of food processes by ultrasound: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(4):570-594.
- Tavman, Ş., Kumcuoğlu, S., Akaya, Z.,** 2009. Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu, *GIDA*, 34(3):175–182.

- Thakur, B.R., Nelson, P.E.,** 1997. Inactivation of lipoxygenase in whole soy flour suspension by ultrasonic cavitation, *Food/Nahrung*, 41(5):299–301.
- Topdaş, E. F., Başlar, M., Ertugay M. F.,** 2011. Elmaların ozmotik kurutulması üzerine ultrases işleminin etkisi. *Akademik Gıda*, 9(5):6-10.
- Topdaş, E.F., Ertugay, M.F.,** 2013. Kayısların ultrases yardımcı ozmotik kurutulması. *Gıda*, 38(5):299-306.
- Torreggiani, D., Bertolo, G.,** 2001. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering*, 49:247–253.
- Tortoe, C.,** 2010. A review of osmotic dehydration for food industry. *African Journal of Food Science Research*, 4:303-324.
- Tylewicz, U., Panarese, V., Laghi, L., Rocculi, P., Nowacka, M., Placucci, G., DallaRosa, M.,** 2011. NMR and DSC water study during osmotic dehydration of *Actinidia deliciosa* and *Actinidia chinensis* Kiwifruit. *Food Biophysics*, 6(2):327-333.
- Ulusoy, K. ve Karakaya, M.,** 2011, Gıda Endüstrisinde Ultrasonik Ses Dalgalarının Kullanımı, *Akademik Gıda*, 36 (2): 113–120.
- URL-1.,** 2007. <http://faostat.fao.org>. Apricot Production.
- URL-2.,** 2021. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF>. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü. 08 Nisan 2021.
- URL-3.,** 2020. <http://faostat.fao.org>. Crops. 26 Mayıs 2020.
- URL-4.,** 2021. <http://www.fao.org/faostat/en/#search/Apricot%20Production>. Apricot production. 15 Mayıs 2021.
- URL-5.,** 2020. <http://www.tuik.gov.tr>. Kayısı üretim istatistikleri. 01 Temmuz 2020.
- URL-6.,** 2021. <https://www.xrite.com/blog/tolerancing-part-3>. Tolerancing Part 3: Color Space vs. Color Tolerance. 12 Nisan 2021
- Us, F.,** 2006. Ozmotik kurutma. *Türkiye 9. Gıda Kongresi Bolu*, 24-26 Mayıs, s. 65-68.
- Uzunoğlu, T.P.,** 2012. Yüksek güçlü ultrases işleminin kısa ve uzun ömürlü ayranın mikrobiyolojik ve duyu özelliklerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Vadivambal, R., Jayas, D.S.,** 2007. Changes in quality of microwave-treated agricultural products-A review. *Biosystems Engineering*, 98:1–16.

- Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S.,** 2014. Physical and sensory properties of ready to eat apple chips produced by osmo-convective drying. *Journal of Food and Science Tecnology*, 51(12):3691–3701.
- Vercet, A., Lopez, P., Burgos, J.,** 1997. Inactivation of heat-resistant lipase and protease from *pseudomonas fluorescens* by manothermosonication. *Dairy Science*, 80:29–36.
- Vieira, G.S., Pereira, L.M., Hubinger, M.D.,** 2012. Optimization of osmotic dehydration process of guavas by response surface methodology and desirability function. *International Journal of Food Science and Technology*, 47:132-140.
- Villamiel, M., Soria, A.C.,** 2010. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 21:323-331.
- Wiktor, A., Sledz, M., Nowacka, M., Rybak, K., Witrowa-Rajchert, D.,** 2016. The influence of immersion and contact ultrasound treatment on selected properties of the apple tissue. *Applied Acoustics*, 103 part B:136-142.
- Witrowa-Rajchert, D., Wiktor, A., Sledz, M., Nowacka, M.,** 2014. Selected emerging technologies to enhance the drying process: A review. *Drying Technology*, 32(11):1386–1396.
- Wu, J., Lin, L., Chau, F.T.,** 2001. Ultrasound-assisted extraction of ginseng saponins from ginseng roots and cultured ginseng cells, *Ultrasonics Sonochemistry*, 8:347–352.
- Yılmaz, B.,** Kurutmada ultrason kullanımının ürün kalitesi ve kuruma davranışına etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, İzmir, 114s.
- Yıldız, D.,** 2019. Balkabağı dilimlerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmasında ön işlem olarak ultrases destekli ozmotik kurutma kullanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Ordu Üniversitesi, Ordu, 65s.
- Zhao, Y., Xie, J.,** 2004. Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing. *Trends in Food Science and Technology*, 15:434–451.
- Zhou, B., Feng, H., Luo, Y.,** 2009. Ultrasound enhanced sanitizer efficacy in reduction of *Escherichia coli* O157:H7 population on spinach leaves. *Journal of Food Science*, 74(6):308-313.
- Zlabur, J.Š., Voca, S., Dobricevic, N., Pliestic, S., Galic, A., Boricevic, A., Boric, N.,** 2016. Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from lemon balm and peppermint leaves. *Interntional Agrophysics*, 30(1):95–104.
- Zorlugenç, K.F.,** 2010. Ozmotik dehidrasyon uygulamasının trabzon hurması meyvelerinin kuruma davranışı ve ürün kalitesi üzerine etkileri. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana, 199s.

EKLER

Ek Tablo 3A. Su kaybı değerlerine uygulanan ardışık model karelerinin toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Ortalama	12861.75	1	12861.75		
Lineer	626.33	3	208.78	48.97	< 0.0001
2FI	8.12	3	2.71	0.5720	0.6462
Quadratik	42.36	3	14.12	20.00	0.0008
Kübik	0.7846	3	0.2615	0.2516	0.8570
Kalıntı	4.16	4	1.04		
Toplam	13543.51	17	796.68		

Ek Tablo 3B. Su kaybı değerine ait model uyum eksikliği testi tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Lineer	51.27	9	5.70	5.48	0.0583
2FI	43.15	6	7.19	6.92	0.0411
Quadratik	0.7846	3	0.2615	0.2516	0.8570
Kübik	0.0000	0			
Saf hata	4.16	4	1.04		

Ek Tablo 3C. Su kaybı değerlerine ait model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart hata	R ²	Adj- R ²	Pred- R ²	Press
Lineer	2.06	0.9187	0.8999	0.8777	83.35
2FI	2.18	0.9306	0.8890	0.8427	107.23
Quadratik	0.8403	0.9927	0.9834	0.9721	19.05
Kübik	1.02	0.9939	0.9756		

Ek Tablo 3Ç. Katı kazanımı değerine uygulanan ardışık model karelerinin toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Ortalama	554.38	1	554.38		
Lineer	40.02	3	13.34	54.91	< 0.0001
2FI	1.54	3	0.5136	3.18	0.0721
Quadratik	1.29	3	0.4310	9.29	0.0077
Kübik	0.0979	3	0.0326	0.5757	0.6609
Kalıntı	0.2267	4	0.0567		
Toplam	597.56	17	35.15		

Ek Tablo 3D. Katı kazanımı değerine ait model uyum eksikliği testi tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Lineer	2.93	9	0.3257	5.75	0.0538
2FI	1.39	6	0.2318	4.09	0.0970
Quadratik	0.0979	3	0.0326	0.5757	0.6609
Kübik	0.0000	0			
Saf hata	0.2267	4	0.0567		

Ek Tablo 3E. Katı kazanımı değerine ait model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart hata	R^2	Adj- R^2	Pred- R^2	Press
Lineer	0.4929	0.9269	0.9100	0.8696	5.63
2FI	0.4022	0.9625	0.9401	0.9019	4.24
Quadratik	0.2153	0.9925	0.9828	0.9555	1.92
Kübik	0.2381	0.9948	0.9790		

Ek Tablo 3F. Kuruma süresi değerine uygulanan ardışık model karelerinin toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri
Ortalama	3.062E+06	1	3.062E+06		
Lineer	57606.25	3	19202.08	47.21	< 0.0001
2FI	4231.25	3	1410.42	13.35	0.0008
Quadratik	795.37	3	265.12	7.10	0.0157
Kübik	81.25	3	27.08	0.6019	0.6473
Kalıntı	180.00	4	45.00		
Toplam	3.125E+06	17	1.838E+05		

Ek Tablo 3G. Kuruma süresi değerine ait model uyum eksikliği testi tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri
Lineer	5107.87	9	567.54	12.61	0.0132
2FI	876.62	6	146.10	3.25	0.1371
Quadratik	81.25	3	27.08	0.6019	0.6473
Kübik	0.0000	0			
Saf hata	180.00	4	45.00		

Ek Tablo 3Ğ. Kuruma süresi değerine ait model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart hata	R ²	Adj- R ²	Pred- R ²	Press
Lineer	20.17	0.9159	0.8965	0.8312	10617.63
2FI	10.28	0.9832	0.9731	0.9435	3552.89
Quadratik	6.11	0.9958	0.9905	0.9749	1581.25
Kübik	6.71	0.9971	0.9886		

Ek Tablo 3H. Etkin difüzyon katsayısına ait ardışık model karelerinin toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Ortalama	961.33	1	961.33		
Lineer	6.52	3	2.17	12.19	0.0004
2FI	0.4197	3	0.1399	0.7370	0.5536
Quadratik	1.20	3	0.4014	4.05	0.0581
Kübik	0.1042	3	0.0347	0.2356	0.8676
Kalıntı	0.5898	4	0.1474		
Toplam	970.16	17	57.07		

Ek Tablo 3I. Etkin difüzyon katsayısına ait model uyum eksikliği testi tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Lineer	1.73	9	0.1920	1.30	0.4277
2FI	1.31	6	0.2181	1.48	0.3672
Quadratik	0.1042	3	0.0347	0.2356	0.8676
Kübik	0.0000	0			
Saf hata	0.5898	4	0.1474		

Ek Tablo 3İ. Etkin difüzyon katsayısına ait model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart hata	<i>R</i> ²	Adj- <i>R</i> ²	Pred- <i>R</i> ²	Press
Lineer	0.4223	0.7377	0.6771	0.5919	3.61
2FI	0.4357	0.7852	0.6563	0.4826	4.57
Quadratik	0.3149	0.9215	0.8205	0.7070	2.59
Kübik	0.3840	0.9333	0.7330		

Ek Tablo 3J. Rehidrasyon oranı değerine uygulanan ardışık model karelerinin toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Ortalama	57.75	1	57.75		
Lineer	0.1388	3	0.0463	26.16	< 0.0001
2FI	0.0016	3	0.0005	0.2418	0.8653
Quadratik	0.0161	3	0.0054	7.08	0.0158
Kübik	0.0013	3	0.0004	0.4393	0.7374
Kalıntı	0.0040	4	0.0010		
Toplam	57.91	17	3.41		

Ek Tablo 3K. Rehidrasyon oranı için model uyum eksikliği testi tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Lineer	0.0190	9	0.0021	2.11	0.2452
2FI	0.0174	6	0.0029	2.91	0.1602
Quadratik	0.0013	3	0.0004	0.4393	0.7374
Kübik	0.0000	0			
Saf hata	0.0040	4	0.0010		

Ek Tablo 3L. Rehidrasyon oranı için model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart hata	R ²	Adj- R ²	Pred- R ²	Press
Lineer	0.0421	0.8579	0.8251	0.7751	0.0364
2FI	0.0463	0.8675	0.7880	0.6207	0.0614
Quadratik	0.0275	0.9672	0.9250	0.8313	0.0273
Kübik	0.0316	0.9753	0.9012		

Ek Tablo 3M. Sertlik değeri için ardışık model karelerinin toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Ortalama	1.198E+06	1	1.198E+06		
Lineer	10736.53	3	3578.84	30.43	< 0.0001
2FI	625.21	3	208.40	2.31	0.1387
Quadratik	592.09	3	197.36	4.43	0.0480
Kübik	75.87	3	25.29	0.4289	0.7437
Kalıntı	235.87	4	58.97		
Toplam	1.211E+06	17	71216.31		

Ek Tablo 3N. Sertlik değeri için model uyum eksikliği testi tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Lineer	1293.17	9	143.69	2.44	0.2029
2FI	667.96	6	111.33	1.89	0.2804
Quadratik	75.87	3	25.29	0.4289	0.7437
Kübik	0.0000	0			
Saf hata	235.87	4	58.97		

Ek Tablo 3O. Sertlik değeri için model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart hata	R ²	Adj- R ²	Pred- R ²	Press
Lineer	10.85	0.8753	0.8466	0.7787	2714.75
2FI	9.51	0.9263	0.8821	0.7861	2623.67
Quadratik	6.67	0.9746	0.9419	0.8710	1582.46
Kübik	7.68	0.9808	0.9231		

Ek Tablo 3Ö. Renk değişim oranı için ardışık model karelerinin toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Ortalama	5080.10	1	5080.10		
Lineer	468.27	3	156.09	17.15	< 0.0001
2FI	74.50	3	24.83	5.66	0.0157
Quadratik	38.09	3	12.70	15.43	0.0018
Kübik	2.51	3	0.8357	1.03	0.4696
Kalıntı	3.25	4	0.8133		
Toplam	5666.72	17	333.34		

Ek Tablo 3P. Renk değişim oranı için model uyum eksikliği testi tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	<i>F</i> -değeri	<i>p</i> -değeri
Lineer	115.10	9	12.79	15.73	0.0088
2FI	40.60	6	6.77	8.32	0.0298
Quadratik	2.51	3	0.8357	1.03	0.4696
Kübik	0.0000	0			
Saf hata	3.25	4	0.8133		

Ek Tablo 3R. Renk değişim oranı için model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart hata	R ²	Adj- R ²	Pred- R ²	Press
Lineer	3.02	0.7983	0.7517	0.6139	226.48
2FI	2.09	0.9253	0.8804	0.7666	136.91
Quadratik	0.9071	0.9902	0.9776	0.9230	45.20
Kübik	0.9018	0.9945	0.9778		

Ek Tablo 3S. Hue açısı için ardışık model karelerinin toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri
Ortalama	76844.43	1	76844.43		
Lineer	85.86	3	28.62	2.15	0.1430
2FI	121.16	3	40.39	7.79	0.0057
Quadratik	38.42	3	12.81	6.69	0.0183
Kübik	1.93	3	0.6423	0.2240	0.8754
Kalıntı	11.47	4	2.87		
Toplam	77103.27	17	4535.49		

Ek Tablo 3Ş. Hue açısı için model uyum eksikliği testi tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri
Lineer	161.51	9	17.95	6.26	0.0465
2FI	40.35	6	6.73	2.35	0.2144
Quadratik	1.93	3	0.6423	0.2240	0.8754
Kübik	0.0000	0			
Saf hata	11.47	4	2.87		

Ek Tablo 3T. Hue açısı için model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart hata	R ²	Adj- R ²	Pred- R ²	Press
Lineer	3.65	0.3317	0.1775	-0.3547	350.64
2FI	2.28	0.7998	0.6797	0.1552	218.66
Quadratik	1.38	0.9482	0.8817	0.8116	48.75
Kübik	1.69	0.9557	0.8227		

Ek Tablo 3U. Kroma değeri için ardışık model karelerinin toplamı

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri
Ortalama	21106.38	1	21106.38		
Lineer	22.88	3	7.63	5.92	0.0090
2FI	7.64	3	2.55	2.80	0.0950
Quadratik	6.31	3	2.10	5.24	0.0329
Kübik	0.2134	3	0.0711	0.1097	0.9500
Kalıntı	2.59	4	0.6482		
Toplam	21146.01	17	1243.88		

Ek Tablo 3Ü. Kroma değeri için model uyum eksikliği testi tablosu

Varyasyon kaynağı	Kareler toplamı	Df (Serbestlik derecesi)	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri
Lineer	14.16	9	1.57	2.43	0.2040
2FI	6.52	6	1.09	1.68	0.3212
Quadratik	0.2134	3	0.0711	0.1097	0.9500
Kübik	0.0000	0			
Saf hata	2.59	4	0.6482		

Ek Tablo 3V. Kroma değeri için model istatistikleri

Varyasyon kaynağı	Standart hata	R ²	Adj- R ²	Pred- R ²	Press
Lineer	1.14	0.5773	0.4797	0.2099	31.31
2FI	0.9546	0.7701	0.6321	0.2126	31.21
Quadratik	0.6332	0.9292	0.8382	0.8116	7.47
Kübik	0.8051	0.9346	0.7383		