



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



**VAKUMLU EMDİRİM İŞLEMİNİN ARMUDUN
KALİTE ÖZELLİKLERİ VE KURUMA DAVRANIŞI
ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Şeyma UYSAL

Danışman: Prof. Dr. Fikret PAZIR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir
2019

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**VAKUMLU EMDİRİM İŞLEMİNİN ARMUDUN
KALİTE ÖZELLİKLERİ VE KURUMA DAVRANIŞI
ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Şeyma UYSAL

Danışman: Prof. Dr. Fikret PAZIR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Teknolojisi Yüksek Lisans Programı

**Bornova-İzmir
2019**

KABUL ONAY SAYFASI

Şeyma UYSAL tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan "VAKUMLU EMDİRİM İŞLEMİNİN ARMUDUN KALİTE ÖZELLİKLERİ VE KURUMA DAVRANIŞI ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ" başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 21 Ağustos 2019 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Prof. Dr.Fikret PAZIR
Raportör Üye : Doç.Dr.Seda Ersus BİLEK
Üye : Dr. Öğr. Üyesi İsmail EREN

İmza

.....
.....
.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "VAKUMLU EMDİRİM İŞLEMİNİN ARMUDUN KALİTE ÖZELLİKLERİ VE KURUMA DAVRANIŞI ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ" başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

03 / 09 / 2019

İmzası

Şeyma K/YSAL



ÖZET**VAKUMLU EMDİRİM İŞLEMİNİN ARMUDUN KALİTE ÖZELLİKLERİ VE KURUMA DAVRANIŞI ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

UYSAL, Şeyma

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fikret PAZIR

158 sayfa

Tez çalışmamızda ilk amacımız armut meyvesinin kurutulması öncesinde uygulanabilecek işlemlerden biri olan vakumlu emdirim yöntemi koşullarının ‘Yanıt Yüzey Yöntemi’ ile optimizasyonunun gerçekleştirilmesi, ikinci amacımız ise armut meyvesinin kurutulması sırasında kurutma sıcaklığı ve vakumlu emdirim işleminin kuruma davranışı üzerine etkisinin irdelenmesidir.

Vakumlu emdirim işlemi öncesinde polifenoloksidaz enzim inaktivasyonunun sağlanması amacıyla armutlara haşlama işlemi uygulanmıştır. Vakumlu emdirim işlemi koşullarının ‘Yanıt Yüzey Yöntemi’ ile optimizasyonu için vakum değeri (200-350-500 mbar), vakum süresi (15-30-45 dk.) ve emdirim çözelti konsantrasyonu (30-40-50 °Briks) bağımsız değişkenler olarak belirlenmiştir. Katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde içeriği ve L* değeri yanıt olarak seçilerek Central Composite Dizayn ile optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Vakumlu emdirim işlemi sırasında emdirim çözeltisi olarak deiyonize elma suyu konsantresi kullanılmıştır. Vakumlu emdirim işleminin sabit tutulan diğer koşulları olan sıcaklık 35 °C, gıda çözelti oranı 1/5 (w/w), restorasyon süresi 60 dk olarak belirlenmiştir. Optimizasyon işlemi sonucunda optimum koşullar 225 mbar vakum basıncı, 45 dk. vakum süresi ve 50 °Briks çözelti konsantrasyonu olarak belirlenmiştir.

Optimum koşullarda vakumlu emdirim işlemi uygulanan armutlar 55, 65 ve 75 °C sıcaklıkta ve 1m/s sabit hava hızında %15 sabit neme kadar kurutulmuştur. Vakumlu emdirim işlemi ve kurutma sıcaklığının armutların kuruma kinetiği incelendiğinde 55 ve 65 °C’ ye kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış

armut örnekleri için Page modeli ve 75 °C’de kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örneklerinde Difüzyon modeli uygun model olarak bulunmuştur. Vakumlu emdirim uygulanmış örneklerde ise 55 ve 65 °C kurutulan örnekler için Difüzyon modeli ve 75 °C’de kurutulan örnekler için ise Page modeli uygun model olarak bulunmuştur.

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış örnekler için efektif difüzyon katsayısı (D_{eff}) ve aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır. Efektif difüzyon katsayısı vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için 3.65×10^{-11} ve 7.31×10^{-11} m²/s; vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örnekler için ise 2.74×10^{-11} ve 4.57×10^{-11} m²/s aralığında bulunmuştur. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için aktivasyon enerjisi 32.93 kJ / mol ve vakumlu emdirim işlemi uygulanmış armut örnekleri için aktivasyon enerjisi 24.26 kJ / mol olarak hesaplanmıştır.

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örneklerinin kurutulmasında sıcaklığın etkisi incelendiğinde pH, titrasyon asitliği, a* ve b* değerleri sıcaklık arttıkça önce azalmakta sonra artmaktadır. L*, yapışkanlık, antioksidan aktivite değerlerinin sıcaklık arttıkça azaldığı ve sertliğin arttığı görülmüştür.

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış armut örneklerinin kurutulmasında sıcaklığın etkisine bakılacak olursa pH, b* L*, antioksidan aktivite değerlerinin sıcaklığın artması ile önce arttığı daha sonra azaldığı görülmüştür. Titrasyon asitliği, a*, sertlik değerlerinin sıcaklık artmasıyla arttığı ve yapışkanlığın azaldığı görülmüştür. Puanlama testi sonucunda en yüksek puanı alan örnek vakumlu emdirim işlemi uygulanan ve 65 °C’de kurutulmuş örnekler olmuştur.

Anahtar sözcükler: Vakumlu Emdirim, Optimizasyon, Central Composite Dizayn Kurutma, Kurutma Kinetiği

ABSTRACT**EFFECT OF VACUUM IMPREGNATION ON QUALITY CHARACTERISTICS AND DRYING KINETICS OF PEAR**

UYSAL, Şeyma

MSc in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Fikret PAZIR

158 pages

The first aim of our thesis is the optimization of vacuum impregnation which is one of the pre-treatments that can be applied before drying the pear with Response Surface Method, The second aim is to examine the effect of drying temperature and vacuum impregnation on drying kinetics of pear.

The pears were blanched before vacuum impregnation process in order to inactivation of the polyphenoloxidase enzyme. Independent variables were determined as vacuum pressure (200-350-500 mbar), vacuum time (15-30-45 min.) and impregnation solution concentration (30-40-50 °Brix) for optimization vacuum impregnation process by Respnse Surface Metodology. The changes in the responses which were selected as solid gain, water loss, total phenolic compound, and lightness (L^*) value were optimized by 'Centrak Composite design'. The deionized apple juice concentrate was used an impregnation solution. The parameters which were kept constant in the vacuum impregnation process were temperature (35°C), restoration time (60 min) and a ratio of food over solution (1/5)(w/w) . Optimized conditions were determined as 225 mbar, 45 min. and 50 °Brix.

Drying experiments were performed at different temperatures (55, 65 and 75 °C). The air velocity was 1 m/s and was kept constant at the process. The drying was going on the moisture content of the product became 15%. The Page model was best fitted model for non -vacuum impregnated pearss dried at 55 and 65 °C and diffusion model were determined for dried at 75 °C.The appropriate model for vacuum impregnated pears dried at 55 and 65 °C were Diffusion and the Page model was suitable model for dried at 75 °C.

The effective diffusion coefficient (D_{eff}) and the activation energy were calculated for vacuum impregnated and non-vacuum impregnated samples. The effective diffusivity coefficients for the non-vacuum impregnated pears was between 3.65×10^{-11} and 7.31×10^{-11} m²/s and range effective diffusivity coefficients for vacuum impregnated was from 2.74×10^{-11} to 4.57×10^{-11} m²/s. The activation energy for the non-vacuum impregnated pears was 32.93 kJ / mol and the activation energy for the pears with vacuum impregnation was calculated as 24.25 kJ /mol.

When the effect of temperature is examined in drying of pear samples without vacuum impregnation, pH, titration acidity, a * and b * before increasing and after decreasing as the temperature increases. L *, adhesiveness, antioxidant activity values decreased and hardness increased with increasing temperature.

When the effect of temperature on drying of pear samples with vacuum impregnation was examined, it was seen that pH, b * L *, antioxidant activity values increased with increasing temperature and then decreased. It was observed that titration acidity, a *, hardness values increased with increasing temperature and adhesiveness decreased. As a result of the scoring test, the sample with the highest score was vacuum-impregnated and dried at 65 °C.

Key words: Vacuum Impregnation, Optimization, Central Composite Design, Drying, Drying Kinetics

ÖNSÖZ

Çalışmamızın amacı kurutma işlemi öncesi uygulanabilecek ön işlemlerden biri olan vakumlu emdirim işlemi koşullarının optimizasyonunun gerçekleştirilmesi ve kurutma sıcaklığı ile vakumlu emdirim işleminin armut kurutma işlemi üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Kurutulmuş armutların duyusal ve kalite özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla vakumlu emdirim işlemi sırasında emdirim çözeltisi olarak sıklıkla kullanılan sakkaroz, glikoz gibi şeker türevleri yerine deiyonize elma suyu konsantresi kullanılarak meyvelerin kendilerine has şekerlerin emdirilmesi hedeflenmiştir. Sakkaroz ve glikozun sağladığı dezanatajların minimuma indirilmesi amaçlanmış ve meyve içeriğinin mümkün olduğunda az değişmesine neden olacak bir emdirim çözeltisi seçilmek istenmiştir. Kurutma öncesi uygulanan vakumlu emdirim işlemi ile armut içerisindeki suyun bir kısmının uzaklaştırılması hedeflenmiştir. Vakumlu emdirim işlemi ile kurutmanın ürün üzerinde neden olduğu olumsuz değişiklikler minimize edilmek istenmiştir.

Bu hedeflere ulaşabilmek amacıyla Yanıt Yüzey Metodolojisi ile vakumlu emdirim işleminin belirlenen kalite özellikleri dikkate alınarak optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Uygun vakumlu emdirim işlemi koşulları belirlendikten sonra kurutma işlemi için uygun koşulların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda armutlar farklı sıcaklıklarda kurutulmuş ve tüketici beğenisine sunularak uygun koşullar belirlenmiştir. Vakumlu emdirim işlemi uygulanarak kurutulmuş armut kurusu üretimi için kalite ve duyusal özellikleri en iyi olan ürünün belirlenmesi hedeflenmiştir.

İZMİR

03/09/2019

Şeyma UYSAL



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Armut.....	3
2.1.2 Dünyada armut üretimi.....	3
2.1.3 Türkiye’de armut üretimi.....	4
2.3 Ozmotik Dehidrasyon.....	6
2.4 Vakumlu emdirim (Vakum Uygulaması).....	7
2.4.1 Hidrodinamik mekanizması (HDM) ve deformasyon-gevşeme olayı....	9
2.4.2 Vakumlu emdirim işlemi uygulama yöntemleri.....	10
2.4.3 Vakumlu emdirim işlemi etkileyen faktörler.....	11
2.5 Kurutma.....	16
2.6 Kurutma Modelinin Belirlenmesi.....	17
2.7 Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Methodology).....	21
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	24
3.1 Gereç.....	24
3.1.1 Armutların boyutlandırılması.....	25
3.1.2 Haşlama.....	26

İÇİNDEKİLER(DEVAM)

	<u>Sayfa</u>
3.2. Yöntem.....	27
3.2.1.Vakumlu emdirim işlemi	28
3.2.2 Kurutma İşlemi	32
3.2.3 Analiz Metotları	37
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	46
4.2 Yanıt Yüzey Metodolojisi ile Vakumlu emdirim İşlemi Koşullarının Optimizasyonu	48
4.2.1 Modelin oluşturulması	48
4.2.2 İşlem değişkenlerinin armutların katı kazanımı üzerine etkisi	53
4.2.3 İşlem değişkenlerinin armutların sıvı kaybı üzerine etkisi	56
4.2.4 İşlem değişkenlerinin armutların toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi	59
4.2.5 İşlem değişkenlerinin armutların L*(parlaklık) üzerine etkisi.....	62
4.2.6 Optimizasyon	65
4.2.7 Optimizasyon sonuçlarının deneysel doğrulanması.....	67
4.3. Su Aktivitesi, Suda Çözünür Kuru Madde, pH ve Titrasyon Asitliği, Antioksidan Aktivite, Sertlik, Yapışkanlık, Renk (a* ve b*), Toplam Kuru Madde Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	68
4.3.1 İşlem değişkenlerinin armutların toplam kuru madde içeriği üzerine etkisi	74
4.3.2 İşlem değişkenlerinin armutların su aktivitesi üzerine etkisi.....	74
4.3.3 İşlem değişkenlerinin armutların suda çözünür kuru madde üzerine etkisi	75
4.3.4 İşlem değişkenlerinin armutların pH ve titre edilebilir asitlik üzerine etkisi	76

İÇİNDEKİLER(DEVAM)

	<u>Sayfa</u>
4.3.5 İşlem değişkenlerinin armutların antioksidan aktivite (IC ₅₀) üzerine etkisi.....	77
4.3.6 İşlem değişkenlerinin armutların sertlik ve yapışkanlık üzerine etkisi	78
4.3.7 İşlem değişkenlerinin armutların a* ve b* renk değerleri üzerine etkisi	78
4.4. Vakumlu emdirim İşlemi Uygulanmış ve Uygulanmamış Örneklerin Kurutulması	79
4.4.1 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış örneklerin kurutma davranışının incelenmesi	80
4.4.2 Kurutma işleminin vakumlu emdirim işlemi uygulanmış ve uygulanmamış armutların kalite özellikleri üzerine etkisi.....	91
4.5. Duyusal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	97
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	99
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	103
TEŞEKKÜR	113
ÖZGEÇMİŞ.....	114
EKLER

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Ülkemizde armut üretimi (1000 ton) (Armut İstatistikleri,2018).....	4
2.2 Deveci armudu.....	5
2.3 Hidrodinamik mekanizması ve deformasyon -gevşemem olayı sırasında hücreler arasındaki kapillerlerde meydana gelen değişimler (Fito et al.,1996).....	10
2.4 Vakumlu emdirim işlemi 1. uygulama yöntemi	11
2.5 Vakumlu emdirim işlemi 2. uygulama yöntem	11
2.6 Kabin kurutucu şematik gösterimi (Kocayiğit,2010)	17
3.1 Denemelerde kullanılan ‘Deveci’ armutları	24
3.2 Deiyonize elma suyu konsantresi	25
3.3 Armutların boyutlandırılması	25
3.4 Haşlama işlemi.....	27
3.5 Taze armut ve kaynayan suda (~96 °C) haşlama denemeleri sonucu armut örnekleri.....	27
3.6 Armuda uygulanacak vakumlu emdirim ve kurutma işlemi basamakları	28
3.7 Vakumlu emdirim işleminin gerçekleştirildiği vakum etüv	31
3.8 Vakumlu emdirim işlemi ve saf su ile yıkama işlemi uygulanan örnekler.....	32
3.9 Armutların kurutulması için kullanılan laboratuvar tipi tepsili kurutucu.....	33

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.10 Analizlerde kullanılan vakumlu etüv (WiseVen WOW-30 (Almanya))	38
3.11 Örneklerin hazırlanması için kullanılan ultratraks	38
3.12 Suda çözünür kuru madde analizinde kullanılan refraktometre (Krüss (Almanya))	39
3.13 Inolab marka pH level 7110 model (Almanya) pH metre	39
3.14 Titrasyon asitliği tayini için kullanılan düzenek	40
3.15 Testo 400 (Almanya) model su aktivitesi cihazı	41
3.16 Konica minolta CR-400 (Japonya) model kolorimetre	41
3.17 Agilent Technologies Cary 60 UV-VIS Spektrofotometresi (ABD)	42
3.18 Antioksidan aktivite tayini sonucunda örnekler	43
3.19 Polifenoloksidaz aktivitesi tayini sonucu enzim ekstraktları	43
3.20 TA-XT plus tekstür analiz (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) cihazı	44
4.1 Vakum değerive konsantrasyonun göre katı kazanımının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri	54
4.2 Vakum süresi ve konsantrasyona göre katı kazanımının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri	55
4.3 Vakum süresi ve vakum basıncına göre katı kazanımının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri	56
4.4 Vakum süresi ve vakum basıncına göre sıvı kaybının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri	58

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.5 Vakum değeri ve konsantrasyona göre sıvı kaybının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri	58
4.6 Vakum süresi ve konsantrasyona göre sıvı kaybının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri	59
4.7 Vakum süresi ve vakum basıncına göre toplam fenolik madde değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri	61
4.8 Vakum değeri ve konsantrasyona göre toplam fenolik madde değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri	61
4.9 Vakum süresi ve konsantrasyona göre toplam fenolik madde değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri	62
4.10 Vakum süresi ve vakum basıncına göre L^* değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri.....	64
4.11 Vakum değeri ve konsantrasyona göre L^* değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri.....	64
4.12 Vakum süresi ve konsantrasyona göre L^* değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri.....	65
4.13 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armutlar için MR-Zaman grafikleri	80
4.14 Vakumlu emdirim işlemi uygulanan armutlar için MR-Zaman grafikleri ...	81
4.15 55 °C’de kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için deneysel ve page modelinden elde edilen MR verileri.....	85

ŞEKİLLER DİZİNİ (DEVAM)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.16 65 °C’de kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için deneysel ve page modelinden elde edilen MR verileri	86
4.17 75 °C’de kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için deneysel ve difüzyon modelinden elde edilen MR verileri.....	86
4.18 55 °C’de kurutulan vakumlu emdirim uygulanmış örnekleri için deneysel ve difüzyon modelinden elde edilen MR verileri	87
4.19 65 °C’de kurutulan vakumlu emdirim uygulanmış örnekleri için deneysel ve difüzyon modelinden elde edilen MR verileri	87
4.20 65 °C’de kurutulan vakumlu emdirim uygulanmış örnekleri için deneysel ve page modelinden elde edilen MR verileri	88
4.21 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örneklerine ait $\ln(D_{\text{eff}})-1/T$ grafikleri.....	89
4.22 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış örneklere ait $\ln(D_{\text{eff}})-1/T$ grafikleri	90
4.23 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış kuru armut örneklerinin puanlama testine sunuluşu	98
4.24 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış kuru armut örneklerinin puanlama testine sunuluşu	98

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Dünya da armut üretimi (ton) (FAO,2019).....	3
2.2 Deveci armudunun bileşimi (Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı,2018) ..	5
2.3 “Desirability “ fonksiyonlarının standart tahminleme skalası.....	23
3.1.Haşlama işlemi ön denemeleri polifenoloksidaz enzim aktivasyon ve % enzimi aktivasyon değerleri.....	26
3.2 Vakumlu emdirim işlemi için bağımsız değişkenler ve yanıtları (bağımlı değişkenler).....	28
3.3 Vakumlu emdirim işlemi sabit parametreleri	29
3.4 “Central Composite” dizaynı deneme planı için değişkenler ve seviyeleri.....	29
3.5‘Central Composite’Dizaynı ile oluşturulan deneme deseni	30
3.6 Optimizasyon için belirlenen yanıtlar ve optimizasyon hedefleri	31
3.7 Kurutma kinetiğinin incelenmesi için irdelenen kurutma modelleri	35
3.8 Örneklere uygulanacak olan analizler ve uygulama aşamaları.....	37
4.1 Taze armut, haşlanmış armut ve deiyonize elma suyu konsantresinin fiziko- kimyasal özellikleri.....	46
4.2 Vakumlu emdirim işlemi sonucunda elde edilen armutların katı kazanımı, sıvı kayı, toplam fenolik madde içeriği ve L* sonuçları	49
4.3 Modellere ait regresyon katsayısı R^2 , düzeltilmiş regresyon katsayısı R_{adj}^2 , Adequate precision ve varyasyon katsayısı (C.V.) değerleri.....	50

TABLOLAR DİZİNİ (DEVAM)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.4 Katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde içeriği ve L* cevaplarına ait ANOVA tablosu.....	52
4.5 Katı kazanımı, sıvı kaybı, L* ve fenolik madde yanıtları için belirlenen optimizasyon hedefleri	66
4.6 Vakumlu emdirim işlemi için desirability fonksiyonu yaklaşımı ile belirlenen optimum nokta çözümleri.	66
4.7 Optimum noktanın doğrulama denemeleri sonuçları	67
4.8 Optimum noktanın doğrulama denemelerinden elde edilen deneysel verilerin ortalamaları ile modelden tahminlenen değerlerin karşılaştırılması	67
4.9 Vakumlu emdirim işlemi sonucu elde edilen armutların toplam kuru madde, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, ph ve titrasyon asitliği, antioksidan aktivite, sertlik, yapışkanlık, renk (a* ve b*) analiz sonuçları.....	69
4.10 Vakumlu emdirim işleminin toplam kuru madde, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, ph ve titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisini gösteren ANOVA tablosu	70
4.11 Vakumlu emdirim işleminin antioksidan aktivite, sertlik, yapışkanlık, a* ve b* değerleri üzerine etkisini gösteren ANOVA tablosu	71
4.12 Kurutma modellerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi (R2 , χ^2 , RMSE değerleri)	83
4.13 Farklı sıcaklıklarda kurutulan armutlar için model katsayıları	84
4.14 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış armutların farklı sıcaklıklar için efektif difüzyon katsayıları.....	88

TABLOLAR DİZİNİ (DEVAM)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.15 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış kuru armut örneklerine ait analiz sonuçları	92
4.16 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanarak kurutulmuş armutların Duyusal Analiz Sonuçları	97



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

x_i : Bağımsız değişkenin boyutsuz(kodlanmış) değeri

ΔX_i : Bağımsız değişkendeki basamak artışı

X_i : Bağımsız değişkenin gerçek değeri

$(X_i)^{-}$: Bağımsız değişkenin merkez noktasındaki gerçek değeridir.

M_R : boyutsuz nem oranı,

M_0 : başlangıç nem içeriği,

M_t : t anındaki nem içeriği

M_e : denge nem içeriği,

α_n 'ler ise denklemin kökleri

D_{eff} = efektif difüzyon katsayısı (m^2/s)

M_R : boyutsuz nem oranı

KK =Katı Kazanımı (%)

SK =Sıvı Kaybı (%)

1.GİRİŞ

Armut meyvesi değişik çeşitleriyle yılın her mevsiminde geniş hasat olanağına sahip yumuşak çekirdekli meyveler arasında yer almaktadır. Armut elmadan sonra yetiştirilme alanı en geniş olan yumuşak çekirdekli meyvedir. Armut meyvesinin sahip olduğu zengin potasyum ve diyet lifi içeriği ile tüketimi önerilen meyveler arasındadır. Özellikle alerjen özelliği az olan meyvelerden biri olmasından dolayı bebekler için tüketimi önerilen meyveler arasında yer almaktadır.

Meyvelerin taze olarak tüketiminin yanı sıra kurutarak tüketimi meyvelerin gün içinde tüketimini kolaylaştırmaktadır. Kuru meyvelerin gün içerisinde ara öğün ve tatlı ihtiyacının giderilmesi amacıyla sağlıklı atıştırmalıklar olarak tüketimi artmaktadır. Kuru meyve tüketiminde üzüm, kayısı, incir gibi klasik kuru meyveler dışında armut gibi meyvelerin tüketimi ve pastacılık, süt ürünleri gibi sektörlerde kullanımı da artmaktadır.

Kurutma işlemi meyvelerin tüketimi ve gıda sanayinde kullanışlılığını arttırması ile birlikte meyvelerin özellikle sıcak hava akımlı kurutucular (kabin kurutucular gibi) ile kurutulması bu işlem sırasında meyvelerin kalite özelliklerinde önemli azalmalara neden olabilmektedir. Bu olumsuz etkiyi en aza indirmek için kurutma işleminden önce haşlama, ozmotik dehidrasyon, vakumlu emdirim gibi değişik ön işlemler uygulanabilmektedir.

Yukarıda belirtilen ön işlemler ile kurutma sırasında ürün kalitesi iyileştirebildiği gibi kurutma koşulları da son ürün kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Kabin kurutucular gibi sıcak hava akımı kurutma işleminin gerçekleştiği kurutma işlemlerinde kurutma sıcaklığı, hava akım hızı gibi parametreler kuruma süresi ve son ürün kalitesini etkileyen ana değişkenlerdir. Kurutma işlemi koşulları, hem son ürün kalitesini hem de kuruma davranışı üzerine etkisini etkilemektedir. Farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurumaya uygun kinetik modellerde değişmekte ve efektif difüzyon, aktivasyon enerjisi gibi kurutma davranışı hakkında bilgi veren değerler kurutma koşullarına göre değişkenlik göstermektedir. Bu neden ürüne uygun kurutma koşullarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu nedenlerle bu çalışmanın ilk aşamasında polifenoloksidaz enzim inaktivasyonunu sağlamak amacıyla haşlama işlemi uygulanmış haşlama

işleminde sonra kurutma öncesi uygulanabilecek olan ön işlemlerden biri olan vakumlu emdirim işleminin koşullarının Design Expert programı yardımı ile Yanıt Yüzey Metodolojisi kullanılarak belirlenen bağımlı ve bağımsız değişkenler doğrultusunda optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise optimum koşullarda vakumlu emdirim işlemi uygulanmış ve uygulanmamış örnekler farklı sıcaklıklarda kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonunda armutlar için kurutma kinetiği incelenmiş ve model uygunluğu belirlenmiştir. Kuru armutlarda gerçekleştirilen analizlerle vakumlu emdirim işlemi ve kurutma sıcaklığının armutların kalite özellikleri üzerine etkisi irdelenmiştir.



2.GENEL BİLGİLER

2.1 Armut

Armut, gülgiller (*Rosaceae*) familyasının *Maloideae* alt familyasında sınıflanan *Pyrus* cinsine ait ağaç nitelikli bitki türleri ve bu türlerden bazılarının yenilebilir meyvelerinin ortak adıdır. Armut, elma ve üzümün sonra üçüncü önemli ılıman iklim meyvesidir (Itai,2007).

Dünyadaki armut çeşitlerinin sayısı 5000'in üzerinde olup ülkemizde bu sayı 640'ı bulmaktadır. Ancak, bunlar arasında kalite ve verimi yüksek olan ve ticarî olarak yetiştirilenlerin sayısı azdır (Karadeniz,1999).

Armutlar kendine özgü tat, gevreklik, kokularından dolayı tüketiciler tarafından çok fazla tercih edilen bir meyvedir. Taze meyve, meyve suyu veya şurup yapılarak, meyve salataları için küp olarak, konserve şeklinde ve kuru meyve olarak değerlendirilmektedir. Toplam armut üretiminin yaklaşık %80'i taze tüketim için kullanılmaktadır. Çok az bir kısmı da kurutularak tüketilmektedir. Kuru armut da sofralık tüketiminin yanında gıda sanayinde hammadde ve yardımcı ürün (meyveli dondurma, yoğurt, tahıl, unlu mamuller) olarak kullanılabilir (Özaydın ve Özçelik,2014).

2.1.2 Dünyada armut üretimi

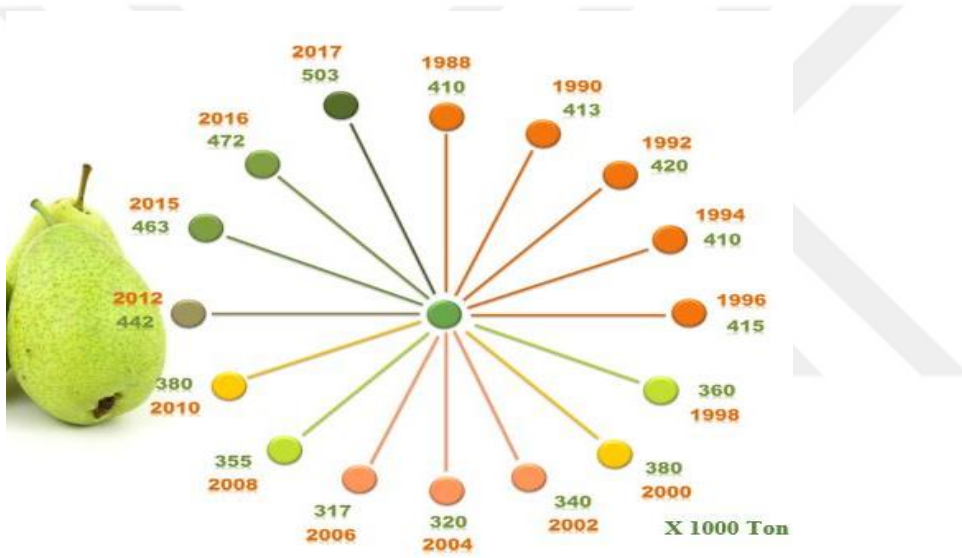
Dünya üzerinde yumuşak çekirdekli meyveler arasında armut üretimi, elmaya göre az gelişmiş olmakla beraber, diğer meyvelerle kıyaslandığında, mutedil iklim bölgelerinde yetiştirilen meyveler arasında elmadan sonra gelmektedir (Ercişli,2004). Dünya armut üretiminde ülkemiz, ABD, Japonya, İspanya, Fransa ve Almanya'dan sonra 6. sırayı almaktadır (Meyvecilik Araştırma Enstitüsü,2018). 2005 -2017 yıllarına ait Dünya Armut üretimi verileri Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Dünya da armut üretimi (ton) (FAO,2019)

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
195376711	19950475	20962501	21144696	22471341	22557785	24062301
2012	2013	2014	2015	2016	2017	
24310420	25323814	26016189	24621710	23676110	24168309	

2.1.3 Türkiye’de armut üretimi

Türkiye'deki toplam meyve üretiminin yaklaşık olarak beşte birini yumuşak çekirdekli meyveler yani elma, armut ve ayva teşkil etmektedir. Bunun da % 18'i armuttur (Meyvecilik Araştırma Enstitüsü,2018).Türkiye’de armut üretimi yıldan yıla artmaya devam etmekte, özellikle ‘Deveci’, ‘Santa Maria’ ve ‘Williams’ türü armutların üretimi artmaktadır (Şen vd., 2009).Türkiye’de armut ağaç varlığı bakımından Ege (%18), Marmara (%18), Orta Kuzey (%16) ve Karadeniz (%15) ile ilk sıralarda yer almaktadır. Üretim verileri incelendiğinde ise Marmara (%26), Akdeniz (%17), Orta Kuzey (%13) ve Ege Bölgesi ile Karadeniz Bölgesi (%12) ilk sıralarda yer almaktadırlar (Akçay vd.,2009).Türkiye’nin yıllara göre armut üretimine ait istatistiksel veriler Şekil 2.1’de 1000 ton olacak şekilde verilmiştir.



Şekil 2.1. Ülkemizde armut üretimi (1000 ton) (Armut İstatistikleri,2018)

Şekil 2.1 ‘de görüldüğü gibi yıllar geçtikçe ülkemizde de armut üretimi artmaktadır. Anavatanı Anadolu olan armut çeşitlerinden ‘Deveci’ armut çeşidi ülkemizde yüksek oranda üretim miktarına sahiptir (Şen vd., 2009).

Deveci armudu meyvesi iri ve çok iri, basık, alt kısmı geniş, boyunsuzdur. Çiçek çukuru derindir. Meyve yüzeyi hafif girintili çıkıntılı olup kabuğu ince, zemin rengi sarı, passız, bazen güneş gören yüzü pembemsi kırmızıdır. Meyve eti beyaz, gevrek, sulu, az, tatlı ve orta kalitededir. Yeme olumunda fazla yumuşamaz. Ekim ayının üçüncü haftasında olgunlaşır ve toplanır. Kış armudu olarak da bilinir. Depolamaya uzun süre dayanır (Şen vd., 2009).Deveci armudunun iç ve dış görünümü Şekil 2.2’ de verilmiştir.



Şekil 2.2 Deveci armudu

Armut meyvesinin bileşimi çeşide, yetiştirildiği bölgelere ve meyvelerin olgunluk durumlarına göre değişmektedir. Meyvelerdeki su miktarı yaklaşık %82-85 arasında değişmektedir. Kuru maddenin %9-11’ini şekerler oluşturmakta, olgunlukla birlikte şeker oranı artmaktadır. Armutlarda organik asitlerden malik asit (elma asidi) ile sitrik asit (limon asidi) bulunmaktadır. Meyvelerdeki toplam asit miktarı ise %0.13-0.58 arasındadır (Özaydın ve Özçelik,2014). Deveci armut meyvesine ait diğer bileşenler Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2 Deveci armudunun bileşimi (Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı,2018)

Bileşen	Birim	Ortalama	Bileşen	Birim	Ortalama
Enerji	kJ	227	Fosfor, P	mg	15
Su	g	84,62	Kalsiyum, Ca	mg	11
Kül	g	0,31	Magnezyum, Mg	mg	10
Protein	g	0,51	Potasyum, K	mg	136
Azot	g	0,08	Sodyum, Na	mg	3
Yağ, toplam	g	0,15	Çinko, Zn	mg	0,08
Karbonhidrat	g	10,96	C vitamini	mg	3,5
Lif, toplam diyet	g	3,50	Tiamin	mg	0,012
Lif, suda çözünür	g	0,29	Riboflavin	mg	0,013
Lif, suda çözünmeyen	g	3,20	Niasin	mg	0,318
Sakaroz	g	0,16	B-6 vitamini, toplam	mg	0,022
Glukoz	g	3,63	Folat, gıda	µg	7
Fruktoz	g	7,30	A vitamini	RE	4
Tuz	mg	9	Beta-karoten	µg	50
Demir, Fe	mg	0,20	Lutein	µg	29

Tablo 2.2 incelendiğinde karbonhidrat içeriğinin protein ve yağ içeriklerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Genel olarak meyvelerde olduğu gibi fruktoz içeriğinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Mineral içeriği incelendiğinde ise potasyum açısından zengin bir meyve olduğu görülmektedir. Ayrıca armut meyvesinin zengin bir diyet lifi kaynağı olduğu tablodan görülmektedir.

Armut gibi meyvelerin içerdikleri bileşenlerin yardımıyla sağladığı yararlar nedeniyle tüketimlerinin artırılması amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Son yıllarda beslenme alışkanlıklarının değişmesiyle birlikte meyvelerin sadece taze tüketilmesinin dışında kurutulmuş meyve gibi işlenerek tüketilmesine eğilim artmıştır. Kurutulmuş meyvelerin günlük tüketimde ara öğün ve atıştırmalık olarak tüketimi kurutulmuş meyve çeşitliliğinin artmasına neden olmuştur. Meyvelerin birçoğunun yapılarına göre çeşitli kurutma teknikleriyle kurutulması hem hasat mevsimi dışında da bu meyvelerin sağladığı faydalardan yararlanmaya ve atıştırmalık olarak tüketimine olanak sağlamıştır.

Kurutma işleminin armut meyvesinin fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine sağladığı avantajların yanı sıra birçok dezavantajı da bulunmaktadır. Bu nedenle, kurutma yöntemleri üzerine çok sayıda araştırma yapılmış ve kurutma öncesi uygulanan ön işlemler ile kurutmanın dezavantajlarının azaltılabileceği görülmüştür. Kurutma öncesi sitrik asit, tuz çözeltisi, bal, askorbik asit çözeltisine daldırma, kükürtleme, ozmotik dehidrasyon, vakumlu emdirim ve haşlama gibi farklı işlemlerin ön işlem olarak uygulanabileceği belirtilmiştir. (Abano and Sam-Amoah, 2011).

2.3 Ozmotik Dehidrasyon

Ozmotik dehidrasyon, gıdaların ozmotik çözeltiliye daldırılmasıyla dokulardaki suyun kısmen uzaklaştırılması, ozmotik çözeltideki katıların da gıda içerisine geçişi işlemi olarak tanımlanmaktadır (Evgin, 2012). Ozmotik dehidrasyon uygulanmış meyveler ve sebzeler genellikle mikrobiyolojik açıdan güvenli sayılabilecek su aktivitesi değerlerine ulaşamadıkları için bir ön işlem olarak kullanılmaktadır (Us,2006). Ozmotik dehidrasyonun işleminin bir ön işlem olarak kullanılmasının amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Topdaş,2012).

- ✓ Gıdanın besleyiciliğini ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek,
- ✓ Lezzet ve aroma kayıplarını azaltmak,
- ✓ Enerji tasarrufu sağlamak,
- ✓ Kurutucu veya dondurucuya giren ürün miktarını artırmak,

- ✓ Renkte ortaya çıkan kayıplar gibi istenmeyen yapısal değişimleri engellemek ya da en aza indirmek,
- ✓ Ürünün rehidrasyon kapasitesini artırmaktır.

Ozmotik dehidrasyon taze ürün kalitesinde minimum kayıpla suyun uzaklaştırılmasını sağlayan etkili metotlardan biridir. Ürün kalitesi üzerindeki bu olumlu etkinin sebebi olarak işlem sıcaklığının 30-50°C gibi düşük sıcaklıkta olması gösterilmektedir. Düşük sıcaklıklarda ozmos yoluyla yarı geçirgen hücrelerden ürüne katı madde geçişi, üründen çözeltiye su çıkışı olmakta ve hücre zarının olumsuz yönde etkilenmesi engellenmektedir. Ayrıca işlem süresince ürün ozmotik çözelti içinde bekletildiği için oksijene maruz kalmamakta, antioksidan kullanımına gerek kalmamaktadır. Sıcak havada kurutma işlemi öncesi ozmotik kurutmanın bir ön işlem olarak uygulanması son ürün kalitesini geliştirmektedir. Çünkü ozmotik kurutma işlemiyle ürün oksidatif bozulmadan korunmakta, uçucu bileşen kaybı azaltılmaktadır (Bekele and Ramaswamy,2010).

Ozmotik kurutmanın en önemli dezavantajı ise ürünlerdeki bazı suda çözünür bileşenlerin ozmotik çözeltiye geçmesi ve ürün nem içeriğinin yeterli mikrobiyal güvenliğin sağlanabildiği belirli bir değere kadar düşürülememesidir (Us,2006). Uzun işlem süreleri, meyvelerdeki doğal asit ve şeker konsantrasyonunun özütlenmesi nedeniyle tadın ve ürün kabul edilebilirliğinin değişmesi, uzun işlem süresinde uygulanmasının meyve tekstüründe bozulmalara neden olması ozmotik dehidrasyon işleminin diğer dezavantajları olarak görülmektedir (Topdaş,2012).

Ozmotik dehidrasyon işleminin sahip olduğu bu dezavantajları azaltmak veya ortadan kaldırmak amacıyla ozmotik dehidrasyon işlemi ile eş zamanlı uygulanabilecek teknikler üzerine araştırmalar artmıştır. Ultrason uygulaması, vurgulu elektrik alan uygulaması, ohmik ısıtma, vakum uygulaması bu teknikler arasında sayılabilir (Eroğlu ve Yıldız, 2011).

2.4 Vakumlu emdirim (Vakum Uygulaması)

Ozmotik dehidrasyon genellikle atmosferik basınçta uygulanmaktadır. Bununla birlikte yapılan araştırmalar ozmotik dehidrasyon işleminin ilk aşaması olarak kısa bir süre vakum uygulanması durumunda katı kazancı ve su kaybı gibi kütle transfer oranlarının atmosferik basınçta gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işlemine oranla arttığını göstermiştir (Chafer et al.2003; Giraldo et al. 2003; Corzo et al.2007). Kütle transfer hızının artmasıyla kurutma süresi kısalmakta dolayısıyla enerji tüketimi azalmaktadır. Bunların yanı sıra vakum işleminin kullanıldığı uygulamalarda atmosferik basınçta gerçekleştirilen kurutma işlemine kıyasla işlem

sıcaklığı daha düşüktür. Bu da elde edilen ürünlerin renk, tekstür ve lezzet gibi kalite özelliklerinin geleneksel yöntemlerle atmosferik basınç altında kurutulmuş ürünlere kıyasla daha üstün olmasına katkı sağlamaktadır. Vakum uygulaması ozmotik kurutma öncesinde uygulandığı gibi ozmotik kurutma sırasında da uygulanabilmektedir (Eroğlu ve Yıldız,2011).

Bu bilgiler doğrultusunda vakumlu emdirim işlemi, meyve ve sebzelere uygulanan ‘ozmotik dehidrasyon’ işlemine alternatif olarak geliştirilmiş yeni bir teknoloji olarak nitelendirilmektedir. Vakumlu emdirim tekniği; ozmotik dehidrasyon işleminin belirli bir süre vakum altında gerçekleştirilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır (Yılmaz ve Ersus-Bilek, 2017). Bu teknik sayesinde ozmotik dehidrasyon işleminin verimliliğinin arttığı; böylece işlem süresinin kısaldığı belirtilmiştir. İlk olarak ozmotik dehidrasyon işleminin verimliliğini arttırmak için uygulanan vakumlu emdirim tekniği, daha sonraki yıllarda meyve ve sebzeleri gözenekli yapılarının vitamin, mineral, antimikrobiyal madde, fenolik madde, organik asit gibi maddelerle zenginleştirilmesinde ve fonksiyonel yeni ürün geliştirmede etkin olarak kullanılan bir teknik haline gelmiştir (Barrera et al.,2004).

Vakumlu emdirim işlemi kapiler boşluklarda bulunan doğal sıvılar ve gazların uzaklaştırılması, bu boşluklara istenilen bir çözeltinin emdirilmesi ve daha sonra atmosferik basınçta bekletilmesi prensibine dayanmaktadır (Derossi et al.2012).

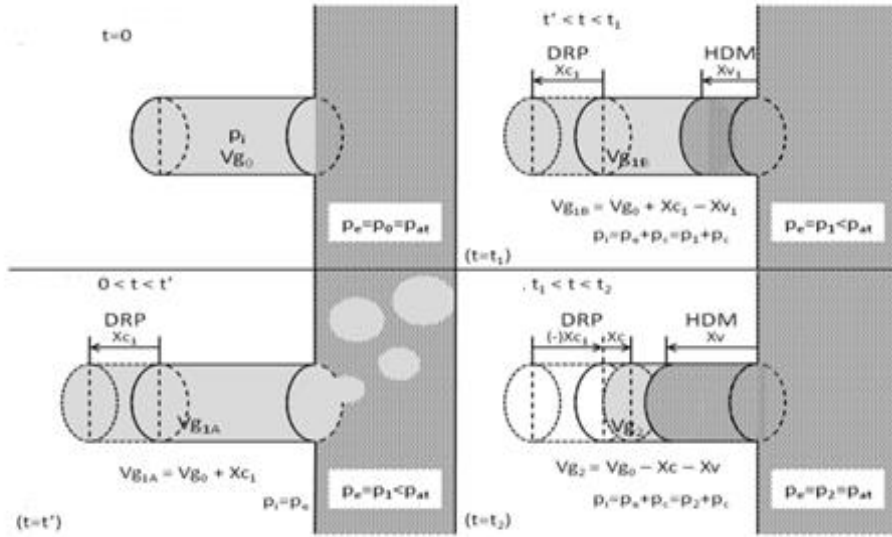
Vakumlu emdirim işlemi kalite özelliklerinin geliştirilmesi sırasında gıdaların gözenekli dokularının hasarını en aza indirmek, rengini, doğal lezzet ve aromasını korumak gibi avantajlarının yanı sıra ısıya duyarlı gıda bileşenlerini koruması açısından da önemli bir yöntemdir. Gıdaların normal havayla veya vakum altında kurutulması sırasında taze meyve dokusunun ve uçucu lezzet bileşenlerinin korunması açısından vakumlu emdirim işlemi önemli bir yöntemdir. Yeni ürün geliştirmede ürünün gözenekli yapısından yararlanarak katkı maddelerinin penetre edilmesiyle ürün kalitesini artırma ve raf ömrünü uzatma sağlanabilmektedir (Karacaoğlu vd.,2016). Vakumlu emdirim işleminde hücreler arası boşluktan gaz çıkışının gerçekleşmesi ve bu boşlukları emdirim çözeltisinin doldurmasından ötürü herhangi bir antimikrobiyal madde kullanılmasa dahi mikrobiyal gelişimin bu teknikle üretilen ürünlerde daha sınırlı olduğu belirtilmektedir (Hironaka et al.,2011). Vakumlu emdirim işlemi mikrobiyal gelişimi sınırlamasıyla birlikte ürünün mikro yapısal ve fiziko kimyasal özelliklerinde de önemli değişikliklere neden olmaktadır (Chiralt et al., 1999; Guamis et al, 1997). Vakumlu emdirim

işleminde uygulanan vakum sayesinde gözeneklerdeki gazın dışarı atılmasıyla oksidatif esmerleşme ve meyve parçalarının rengindeki solmanın önlediği gözlemlenmiştir (Karacaoğlu vd.,2016).

Vakumlu emdirim işlemi sırasında gerçekleşen hücre içindeki havanın dışarı çıkması ve gözeneklerin emdirim çözeltisi ile dolması hidrodinamik mekanizma ve deformasyon-gevşeme olayı ile meydana gelmektedir. Bu olayların gerçekleşme mekanizması Bölüm 2.4.1'deki gibi açıklanabilmektedir.

2.4.1 Hidrodinamik mekanizması (HDM) ve deformasyon-gevşeme olayı

Vakumlu emdirim işlemi 2 aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşamada vakum işlemi uygulanmakta, ikinci aşamada ise atmosferik basınçta bekletme işlemi gerçekleştirilmektedir. Vakumlu emdirim işlemi hidrodinamik mekanizma ve deformasyon-gevşeme olayı olmak üzere 2 ana mekanizma ile gerçekleşmektedir. Hidrodinamik mekanizması ve deformasyon-gevşeme olayı sırasında hücreler arasındaki kapillerlerde meydana gelen değişimler Şekil 2.3' de gösterilmektedir. İlk aşamada kapillerlerdeki iç basınç ve dış basınç atmosfer basıncına eşittir ($P_i=P_e=P_{at}$). Hücreler arasındaki kapillerler (V_{g0}) gaz ile doludur. Vakum uygulanmasıyla birlikte basınç düşer ve basınç farkından dolayı kapillerlerde bulunan gaz uzaklaşmaya başlar. Basınç düşüşüyle birlikte kapillerlerde deformasyon ve genleşme gerçekleşir ve vakumlu emdirim mekanizmalarından biri olan deformasyon-gevşeme olayı gerçekleşmeye başlamıştır. Bu aşamada kapillerlerin hacmi artar ($V_{g1A} = V_{g0} + X_{c1}$) ve bu aşama iç ve dış basınç eşitlenene kadar devam eder. Deformasyon ve gevşeme olayının son aşaması olarak kapillerler emdirim çözeltisi ile dolmaya başlar. Kapillerler arasındaki basınç artar ve hacim azalır ($V_{g1B} = V_{g0} + X_{c1} - X_{v1}$). Vakumlu emdirim işleminin ikinci aşamasında basınç atmosferik basınca getirilir ve hidrodinamik mekanizma gerçekleşmeye başlar. Uygulamaya başlamadan önce kapiler boşluklardaki genleşme daha büyük olmaktadır. Aynı zamanda kapillerlerde basınç oluşumu, basınç kaldırılması ve emdirim çözeltisinin dış ortamdan iç ortama doğru akışı gerçekleşmiş ve kapillerlerde gaz hacmi azalmıştır ($V_{g2} = V_{g0} - X_c - X_v$). Gevşeme aşaması vakumlu emdirim işleminin en önemli aşamalarından biridir. Dokular bu aşamada emdirim çözeltisi ile dolmaktadır. Bu nedenle vakumun uzaklaştırılması hızlı bir şekilde gerçekleştirilmemelidir. Vakumun hızlı bir şekilde uzaklaştırılması kapillerlerin hızlı bir şekilde kapanmasına ve hidrodinamik mekanizmanın gerçekleşmesini engellemektedir (Fito et al.,1996;Salvatori et al.,1999).



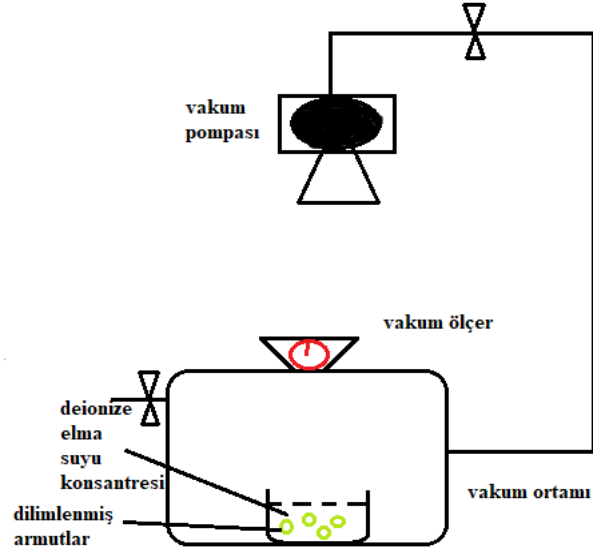
Şekil 2.3 Hidrodinamik mekanizması ve deformasyon -gevşemem olayı sırasında hücreler arasındaki kapillerlerde meydana gelen değişimler (Fito et al.,1996).

(t: zaman; t': iç ve dış basıncın eşitlenme süresi; t₁:vakum süresi; t₂:atmosferik basınç süresi; P₀:başlangıç basıncı; P₁:Vakum basıncı; P₂:son basıncı; P_i: İç basınç; P_e: Dış Basınç; P_c: Kapiler basıncı; P_{at}: Atmosfer basıncı; V_{g0}:Kapillerlerin başlangıç hacmi; V_{g1A}, V_{g1B}, V_{g2}:İşlem aşamasında her aşamasında kapillerlerin hacmi;X_{c1}:Deformasyon gevşeme olayı sonucunda hacimde meydana gelen artış; X_c: Deformasyon gevşeme olayı sonucunda hacimde meydana gelen azalış; X_{v1}: Hidrodinamik mekanizma sonucunda hacimde meydana gelen kısmi azalış; X_v: Hidrodinamik mekanizma sonucunda hacimde meydana gelen kısmi azalış).

2.4.2 Vakumlu emdirim işlemi uygulama yöntemleri

Vakumlu emdirim işlemi 2 farklı şekilde uygulanabilmektedir:

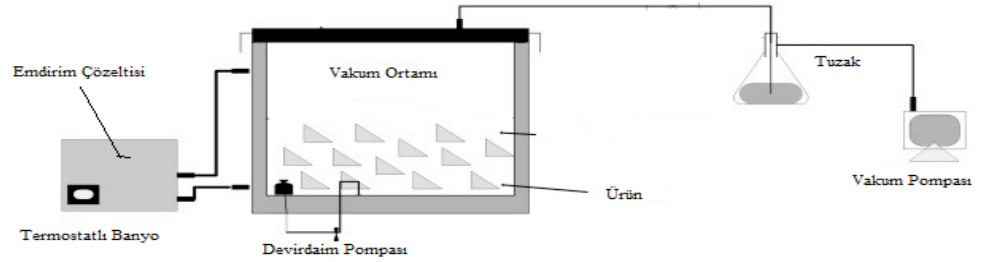
✓ Birinci yöntem kapalı bir tank içerisine vakumlu emdirim işlemi uygulanacak ürün ve emdirim çözeltilisi (şeker şurubu, meyve suyu konsantresi vb.) birlikte yerleştirilir. Daha sonra kapalı tanka belirlenen süre vakum uygulanır. Vakum boşaltılır ve atmosferik basınçta belirlenen sürede bekletilir (Derossi et al.,2013; Perez-Cabrera et al.,2011).Birinci uygulama yöntemi Şekil 2.4'de verilmiştir.



Şekil 2.4 Vakumlu emdirim işlemi 1. uygulama yöntemi

- ✓ İkinci uygulama yönteminde ise ilk aşamada kapalı tanka sadece meyveler yerleştirilir. Emdirim çözeltisi (şeker şurubu, meyve suyu konsantresi vb.) verilmeden önce belirli bir süre vakum uygulanır. Böylelikle meyvelerin içindeki gazlar uzaklaştırılır. İkinci aşamada vakum altında emdirim çözeltisi meyvelerin bulunduğu tanka verilir ve belirli bir süre bekletilir. Üçüncü aşamada ise vakum boşaltılır ve atmosferik basınçta belirlenen sürede bekletilir (Öztürk,2018).

İkinci uygulama yöntemi Şekil 2.5’de verilmiştir.



Şekil 2.5 Vakumlu emdirim işlemi 2. uygulama yöntem

2.4.3 Vakumlu emdirim işlemini etkileyen faktörler

Vakumlu emdirim; kurutma, dondurma ve meyve ve sebzelerin muhafazasında ön işlem olarak sık sık kullanılabilir. Bu nedenle; bu tekniğin ürünlerin fiziko-kimyasal özellikleri ve duyu özelliklerini üzerine etkilerini belirlemek için uygun işlem parametrelerinin seçilmesi gerekmektedir. Vakumlu emdirim işleminin verimliliğini ve son ürün kalitesini etkileyen birçok parametreler

bulunmaktadır. Bu parametreler iç faktörler, dış faktörler olarak iki başlık altında toplanabilmektedir.

2.4.3.1 İç Faktörler:

İç faktörler vakumlu emdirim işlemi uygulanacak ürüne ait olan faktörlerdir. Bu faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- ✓ Ürünün çeşidi, türü
- ✓ Ürünün gözenek yapısı (kapiler yapının genişliği ve dağılımı)
- ✓ Ürünün yüzey alanı, kalınlığı, şekli

Gözenek yapısı vakumlu emdirim işleminin uygulanmasında en önemli parametredir. İşlemin amacına ulaşması için emdirim çözeltilisinin kapiler yapıya geçişinin sağlanması gerekmektedir. Meyveler ve sebzeler; et, balık ve peynir gibi gıdalara göre daha yüksek porozite değerlerine sahiptir. Bu da meyve ve sebzelerin vakumlu emdirim işlemi için daha uygun gıdalar olduğunu göstermektedir (Derossi et.al.,2012). Meyve ve sebzelerin aynı çeşit ve türleri kullanıldığında dahi farklılıklar gözlenebilmektedir. Bu farklılıklar, meyve ya da sebzenin hasat olgunluğu, yetiştiği coğrafya, depoda bekleme süresi gibi birçok faktörden kaynaklanabilmektedir (Gras et al.,2003). Kütle transfer hızını etkilediği bilinen yüzey alanı ve kalınlık, vakumlu emdirim işlemini etkileyen diğer faktörlerdendir (Yılmaz, 2017).

2.4.3.2 Dış Faktörler:

Dış faktörler ise vakumlu emdirim işlemi uygulaması sırasında ürün kalitesini etkileyen faktörlerdir ve aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

- ✓ Vakum değeri
- ✓ Vakum süresi
- ✓ Vakum sonrası bekletme süresi (restorasyon süresi)
- ✓ Emdirim çözeltilisinde kullanılan çözgenin çeşidi, moleküler ağırlığı
- ✓ Emdirim çözeltilisinin konsantrasyonu
- ✓ Emdirim çözeltilisi / gıda oranı
- ✓ Emdirim çözeltilisinin sıcaklığı,
- ✓ Karıştırma

Vakumlu emdirim işleminde vakum basıncı, vakum süresi ve vakum sonrası bekletme süresi gıdaya emdirilen madde(ler)in miktarını, emdirim sonrası gıdanın hücre yapısını ve gıdanın işlem sonrası fiziksel, kimyasal kalite özelliklerini etkileyen en önemli işlem parametreleridir (Mujica-Paz et.al.,2003a;Gras et.al.,2003). Genellikle vakumlu emdirim işlemlerinde vakum değeri50-600 mbar,

vakum süresinin 1-10 dakika ve restorasyon süresinin 5-30 dakika gibi değişen değerlerde uygulandığı belirtilmektedir (Perez-Cabrera et al.,2011). Bu işlem parametreleri istenilen ürün kalitesine ve işlem sonrası uygulanacak olan işlemlere göre değişebilmektedir. Örneğin, kurutma öncesi uygulanacak vakumlu emdirim işleminde, restorasyon süresi birkaç saati bulabilirken, minimal işlem öncesi uygulan vakumlu emdirim işleminde bu süre 10-20 dakika olacak şekilde uygulanabilmektedir (Zhao and Xie, 2004). Vakumlu emdirim işleminde genellikle düşük moleküler ağırlıklı karbonhidratlar emdirim çözeltisi olarak kullanılmaktadır. Glikoz, mısır şurubu, meyve suyu konsantreleri meyvelerin emdirim işleminde en yaygın kullanılan çözeltilerdir (Xie and Zhao, 2003;Anino et.al.,2006; Comandini et al.,2010). Vakumlu emdirim işleminde kullanılması gereken çözeltilerin seçimi ve amacına yönelik konsantrasyonunun hazırlanması önemlidir. İşlemin amacına uygun olarak izotonik ve hipertonic çözeltiler kullanılabilir (Panarese et al.,2013; Perez-Cabrera et. al., 2011). Çözelti sıcaklığı, gıda/çözelti oranı ve karıştırma işleminin varlığı ozmotik dehidrasyon işleminde olduğu gibi, vakumlu emdirim işleminde de etkili faktörlerdir. Emdirim çözeltisi olarak hipertonic çözelti kullanıldığında çözelti viskozitesi de doğal olarak artmaktadır ve bu artış sonucu emdirim çözeltilerinden kapiler yapıya geçişin sınırlandığı, dolayısıyla emdirim işleminde maddelerin geçişinin sınırlandırıldığı belirtilmektedir. Sıcaklık artışıyla birlikte çözeltilerin viskozite azalmakta ve kütle transferi (çözeltiden gıdaya ürün geçişi veya gıdadan çözeltilere su geçişi) önemli düzeyde etkilenmektedir (Khoyi and Hesari, 2007; Barat et al.,2001; Derossi,2012). Bu oranın optimum düzeyde olması ozmotik dehidrasyonda da olduğu gibi emdirim işleminin etkinliği açısından büyük önem taşımaktadır (Kıroğlu-Zorlugenç, 2010). Vakumlu emdirim uygulamalarında karıştırma işleminin türbülent akış oluşturmaları nedeniyle her iki fazla kütle transferinin arttığı bildirilmektedir (Mujica-Paz et al.,2003b).

Vakumlu emdirim işlemi parametrelerinin ürün kalitesi üzerine etkisi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır.

Mujica-Paz et al.,(2003a), mango , elma ve kavunda yaptıkları atmosferik ve vakum basıncında yaptıkları çalışmada farklı vakum basınçlarında (135-674 mbar) ve farklı sakkaroz çözeltisi konsantrasyonlarında (41-60 °Briks) Design Expert istatistiksel programı ile vakumlu emdirim işlemi deneme deseni oluşturmuşlar ve kütle transferi parametreleri (katı kazanımı, su kaybı ve ağırlık değişimi) ve su aktivitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. En düşük su aktivitesi değeri elma ve mango için 50 °Briks çözelti konsantrasyonunda ve 674 mbar vakum basıncında

elma kavun için ise 57 °Briks çözelti konsantrasyonu ve 593 mbar vakum basıncında görülmüştür. Su kaybı mango ve kavun için aynı değerlerde bulunurken; elmada su kazanımı olmaktadır. Su kaybı üzerinde vakum değeri ve çözelti konsantrasyonu ters bir etkiye sahiptir. En düşük su kaybı yüksek konsantrasyonlarda ve düşük vakum basınçlarında görülmüştür. En düşük katı kazanımı kavununda görülürken en yüksek katı kazanımı elmada görülmüştür. Çözelti konsantrasyonu arttıkça katı kazanımı artmakta 50 °Briks in üzerindeki konsantrasyonlarda ise katı kazanımı azalmaktadır. Vakum değeri konsantrasyon ile birlikte etki göstermekte ve konsantrasyona bağlı olarak vakum basıncının etkisi değişmektedir. Ağırlık değişiminin ürünün porozitesi ile doğrudan etkili olduğu görülmüş ve porozitesi yüksek olan elmada ağırlık kazanımı olurken kavun ve mangoda ağırlık kaybı olmaktadır.

Mujica-Paz et al.(2003b) yaptıkları çalışmada emdirim çözeltisi olarak izotonik sakkaroz çözeltiler hazırlayarak mango, elma, papaya, muz, şeftali ve kavun dilimlerine farklı basınç (135-674 mbar) ve farklı sürelerde (3-45 dk.) Yanıt yüzey yöntemi ile vakumlu emdirim işlemi deneme deseni oluşturmuşlar ve vakumlu emdirim sonrası hacim, toplam porozite, gerçek porozite ve efektif porozite değerlerindeki değişimi incelemiştir. Denemeler sonucunda elmanın efektif porozite değerinin kavun ve papaya ya daha yüksek olduğunu görmüşlerdir. Muz, şeftali, mamey meyvesi ve mangonun yapısındaki deformasyon vakum basıncının artmasıyla artmaktadır. Mango, papaya, mamey meyvesi ve kavunun efektif porozite değerinin vakum süresi arttıkça artış gösterdiği görülmüştür. Yüksek vakum değeri ve uzun vakum süreleri dokunun deformasyonuna neden olduğunu belirtmişlerdir.

Derossi et al. (2010), biberlerin vakumlu emdirim tekniğiyle asitliğin düşürülmesi üzerine laktik asit çözeltisi ile yaptıkları çalışmada vakum değeri (200 ve 400 mbar), vakum süresi (2 ve 5 dk) ve restorasyon süresinin (10, 15 ve 30 dk) toplam kütle değişimi, sertlik ve pH değerleri üzerine etkisini incelemişler. 200 mbar vakum değeri 2 dakika vakum süresi ve restorasyon süresi 10 ile 15 dakika olan denemelerde biber dilimlerinin kütle değişimi en yüksek bulunmuştur. Yüksek basınç değerlerinde hidrojen iyonlarının dokuya daha hızlı difüzyon etmesi nedeniyle daha düşük pH değerleri ölçülmüştür. pH değerinde azalma vakum basıncı azalması ve restorasyon süresinin artmasıyla azalmaktadır. Biberlerin asitliğinin düşürülmesinde vakum basıncının önemli etkisinin olduğu ve vakum süresi ile restorasyon süresinin de pozitif etkilere sahip olduğu belirlenmiştir.

Neri et al.(2016),elmada yaptıkları çalışmada taze elmaya yakın kalitede elma ürünleri üretmeyi amaçlamışlar ve bu amaçla vakum basıncı, vakum süresi ve çözelti çeşidinin etkisini incelemiştirlerdir. İlk olarak vakum değeri ve vakum süresinin etkisini incelemek amacıyla 50 mbar ve 857 mbar arasında değişen basınçlarda 10 s vakum uygulaması gerçekleştirilmiştir. Vakum süresinin etkisini incelemek amacıyla 100 s ve 1000 s vakum süresinde 857,738 ve 619 mbar basınç koşullarında denemeler gerçekleştirilmiştir. Emdirim çözeltisi olarak deiyonize su kullanılmıştır. Çözelti çeşidinin etkisini incelemek amacıyla emdirim çözeltisi olarak izotonik (13 °Briks) sorbitol, glikoz, sakkaroz, teralo ve maltoz çözeltisi kullanılmıştır. Her iki aşamada da meyve/çözelti oranı olarak 1/4 ve restorasyon süresi olarak 1 dk kullanılmıştır. Örnekler 4 °C’de depolanmıştır. Örneklerde nem, toplam kütle değişimi, toplam su değişimi, toplam çözünür kuru madde değişimi, karbonhidrat miktarı, suda çözünür kuru madde, pH, renk, mekaniksel özellikler ve duyu analizler gerçekleştirilmiştir. Bütün örneklerin su miktarı artmış ve bu artış basınç artmasıyla beraber düşmüştür. Taze armuda en yakın ürün kalitesine sahip örnekler 738 mbar ve 10 s vakum uygulamasında görülmüş. Vakum uygulamasının renk ve mekanik özellikler üzerine olumsuz etkileri sınırlandırdığı görülmüştür. İzotonik karbonhidrat çözeltisi kullanımı meyvenin kompozisyonunda önemli bir değişime neden olmamış ve işlem sonrası ve depolama sürecinde fiziksel ve duyu özelliklerde pozitif etkiye sahip olduklarını görmüşlerdir.

Mao et al.(2017), % 2 kalsiyum laktat içeren ve içermeyen izotonik çözeltisi ile birlikte gök üzümünde yaptıkları çalışmada vakum süresi (10,15,20,25,30,35 dakika) ve sıcaklığın (25,30,35,40,45°C); hacim fraksiyonu (X), efektif porozite (ϵ_e), sertlik ve pektin içeriği üzerine etkilerini incelemiştirlerdir. Vakumlu emdirim işlemi parametreleri vakum değeri 5 kPa, restorasyon süresi 10 dakika, çözelti gıda oranı 1/3 olacak şekilde ayarlanmıştır. 35 °C’de ve 15 dk. vakum süresinde en yüksek hacim fraksiyonu değeri bulunmuştur. Efektif porozite vakum süresi arttıkça artmaktadır. Üzümlerin sertlik değeri 35 °C sıcaklıkta önemli derecede artmakta ve 15 dk’nın üzerindeki uygulamalarda azalmaktadır. Üzüm için %2 kalsiyum laktat çözeltisi, 35 °C sıcaklık ve 15 dk. vakum süresi en uygun vakumlu emdirim koşulları olarak belirlenmiştir.

Vakumlu emdirim işlemi işlemi dondurma, dondurarak kurutma, mikrodalga kurutma, hava akımlı kurutma ve vakum kızartma işlemlerinden önce bir ön işlem olarak kullanılabilir (Maran et al., 2013). Vakumlu emdirim işleminin bu işlemlerden önce uygulanması ile sahip oldukları dezavantajların minimuma indirilmesi amaçlanmaktadır.

2.5 Kurutma

Ürünlerdeki nemin ürün bünyesinden uzaklaştırılması olarak ifade edebileceğimiz kurutma daha açık bir ifade ile ham, yarı işlenmiş ya da işlenmiş katı, sıvı ve yarı sıvı gıdaların yapılarındaki su oranının azaltılarak belirli düzeylere düşürülmesi işlemidir (Ayhan, 2005).

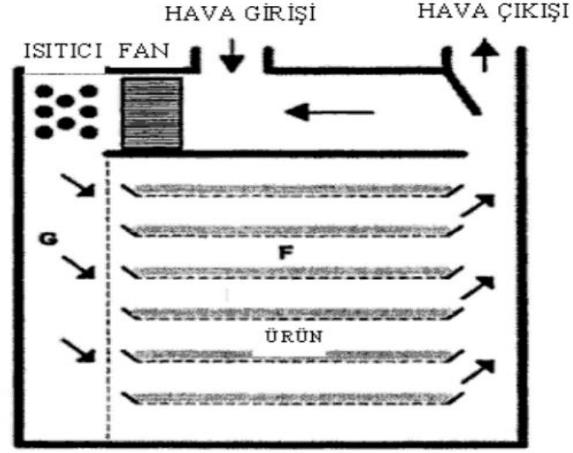
Kurutma gıdadaki mevcut suyu onun bozulmasına olanak vermeyecek bir düzeye kadar azaltıldığı için kesin bir muhafaza olanağı doğmaktadır. Kurutulmuş gıdalar, diğer yöntemlerle dayandırma yöntemlerinden farklı olarak besin öğeleri açısından yoğunlaştırılmıştır bir nitelik kazanmışlardır. Ayrıca kurutma en ucuz dayandırma yöntemidir. Nitekim kurutulmuş gıda üretiminde, daha az işçilik ve daha az ekipman gerektiği gibi, bunların depolanması ve taşınmasında da daha az masraf yapılır (Cemeroğlu,2013).

Geçmişten günümüze birçok kurutma yöntemi geliştirilmiştir. Kurutma yöntemlerini güneş enerjisiyle ya da başka kaynaklardan elde edilen ısıyla kurutma olarak iki ana gruba ayırabiliriz. Ayrıca üründeki suyun uzaklaştırılması için gereken ısının ürüne taşınma yöntemine göre de “konveksiyon kurutma”, “kontakt kurutma” ve “radyasyon kurutma” olarak da sınırlandırılabilir. (Ayhan,2005; Nasıroğlu, 2007; Saeva, 2007).

Kurutulacak materyale hangi kurutma yönteminin ve hatta bu yöntem içinde hangi tip cihazın uygulanacağı, materyalin nitelikleri ve kurutulmuş ürünün kullanılma alanı vb. gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu hususta maddenin özellikle, sıvı veya katı halde oluşu gibi fiziksel niteliği çok önemlidir. Örneğin; sıvı haldeki bir maddeye valsli veya püskürterek kurutma yöntemi uygulanabildiği halde, katı parçacıklar halindeki maddelerde bu yöntemlerin uygulanması olanaksızdır. Katı parçacıklı ürünlerin kurutulmasında kabin kurutucular kullanılabilir. Diğer taraftan yüksek sıcaklık dereceleri gıda maddelerinin niteliklerinde önemli değişikliklere neden olduğundan, herhangi bir gıdanın kurutulmasında uygulanan yöntem bu açıdan dikkatle seçilmelidir (Özaydın,2013)

Kabin tipi kurutucular (Şekil 2.6) daha çok taneli ve dilimlenmiş ürünler için (fındık, ceviz, elma, armut, erik, mantar) uygun olup, raflar üzerine serilerek kurutulmaktadırlar. Bu tip kurutucularda ürüne göre belli bir hava hızı uygulanmakta olup, ürün kısa kurutma süresine sahiptir. Kurutma kabini içinde kurutulacak olan maddeler kurutma havası ile temas yüzeyini arttıracak şekilde

tepsilere yerleştirilmektedir. Tepsiler, ürünün kurutma havasıyla temas ettiği, kurutucu bölüme sürülmektedir (Kocayiğit,2010).



Şekil 2.6 Kabin kurutucu şematik gösterimi (Kocayiğit,2010)

2.6 Kurutma Modelinin Belirlenmesi

Kurutma işleminin matematiksel modellenmesi yeni kurutma sistemlerinin tasarımında veya geliştirilmesinde kullanılabildiği gibi, kurutma işleminin kontrolü amacıyla da kullanılabilmektedir. Modellemelerin en önemli özelliği kurutma koşullarını en iyi şekilde açıklayan matematiksel eşitliklerin belirlenmesidir. Matematiksel eşitliklerin çözümü ile kurutma işleminde ilk duruma dayalı olarak, herhangi bir zaman ve noktada parametrelerin belirlenmesine olanak sağlanması amaçlanmaktadır (Kaleta and Gornicki, 2010).

Gıda maddelerinin kurutma işlemini tanımlamak amacıyla birçok araştırmacı tarafından birçok matematiksel model geliştirilmiştir. Kurutma modellerini geliştirmek için 3 farklı yaklaşım izlenmiştir. Eşitliklerdeki parametre farklılıklarına göre kendi aralarında 3 farklı gruba ayrılmaktadır (Toğrul ve Pehlivan, 2002).

- ✓ Teorik modeller,
- ✓ Yarı teorik modeller
- ✓ Deneysel (ampirik) modeller

Teorik modeller tüm proses koşulları için kullanılabilir olsa da, pratik olmayışları sebebiyle gıdalarda yapılan kurutma çalışmalarında genellikle yarı teorik ve ampirik modeller tercih edilmektedir (Kutlu vd,2015).

Yarı teorik modeller tahmine dayalı teorik eşitliklerle ilgilidir (Hii ve ark, 2009) ve genellikle sıcaklık, bağıl nem, hava akışı ve nem gibi parametreler içeren eşitliklerde kullanılmaktadır (Mohapatra and Rao, 2005). Yarı teorik modellemeler genellikle Fick'in ikinci yasasının çözümlenmesiyle veya bazı modifiye modellerin sadeleştirilmesiyle oluşturulan eşitliklerdir. Teorik eşitliklere göre daha kısa süreli hesaplamalar için yeterlidir. Bu nedenle hesaplamaların yapılabilmesi için ürünün geometrik şekline, iletkenliğine veya kütle difüzyon değerleri gibi parametrelerin ölçülmesine gerek duyulmamaktadır. Yarı teorik modellemelere Henderson ve Pabis modeli, Lewis modeli, modifiye Page modeli (Özdemir and Devres, 1999), Newton modeli, Page modeli, Logaritmik ve yarı logaritmik gibi modellemeler örnek olarak verilebilir (Hii ve ark., 2009). Deneysel modellemelerde kurutulan ürünün nem miktarı ve kurutma süresi arasındaki ilişkiyi yararlanılarak hesaplamalar yapılabilmektedir (Hii ve ark., 2009). Deneysel modellemeler kurutma işlemi sırasında deney koşullarına ait kurutma eğrisi elde edilmesine yardımcı olabilmektedir (Özdemir and Devres, 1999).

Kurutma işleminin sırasında, kurutma hızı, kurutma kinetiğinin ve son ürün kalitesinin incelenmesi birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu çalışmalardan bazıları aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir.

Karacaoğlu vd.,(2016) yaptıkları çalışmada kiviye ultrasonikasyon destekli vakumlu emdirim işlemi uygulamışlardır. Çalışmada meyve/şurup oranı 1/4 olacak şekilde kivi dilimleri ve 61,8 °Briks sakkaroz çözeltisi kullanmışlardır. 30 dk. boyunca 78 kPa vakum uygulamışlardır. Vakum uygulanan örnekler restorasyon süresine tabi tutulmamıştır. Daha sonra kiviler 60°C sıcaklıkta doğal konveksiyonel bir etüve kurutulmuşlardır. Benzer şekilde vakumlu emdirim ve ultrasonikasyon destekle vakumlu emdirim işlemleri uygulanan kivi dilimlerinin kurutulması için de en uygun matematiksel modellerin Henderson-Pabis ve Newton matematiksel modellerinin olduğu belirlenmiştir.

Lutovska et al. (2016) armutları 30, 40, 50, 60 ve 70 °C ve 0.5,1 ve 1.5 m/s hava hızlarında kurutmuşlardır. Kurutma sıcaklığı ve hava hızı arttıkça kuruma süresinin kısaldığını belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda Midilli modelini uygun model olarak belirlemişleridir. Efektif difüzyon katsayılarının 6.49×10^{-9} ve 3.29×10^{-8} m² / s arasında, aktivasyon enerjisini 28.15 ve 30.51 kJ / mol olarak bulmuşlardır.

Kaya vd.(2016) havuç dilimlerinin kuruma kinetiğine üzerine ozmotik dehidrasyonun etkisi incelenmiştir. Havuç dilimleri, 35°C, 45°C ve 55°C'de 2 şeker-tuz karışımı çözeltilerde (%5 NaCl + 50 °Briks sakkaroz, % 15NaCl + 50 °Briks sakkaroz) 2 saat ve 4 saat süreyle ozmotik dehidrasyona tabii tutulmuştur. Meyve /çözelti oranı olarak 1/5 ayarlamışlardır. Daha sonra, işleme tabii tutulan ve tutulmayan örnekler; 35, 45 ve 55°C sıcaklıklarda ve 0.3 m/s sabit hava hızında kurutulmuşlardır. Sıcaklık arttıkça kuruma süresinin ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve uygulanmamış örnekler için arttığını görmüşlerdir. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve uygulanmamış örnekler için Henderson ve Pabis ile iki-terimli üstel model en iyim sağlayan modeller olduğu görülmüştür. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve uygulanmamış örnekler için efektif difüzyon sayısı 4.485×10^{-10} m²/s ve 12.071×10^{-10} m²/s arasında değiştiğini görmüşlerdir.

Barrera et al.(2016) kalsiyum çözeltisi ile vakumlu emdirim işlemi uygulanan ve ardından farklı sıcaklıklarda kurutulan elma dilimlerinde doğrusal olmayan geri dönüşümsüz termodinamik analizler, rehidrasyon davranışı ve yapı üzerine bu işlemlerin etkileri incelenmiştir. Vakum değeri 50 mbar, vakum süresi 10 dk., restorasyon süresi 10 dk. olacak şekilde ayarlanmıştır. Emdirim çözeltisi olarak farklı miktarlarda kalsiyum laktat içeren izotonik sakkaroz çözeltisi kullanılmıştır. Vakumlu emdirim işleminden sonra 30, 40 ve 50 °C sıcaklıklarda ve 3.5 m/s hava hızında kurutma işlemi uygulanmıştır. Kurutma öncesi uygulanan vakumlu emdirim işlemi efektif kuruma hızını (D_{eff}) önemli ölçüde düşürmektedir. 30 °C sıcaklıkta kurutma işlemi öncesi uygulanan vakumlu emdirim işleminin hücresel yapı üzerinde koruyucu bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Şahin ve Öztürk,(2015) yaptıkları çalışmada farklı çözelti sıcaklığı (30 ve 50 °C), farklı çözelti konsantrasyonlarında (30 ve 50 °Briks), ¼ gıda çözelti oranında, sakkaroz çözeltisi kullanılarak 15 dk. süreyle 130 mbar vakum değeri uygulamışlar ve 165 dk. atmosfer basıncında bekletmişlerdir. Vakumlu emdirim işlemi sonucunda örnekleri 75 °C sıcaklıkta kurutmuşlardır. Çalışmanın sonucunda vakumlu emdirim işlemi uygulanmış ve kurutulmuş örnekler için Weibull dağılımı modeli uygun model olarak bulunmuştur. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış örnekler için Verma modelinin uygun olduğu belirlenmiştir.

Betoret et al. (2015) elma dilimlerindeki yaptıkları çalışmada kalsiyum ve trehaloz çözeltileri kullanılarak uygulanan vakumlu emdirim işleminin hacimsel deformasyon ve kuruma sırasında yapının büzülmesi üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Vakum değeri 50 mbar, vakum süresi 10 dk. ve vakum sonrası

restorasyon süresi 10 dk. olacak şekilde uygulanmıştır. Emdirim çözeltisi olarak sakkaroz, trehaloz, sakkaroz ve kalsiyum, trehaloz ve kalsiyumun birlikte kullanıldığı 4 farklı kullanılmıştır. Kuruma sıcaklığı 40 °C, havanın relatif rutubeti 56 ve hava kızı 3.7 kg yağ hava/m²s olacak şekilde ayarlanarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sadece vakumlu emdirim işlemi uygulanan örneklerde kalsiyumun hacimsel deformasyon üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Emdirim çözeltisi olarak trehalozun kullanılması kurutma sırasında ürün özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Ramirez et al.,(2011) elmaya CaCl₂ çözeltisi ile yaptıkları vakumlu emdirim çalışmada 15 dk.süreyle 53.33 kPa vakum uygulamışlardır. Daha sonra örnekleri 65 °C'de kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Kurutma sonunda vakumlu emdirim işleminin etkin difüzyon katsayısı üzerine etkisinin önemli olmadığını ve vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri ile etkin difüzyon katsayısının birbirine yakın değerlere sahip olduğunu görmüşlerdir.

González-Martínez et al.,(2006) yaptıkları çalışmada ozmotik dehidrasyon ön işleminin kurutma işlemi üzerin etkisi incelemiştir. Armutlara 55 °Briks sakkaroz çözeltisi içerisinde 0.5, 3 ve 48 saat ozmotik dehidrasyon uygulanmıştır. Gıda/ çözelti oranı 1/20 olacak şekilde ayarlanmıştır. Armutlar 45, 55 ve 65 °C'de kurutulmuşlardır. Çalışma sonunda D_{eff} değerinin 6.5×10^{-12} ile 5.8×10^{-10} m²/s arasında değiştiğini bulmuşlardır. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanan örneklerde D_{eff} değerinin azaldığını görmüşlerdir. Kurutma sıcaklığı ve ozmotik dehidrasyon işleminin D_{eff} değerini belirgin olarak etkilediğini görmüşlerdir.

Contreras et al.,(2005) elmanın farklı kurutma koşullarının(vakumlu emdirim ön işlemi, mikrodalga uygulaması, kurutma sıcaklığı) yapısal özellikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Vakum değeri 50 mbar, vakum süresi 5 dk. ve restorasyon süresi 10 dk. olacak şekilde ayarlanmıştır. Emdirim çözeltisi olarak izotonik elma suyu çözeltisi kullanılmıştır. Vakumlu emdirim işleminden sonra 30 ve 50 °C sıcaklıkta ve 1,5 m/s hava hızında kurutma işlemi uygulanmıştır. Vakumlu emdirim işlemi yapısal özellikleri büyük ölçüde etkilemektedir. Ürün sıvı fazının camsı geçiş değeri ve su bağlama kapasitesi artmaktadır. Vakumlu emdirim işlemi ürünün yapısal özelliklerinin modifiye edilmesine özellikle sertliğin artırılmasına gevrekliğin azalmasına ve plastikleşmenin azalmasına yardımcı olmuştur.

Park et al. (2002) yaptıkları çalışmada armutlara ozmotik dehidrasyon işlemi uygulamışlar ve kurutma üzerine etkisini incelemiştir. Ozmotik dehidrasyon

işlemi 55 °Briks çözelti konsantrasyonunda şeker çözeltisinde ve 40 °C sıcaklıkta çalkalamalı ortamda gerçekleştirilmiştir. Armutlara 310 dk. ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmıştır. Daha sonra örnekleri 40,60 ve 80 °C sıcaklıklarda ve 1 ile 2 m/s hava hızında kurutmuşlardır. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanan örneklerinin kuruma hızının daha büyük olduğunu görmüşlerdir. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış armutlar için efektif difüzyon katsayısının 1.59×10^{-10} ve 7.64×10^{-10} m²/s arasında ozmotik dehidrasyon uygulanmış örnekler için 1.87×10^{-10} ve 8.12×10^{-10} m²/s, olduğunu görmüşler. Aktivasyon enerjisinin ise 24.34 ile 31.21 kJ/ mol arasında değiştiğini bulmuşlardır.

2.7 Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Methodology)

Çalışmamızda vakumlu emdirim işlemi koşullarının yanıt yüzey yöntemi kullanılarak optimize edilmesi planlanmıştır. Yanıt yüzey yöntemi, 1951 yılında P. Box ve B. Wilson tarafından geliştirilmiş istatistiksel bir veri değerlendirme ve optimizasyon metodudur. Bu çalışmada Box ve Wilson RSM metodunun temelini oluşturan eleme (screening), bölge araştırma (Steepest ascent), işlemin – ürünün karakterize edilmesi ve optimizasyonunu kapsayan felsefeyi ortaya koymuşlardır. Öncelikle kimya endüstrisinde kullanıldığı bilinen bu metot günümüzde biyoteknoloji, çeşitli mühendislik dalları, fiziksel bilimler gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Özellikle gıda endüstrisinde pastörizasyon, ekstraksiyon, biyoteknolojik çalışmalar, kurutma, pişirme, enzim üretimi, fermantasyon gibi işlemlerin olduğu araştırmalarda sıkça kullanılan bir metottur (Koç,2008 ; Pazır vd., 2011).

Yanıt yüzey metodu istatistiksel ve matematiksel terimleri proseslerin optimizasyonu ve geliştirilmesi için bir arada kullanan bir yöntemdir. Bu yöntemin temelini her bir aşamada elde edilen verilerin onu takip eden bir diğer aşamada kullanılması oluşturmaktadır. Bu metodun uygulanması sırasında öncelikle sistemi karakterize etme potansiyeline sahip yanıtların (performans ölçüleri) ve bu yanıtların üzerinde etkiye sahip faktörlerin (değişkenlerin) tanımlanması gerekmektedir (Eren,2004).

Yanıt yüzey yöntemi, geleneksel optimizasyon yöntemlerinin aksine araştırılan sistemin vereceği yanıtları etkileyen birden çok sayıda değişkeni eş zamanlı olarak inceleyebilme olanağı sunması dolayısıyla prosesin işlem parametrelerindeki değişimlere olan yanıtlarını en az deneme sayısı ile ortaya koyabilme avantajı sağlamaktadır. Bu durum araştırmacılara hem maliyet hem de zaman açısından büyük kazanımlar sağlamaktadır (Bezerra et al., 2008).

Yanıt yüzey yönteminin başlıca basamakları; denemelerin dizaynı, model geliştirilmesi, varyans (ANOVA) analizi ve optimizasyon olarak başlıklandırılabilir (Özdikicierler, 2010).

Prosesler için belirlenen bağımsız değişkenler ve yanıtlar arasındaki ilişki çoğu zaman önceden tahmin edilememektedir. Bu sebeple Yanıt Yüzey Metodu bağımsız değişkenler ve yanıtlar arasındaki doğru fonksiyonel ilişki için bir yaklaşım geliştirmektedir. Sistemin verdiği cevaplar lineer bir fonksiyon ile modellenenirse o zaman yaklaşım fonksiyonu Eşitlik 2.1’de görüldüğü gibi birinci dereceden bir modeldir, sistemde eğrilik tespit edilir ise ikinci dereceden polinomiyal model yani Eşitlik 2.2’de görüldüğü gibi daha yüksek dereceye sahip bir modelin kullanımı söz konusudur (Myers et al., 2009; Montgomery,2001).

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon \quad (2.1)$$

$$y = \beta_0 + \sum_{i=0}^k \beta_i X_i + \sum_{i=0}^k \beta_{ij} X_i + \sum_{i < j} \sum \beta_{ij} X_i X_j + \epsilon \quad (2.2)$$

Yanıt Yüzey Metodunda, regresyon modeli, dizayn edilmiş denemelerden elde edilen verilere uygunluk göstermelidir. Elde edilen model, yalnızca yaklaşım olduğundan, tahminlenen değerler ile deneysel olarak elde edilen değerler arasındaki fark (kalıntı), sadece deneysel hatayı değil model formunun uygunsuzluğundan (lack of fit) kaynaklanan hatayı da içinde barındırmaktadır. İdeal durumda, *F*-değerinin model uygunsuzluğu için önemsiz ve regresyon modeli için önemli olması, modelin uygunluğunun test edilmesi için yeterli olarak değerlendirilmektedir (Eren, 2004). Ancak daha iyi bir tahminleme yapılabilmesi için modelin uygunluğu, “yeterli kesinlik (Adequate Precision)” istatistiği ile belirlenebilmektedir. Buna göre Adequate Precision değerinin en az “4” olması gerektiği bildirilmektedir (Montgomery, 2013)

Prosesin optimizasyonu için seçilen parametrelere bağlı olarak “desirability” fonksiyonu oluşturulmaktadır. Desirability fonksiyonu yaklaşımı, ilk olarak Harrington (1965) tarafından ortaya atılmış, sonra Derringer and Suich (1980) tarafından geliştirilmiştir. Desirability fonksiyonu yaklaşımı, çok yanıtli optimizasyon ile ilişkili endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Desirability fonksiyonun ilkesi, tüm yanıtların, boyutsuz desirability skalasını içeren “desirability fonksiyonu” olarak tanımlanan tek bir fonksiyon altında toplanmasını ve bu fonksiyonun arzu edilen sonuçları verecek şekilde maksimize edilmesini içermektedir. Farklı skalaya sahip yanıtların birlikte incelenebilmesi,

yanıtların tek bir fonksiyona kolayca dönüştürülebilmesi ve kalitatif ve kantitatif yanıtların kullanılabilmesi bu yöntemin önemli avantajları arasındadır (Koç,2008)

Bu fonksiyonlar 0-1 değerleri arasında değişim gösteren değerler vermektedir. Her bir yanıt için ayrı ayrı hesaplanan “desirability” değerleri yanıtlar istenen değere doğru yaklaştıkça 1’e uzaklaştıkça 0’a doğru yaklaşır. Son olarak her yanıt için elde edilen “desirability” fonksiyonu tanımlanıp hesaplanır ardından geometrik ortalaması hesaplanarak tüm yanıtları içine alan ortak bir “desirability” değeri elde edilir (Koç, 2008; Koç, 2009). Lazic (2004)’e göre “desirability” fonksiyonlarının standart tahminleme skalası Tablo 2.3’deki gibidir.

Tablo 2.3 “Desirability” fonksiyonlarının standart tahminleme skalası

1	Mükemmel
1- 0,8	Çok İyi
0,8 – 0,63	İyi
0,37 – 0,20	Yeterli
0,37 – 0,20	Kötü
0,2 - 0	Çok Kötü

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Gereç

Vakumlu emdirim ve kurutma işlemi için ülkemizde yaygın olarak yetişen ‘Deveci’ çeşidi armutlar (*Pyrus communis L.*) kullanılmıştır. Denemelerde kullanılacak olan armutlar İzmir’de bulunan yerel bir marketten Aralık 2017’de temin edilmiştir. Denemeler sürecinde armutlar Ege üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisinde bulunan 4 °C ve %80 bağıl neme ayarlanmış olan soğuk hava depolarında depolanmıştır.

Vakumlu emdirim işleminde emdirim çözeltisi olarak deiyonize elma suyu konsantresi kullanılmıştır. Denemelerde kullanılacak olan deiyonize elma suyu konsantresi yerel bir üreticiden temin edilmiştir. Deveci armudu ve deiyonize elma suyu konsantresine ait görseller Şekil 3.1 ve Şekil 3.2 ‘de verilmiştir.



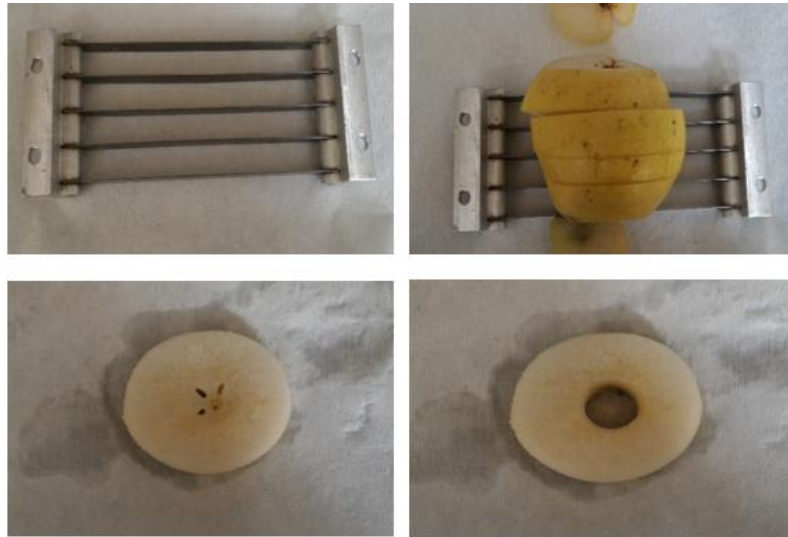
Şekil 3.1 Denemelerde kullanılan ‘Deveci’ armutları



Şekil 3.2 Deiyonize elma suyu konsantresi

3.1.1 Armutların boyutlandırılması

Denemelerde kullanılacak olan armutlara vakumlu emdirim işleminden önce yıkama, boyutlandırma ve polifenoloksidaz enzim inaktivasyonunun sağlanması amacıyla haşlama işlemine uygulanmıştır. Armutlar yıkama işleminden sonra uç kısımları kesilerek çelik bıçak sistemleri yardımıyla önce 15 mm kalınlığında dilimlenmişlerdir. Daha sonra kalıplar yardımı ile 65 mm dış çap ve 20 mm iç çapa sahip diskler halinde boyutlandırılmıştır. Armutların boyutlandırılması ile ilgili görsel Şekil 3.3’de verilmektedir



Şekil 3.3 Armutların boyutlandırılması

3.1.2 Haşlama

Dilimlenmiş armutlar polifenoloksidaz enzimi inaktivasyonunun sağlanması amacıyla haşlama işlemine tabi tutulmuştur. Belirlenen sıcaklığa getirilen suya ¼ meyve /su oranında olacak şekilde dilimlenmiş armutlar eklenerek haşlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Haşlama işlemi sırasında armutların ve haşlama suyunun sıcaklığı ölçülerek haşlama sıcaklığı değişimi gözlemlenmiştir (Şekil 3.4).

Haşlama suyu sıcaklığı ve haşlama süresi ön denemelerle belirlenmiştir. Ön denemeler sonucunda elde edilen polifenoloksidaz enzim aktivasyon değeri (Unit/ml enzim ekstaktı) ve % polifenoloksidaz enzimi aktivasyon değeri Tablo 3.1’de verilmektedir. Ön denemeler sonucunda haşlama ön işlemi için uygun sıcaklık ve süre, polifenoloksidaz enzim aktivite ve % enzim aktivite değerleri en küçük olan kaynayan suda (~96 °C) 5 dk. olarak seçilmiştir (Şekil 3.5).

Tablo 3.1. Haşlama işlemi ön denemeleri polifenoloksidaz enzim aktivasyon ve % enzimi aktivasyon değerleri

Haşlama Suyu Sıcaklığı(°C)	Haşlama Süresi (dk.)	Enzim Aktivite Değeri (Unit/ml enzim ekstaktı)	Enzim Aktivite Değeri (%)
-	-	218*	100
70	2	46	21.1
80	2	20	9.1
80	3	18	8.2
90	1	34	15.5
90	2	28	12.8
Kaynayan su (~96 °C)	1	192	88.0
Kaynayan su (~96 °C)	2	184	84.4
Kaynayan su (~96 °C)	3	74	33.9
Kaynayan su (~96 °C)	4	44	20.1
Kaynayan su (~96 °C)	5	8	3,6

*Taze armudun (haşlama öncesinde) enzim aktivitesi değeri



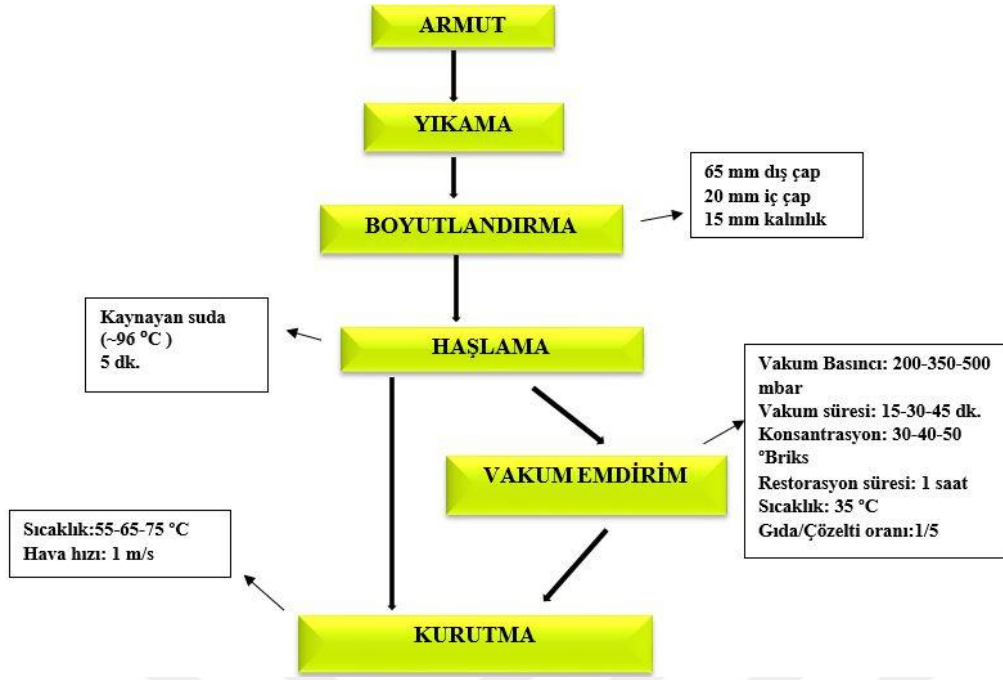
Şekil 3.4 Haşlama işlemi



Şekil 3.5 Taze armut ve kaynayan suda (~ 96 °C) haşlama denemeleri sonucu armut örnekleri

3.2. Yöntem

Armutlara yıkama, boyutlandırma, haşlama, vakumlu emdirim işlemi ve ardından kurutma işlemi uygulanmıştır. Vakumlu emdirim işlem koşulları Design Expert programı kullanılarak Central Compozite Design ile optimize edilmiştir. Belirlenen optimum koşullarda vakumlu emdirim işlemi uygulanan armutlar farklı sıcaklıklarda ($55-65-75$ °C) kurutulmuştur. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armutlarda aynı kurutma sıcaklıklarında kurutulmuştur. Denemeler sırasında izlenen akış Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6 Armuda uygulanacak vakumlu emdirim ve kurutma işlemi basamakları

3.2.1.Vakumlu emdirim işlemi

3.2.1.1.Central composite dizayn ile deneme deseninin oluşturulması

Dilimlenme ve haşlama işlemi takiben armutlara uygulanacak olan vakumlu emdirim işlemi koşulları Mujica-Paz et al.,(2003a) ve Mujica-Paz et al.,(2003b) tarafından yapılan çalışmalar dikkate alınarak vakum değeri (200-350-500 mbar) , vakum süresi (15-30-45 dk.) ve emdirim çözeltisi konsantrasyonu (30-40-50 °Briks) bağımsız değişken olarak seçilerek Central Composite Dizayn ile deneme deseni oluşturulmuştur.Yanıt olarak renk (L*), katı kazanımı, sıvı kaybı ve fenolik madde içeriği seçilerek desirability fonksiyonu yaklaşımı ile optimize edilmiştir. Vakumlu emdirim işlemi için seçilen bağımlı ve bağımsız değişkenler Tablo 3.2’ de verilmiştir

Tablo 3.2 Vakumlu emdirim işlemi için bağımsız değişkenler ve yanıtları (bağımlı değişkenler)

Sistem Değişkenleri (Bağımsız Değişkenler)	Yanıtlar (Bağımlı Değişkenler)
Vakum değeri (200-350-500 mbar)	Katı Kazanımı (%)
Vakum Süresi (15-30-45 dk.)	Sıvı kaybı (%)
Konsantrasyon (30-40-50°Briks)	Toplam Fenolik Madde Miktarı (g/100g) L*

Vakumlu emdirim işlemini etkileyen diğer koşullar sabit tutularak denemeler gerçekleştirilmiştir. Sabit tutulan koşullar Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3 Vakumlu emdirim işlemi sabit parametreleri

Parametreler	Değerleri
Restorasyon süresi (dk)	60
Sıcaklık (°C)	35
Gıda/çözelti oranı (w/w)	1/5

Vakumlu emdirim işlemi sonrası uygulanacak olan restorasyon süresine Zhao and Xie, (2004) yaptıkları çalışmada kurutma öncesi uygulanan vakumlu emdirim işleminde restorasyon süresi birkaç saat olarak uygulanabileceği belirtilmektedir. Bu bilgi doğrultusunda restorasyon süresi 60 dk. olacak şekilde seçilmiştir. Sıcaklık ,Paes et al.,(2008) tarafından yapılan çalışma sonuçları dikkate alınarak 35 °C olacak şekilde belirlenmiştir. Gıda/çözelti oranı belirlerken Ergünel, (2010) yılında yaptıkları çalışma dikkate alınarak emdirim çözeltisinin tekrar kullanılmaması sebebiyle 1/5 (w/w) olarak belirlenmiştir. Vakumlu emdirim işlemi ortamı olarak statik ortam ayarlanmış çalkalama işlemi uygulanmamıştır

Bağımsız değişkenlere ait kodlanmış seviyeler Tablo 3.4’de verilmiştir. Uç noktadaki denemelerin eklenmesi ile modelin eğrilik derecesinin belirlenmesi ve merkez noktadaki tekrar denemeleri ile saf hatanın tahminlenmesi amaçlanmıştır. Oluşturulan deneme deseni Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.4 “Central Composite” dizaynı deneme planı için değişkenler ve seviyeleri

<i>Bağımsız Değişkenler</i>	<i>Kodlanmış Seviyeler</i>		
	-1	0	+1
Konsantrasyon(°Briks)	30	40	50
Basınç (mbar)	200	350	500
Süre (dk.)	15	30	45

Değişkenler, regresyon analizini ve optimum noktanın bulunmasını kolaylaştırmak için Eşitlik 1’ de belirtildiği gibi kodlanır

$$x_i = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\Delta x_i} \quad (1)$$

x_i : Bağımsız değişkenin boyutsuz(kodlanmış) değeri ΔX_i : Bağımsız değişkendeki basamak artışı X_i : Bağımsız değişkenin gerçek değeri, \bar{X}_i : Bağımsız değişkenin merkez noktasındaki gerçek değeridir.

Tablo 3.5‘Central Composite’Dizaynı ile oluşturulan deneme deseni

Deneme No	A: °Briks	B: Vakum	C: Süre
1	30	350	30
2	40	200	30
3	40	350	45
4	40	500	30
5	40	350	30
6	40	350	30
7	50	500	45
8	30	200	45
9	50	500	15
10	50	350	30
11	40	350	30
12	30	200	15
13	30	500	15
14	40	350	15
15	30	500	45
16	40	350	30
17	50	200	15
18	40	350	30
19	50	200	45
20	40	350	30

3.2.1.2 Desirability fonksiyonu yaklaşımı ile optimizasyon

Armutlarda katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, toplam kuru madde, pH ve titrasyon asitliği, sertlik, yapışkanlık, renk (L^* , a^* ve b^*) analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan istatistiksel incelemeler sonucunda bu analizlerden optimizasyon için en uygun kombinasyon olan katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde ve L^* seçilmiştir. Ayrıca, yanıt olarak L^* değerinin seçilmesiyle armudun iç yapısının beyaza yakın olması ve armutta sıkça görülen enzimatik kararım olayının haşlama işlemi ile kontrol altına alınsa bile vakumlu emdirim işlemi sırasında L^* değerinde meydana gelebilecek değişimlerin optimizasyonu amaçlanmıştır. Kütle transfer mekanizmasının kontrol parametrelerinden olan katı kazanımı ve sıvı kaybı yanıt olarak seçilmesiyle kütle transferinin maksimum gerçekleştiği koşulların belirlenmesi hedeflenmiştir. Önemli gıda bileşenlerinden biri olan fenolik madde içeriğinin de en yüksek olacağı vakumlu emdirim işlemi

koşullarının belirlenmesi istenmiştir. Yanıtlara ait optimizasyon hedefleri Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6 Optimizasyon için belirlenen yanıtlar ve optimizasyon hedefleri

Yanıtlar	Optimizasyon Hedefleri
Katı Kazanımı (%)	Maksimum
Sıvı kaybı (%)	Maksimum
Toplam Fenolik Madde Miktarı (g/100g)	Maksimum
L*	Maksimum

3.2.1.2 Vakumlu emdirim işleminin uygulanması

Boyutlandırma ve haşlama işlemi uygulanan armutlara vakumlu emdirim işlemi uygulanmıştır. Vakumlu emdirim işlemi aşağıda belirtilen basamaklar izlenerek uygulanmıştır.

1. Armutlar deneme deseninde (Tablo 3.5) belirtilen konsantrasyonlarda hazırlanan emdirim çözeltisine daldırılarak vakum ortamına konulur. Vakum ortamı vakumlu etüv (Heraeus, VT 5042, Almanya) (Şekil3.7) ile oluşturulmuştur.
2. Daha sonra sisteme vakum uygulanır.
3. Yavaş yavaş vakum boşaltılır ve sistem atmosferik basınçta 60 dk. restorasyon işlemi için bekletilir.



Şekil 3.7 Vakumlu emdirim işleminin gerçekleştirildiği vakum etüv

Vakumlu emdirim işlemi uygulanan örnekler saf su ile yıkandıktan sonra bir süre filtre kâğıdı üzerinde bekletilerek yüzey suyunun uzaklaşması sağlanmıştır

(Şekil 3.8). Örneklerin vakumlu emdirim öncesi ve sonrası ağırlıkları kaydedilmiştir.



Şekil 3.8 Vakumlu emdirim işlemi ve saf su ile yıkama işlemi uygulanan örnekler

3.2.2 Kurutma İşlemi

Vakumlu emdirim işlemi uygulanan ve uygulanmayan örnekler laboratuvar tipi tepsili kurutucu (Wientek, Türkiye) (Şekil 3.9) ile kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Vakumlu emdirim işlemi ve sıcaklığın kuruma davranışı üzerine etkisini incelemek amacıyla 55, 65 ve 75 °C sıcaklıkta ve 1 m/s hava hızında kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemi sıcaklığına Cemeroğlu (2013), de armudun kurutulması için 65 °C' nin uygun olduğu belirtilmiştir. Bu bilgi doğrultusunda armudun kurutma denemelerinde bu değerin 10 °C üstü ve altı deneme sıcaklığı olarak seçilmiştir. Kurutma sırasında örneklem tepsisi olarak belirlenen tepsiden 20 dk. aralıklarla ağırlık ölçümü Ohaus, Scout-Pro, Switzerland markalı terazi ile ölçüm gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.9 Armutların kurutulması için kullanılan laboratuvar tipi tepsili kurutucu

3.2.2.1 Uygun modelin belirlenmesi

Etkin difüzyon katsayısının ve ayrılabilir nem oranının hesaplanabilmesi için yaygın olarak kullanılan metod Fick's 2. Kanununun çözümüne dayalı kurutma eğrilerinin deneysel olarak elde edilmesidir. Fick'in farklı geometriler (düzlem, silindir ve küre) için iki boyutlu difüzyon denklemi Eşitlik 3.1' de verilmiştir (Srikiatden 2007).

Fick'in 2.kanunu

$$\frac{dM}{dt} = D_{eff} \left(\frac{d^2M}{dx^2} + \frac{\eta}{r} \frac{dM}{dr} \right) \quad (3.1)$$

$\eta=0$ sonsuz plaka için

Fick' in 2. Kanununun çözümü için gerekli olan başlangıç ve sınır koşullarının belirlenebilmesi amacıyla bazı varsayımlar yapılmıştır.

1. Başlangıçta armut dilimlerinin neminin homojen olduğu kabul edilmiştir.
2. $t = 0$ anında, yüzey nem içeriği ile çevre nem içeriği denge halindedir ve yüzey direnci ihmal edilebilir.
3. $t > 0$ anında yüzey çevre koşulları ile denge halinde tutulmuştur.
4. Denemenin sonunda armut dilimlerinin nem içeriği, ortam nem içeriği ile denge halindedir.

Çözümün gerçekleştirilmesi için gerçekleştirilen diğer varsayımlar;

1. Armut dilimlerinin difüzyon katsayısı sabittir ve nem konsantrasyonunun bir fonksiyonu değildir.
2. Armut dilimleri izotermal olarak kabul edilir ve ısı transferi ihmal edilir.
3. Armut dilimlerinin bileşimi homojen ve izotropik olarak kabul edilir.
4. Büzülme ihmal edilmektedir.
5. Kuruma azalan hız periyodunda gerçekleşmektedir.
6. Armut dilimlerinin gözenekliliği ihmal edilir.
7. Kurumayı sıvı difüzyonu kontrol etmektedir.
8. Armut dilimlerinin geometrisi sonsuz plaka olarak kabul edilmiştir (en kısa kenar/en uzun kenar= 15/130)
9. şekil faktörü (ϕ)= 0,493 olarak hesaplanmış ve hesaplaması gerçekleştirilen silindir, küre ve küpe olan benzerliği olmaamasından dolayı sonsuz plaka olarak kabul edilmiştir.(küre için $\phi =1$ silindir için $\phi =0,874$ küp için $\phi=0,806$) .
9. Kütle transferi tek boyutta gerçekleşmektedir.
10. $\eta=0$ sonsuz plaka sistemleri için
11. y boyutunda gerçekleşen kütle transferi ihmal edilir, sadece x boyutunda gerçekleşen dikkate alınır.

Fick kanununun başlangıçta homojen nem dağılımı için, merkezde simetrik dağılım için ve konvektif sınır koşulları aşağıdaki gibidir.

$$M(r,0)=M_i, \quad t=0$$

$$M(0,t)=M_\infty \quad r=r_0(\text{yüzeyde})$$

$$M(0,t)=\text{sonlu} \quad r=0 \text{ merkezde}$$

Bu koşullara göre çözüm yapıldığında Eşitlik 3.2 elde edilmiştir(Srikiatden and Roberts,2007)..

$$MR = \frac{M_0 - M_\infty}{M_t - M_\infty} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[- \frac{(2n+1)^2 \pi^2}{4L^2} D_{eff} t \right] \quad (3.2)$$

MR: boyutsuz nem oranı, M_0 : başlangıç nem içeriği, M_t : t anındaki nem içeriği, M_∞ : denge nem içeriği,

Kurutucu bağıl nem içeriği sabit olmadığı için ürünün denge neme ulaşamadığı varsayılır ve Me ihmal edilir ve serinin ilk üç terimi açılırsa Eşitlik 3.3 haline dönüşmektedir. Uzun kurutma sürelerinde ($NF_i > 0.1$; $M^* < 0.6$) serinin ilk terimi baskındır ve sonraki terimler ihmal edilebilir ve serinin ilk üç terimi açılırsa Eşitlik 3.3 haline dönüşmektedir (Srikiatden and Roberts, 2007).

$$MR = \frac{M_0}{M_t} = \frac{8}{\pi^2} \left(e^{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 NF_i} + \frac{1}{9} e^{-9\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 NF_i} + \frac{1}{25} e^{-25\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 NF_i} \right) \quad (3.3)$$

Bu çalışmada kinetik davranışı tanımlayan uygun modeli bulmak için literatürde en fazla incelenen 4 model (Tablo 3.7) birlikte değerlendirilmiştir. Model katsayıları SPSS Ver.20.0 programı ile doğrusal olmayan regresyon kullanılarak bulunmuş, modellerin uygunluğu ise R^2 (Eşitlik 3.4), χ^2 (Eşitlik 3.5) ve RMSE (Eşitlik 3.6) değerleri karşılaştırılarak belirlenmiştir. En uygun model olarak en yüksek R^2 , en düşük χ^2 ve RMSE değerlerine sahip model seçilmiştir.

$$R^2 = \frac{N \sum_{i=1}^N MR_{b,i} MR_{d,i} - \sum_{i=1}^N MR_{b,i} \sum_{i=1}^N MR_{d,i}}{\sqrt{(N \sum_{i=1}^N MR_{b,i}^2 - (\sum_{i=1}^N MR_{b,i})^2)(N \sum_{i=1}^N MR_{d,i}^2 - (\sum_{i=1}^N MR_{d,i})^2)}} \quad (3.4)$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(MR_{d,i} - MR_{b,i})^2}{N-n} \quad (3.5)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{b,i} - MR_{d,i})^2 \right]^{1/2} \quad (3.6)$$

Burada $MR_{d,i}$ i. gözlemde ölçülen deneysel değer,

$MR_{b,i}$ modelde i. gözlemde beklenen değer,

N gözlem sayısı ve n kullanılan modelin katsayı adedidir.

Tablo 3.7 Kurutma kinetiğinin incelenmesi için irdelenen kurutma modelleri

MODEL ADI	MODEL DENKLEMİ	KAYNAK
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	(Uysal et al., 2017)
Üstel	$MR = \exp(-kt)$	(Eren et al., 2008)
Henderson ve Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	(Koçak et al., 2018)
Difüzyon	$MR = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-kbt)$	(Ertekin and Yaldız, 2004)

3.2.2.2 Etkin difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisinin belirlenmesi

Uzun süreli kurutmalar için Eşitlik 3.3'in 2. ve 3. Terimler ihmal edildiğinde denklem Eşitlik 3.7 şeklinde sadeleşmiştir (Srikiatden 2007).

$$MR = \frac{M_0}{M_t} = \frac{8}{\pi^2} (e^{-(\frac{\pi}{2})^2 N_{Fi}}) \quad (3.7)$$

$$N_{Fi} = D_{eff} t / L^2$$

$$MR = \frac{M_0}{M_t} = \frac{8}{\pi^2} (e^{-(\frac{\pi}{2})^2 D_{eff} t / L^2})$$

N_{Fi} Fick Sabiti, D_{eff} efektif difüzyon katsayısı (m^2/s), L ürünün kalınlığıdır.

Eşitlik 3.7 doğal logaritması alınarak doğrusallaştırıldığında Eşitlik 3.8 elde edilmiştir.

$$\ln(MR) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \ln\left(\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{D_{eff} t}{L^2}\right) \quad (3.8)$$

Yukarıdaki denklem $\ln(MR)$ - t grafiğine aktarıldığında hesaplanan eğimden ürünün etkin difüzivitesi hesaplanır.

$$\text{Eğim} = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{D_{eff}}{L^2} \quad (3.9)$$

Etkin difüzivitenin sıcaklıkla olan ilişkisi Arrhenius tipi denklem ile açıklanır (Eşitlik 3.10) (Akdoğan,2014).

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3.10)$$

Eşitlik 3.10'un doğal logaritması alınarak doğrusal denklem haline getirilir (Eşitlik 3.11) (Akdoğan,2014).

$$\ln(D_{eff}) = \ln D_0 - \ln\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3.11)$$

Burada D_0 Arrhenius faktörü (m^2/s), E_a aktivasyon enerjisi (kJ/mol), R gaz sabiti (kJ/mol.K) ve T (K) ise sıcaklıktır. $\ln(D_{eff})$ değerlerinin $1/T$ 'ye karşı çizilmesi ile elde edilen grafiğin eğimi ile E_a hesaplanır.

$$\text{Eğim} = \frac{E_a}{R} \quad (3.12)$$

3.2.3 Analiz Metotları

Taze, haşlama, vakumlu emdirim ve kurutma sonrası örnekler ile emdirim çözeltilisine uygulanan analizler Tablo 3.8’de uygulama aşamalarıyla birlikte verilmiştir.

Tablo 3.8 Örneklere uygulanacak olan analizler ve uygulama aşamaları

Analiz Adı	Deiyonize elma suyu konsantresi (70 °Briks)	Taze armut	Haşlama sonrası armut	Vakumlu emdirim işlemi sonrası Armut	Kurutma işlemi sonrası armut
Toplam Kuru Madde Tayini		X	X	X	X
°Briks	X	X	X	X	X
pH ve Titrasyon Asitliği Tayini	X	X	X	X	X
Su Aktivitesi Tayini		X	X	X	X
Renk Tayini	X	X	X	X	X
Toplam Fenolik Madde Tayini	X	X	X	X	X
Antioksidan Kapasite Tayini	X	X	X	X	X
Tekstür Tayini		X	X	X	X
Duyusal Analiz					X
Polifenol Oksidaz Aktivitesi Tayini			X		

3.2.3.1 Toplam Kuru Madde Tayini

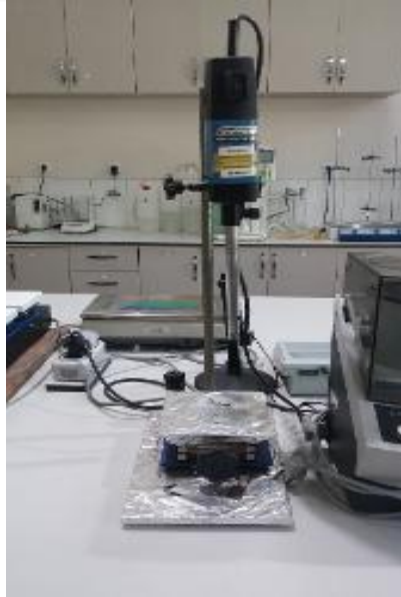
Örneklere yapılacak olan toplam kuru madde tayini WiseVen marka WOW-30 model (Almanya) (Şekil 3.11) vakumlu etüv yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Nem tayin kapları sabit tartıma ulaşınca kadar 65°C’deki vakum etüvde kurutulmuştur. Kuruma işlemi sonrası gerçekleştirilen tartımlarda 0.0001g hassasiyetteki analitik terazi (Shimadzu, ATX 224, Japonya) kullanılmıştır. Sabit tartıma gelen kaplara 2’Şer gram örnek tartılarak nem tayini gerçekleştirilmiştir (Cemeroğlu,2013).



Şekil 3.10 Analizlerde kullanılan vakumlu etüv (WiseVen WOW-30 (Almanya))

3.2.3.2 Suda çözüdür kuru madde tayini (°Briks)

Vakumlu emdirim işlemi uygulanan örneklerden 25 g tartılıp üzerine 100 ml saf su eklenerek ve kurutma işlemi uygulanan örneklerden 10 gr tartılıp 40 ml saf su eklenerek ultratoraksda (Şekil 3.12) ile kısa bir süre parçalanmıştır. Kaba filtre kâğıdından geçirilerek süzütü analizlerde kullanılmak üzere ayrılmıştır.



Şekil 3.11 Örneklerin hazırlanması için kullanılan ultratraks

Suda çözüdür kuru madde tayini Krüss (Almanya) marka dijital göstergeli refraktometre (Şekil 3.13) ile gerçekleştirilmiştir (Cemeroğlu, 2013). Okunan

değer seyreltme oranı dikkate alınarak örneklerin suda çözünür kuru madde değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 3.12 Suda çözünür kuru madde analizinde kullanılan refraktometre (Krüss (Almanya))

3.2.3.3 pH ve titrasyon asitliği tayini

Titrasyon asitliği ve pH için suda çözünür kuru madde tayininde elde edilen ekstrakt kullanılmıştır. pH ölçümü amacı ile önceden standardize edilmiş Inolab marka pH level 7110 model (Almanya) masa tipi pH-metre kullanılmıştır (Şekil 3.14). Örneklerden 25 ml alınıp pH metrenin probu örneğe daldırılıp, dijital ekranda sabit bir değer görülene dek beklenmiştir.



Şekil 3.13 Inolab marka pH level 7110 model (Almanya) pH metre

Titrasyon asitliği tayini için, pH ölçümü için ayrılan örneklerden 10 ml alınıp 0.1 N NaOH zeltisiyle fenolftaleyn indikatörü eşliğinde pH 8.1 değerine ulaşana dek titrasyon gerçekleştirilmiştir (Cemeroğlu, 2013). Titrasyon asitliği tayini için kullanılan düzenek Şekil 3.15 'te yer almaktadır. Hesaplamalar sarf edilen NaOH zeltisi miktarına göre malik asit cinsinden gerçekleştirilmiştir. % titrasyon asitliği değerini Eşitlik 3.13 'a göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{Titrasyon asitliği} = V * f * E * \frac{100}{m} \quad (3.13)$$

V= Titrasyonda harcanan 0.1 N NaOH miktarı (ml)

E= 1 ml 0.1 N NaOH'in eşdeğerini asit miktarı (g)

f=Titrasyonda kullanılan NaOH'in faktörü

m= Titre edilen örneğin gerçek miktarı(g veya ml)



Şekil 3.14 Titrasyon asitliği tayini için kullanılan düzenek

3.2.3.4 Su aktivitesi tayini

Su aktivitesi değerini belirlemek amacıyla örnek kabına, kabın $\frac{3}{4}$ n dolduracak Şekilde rnek tartılmıştır. Testo 400 (Almanya) (Şekil3.16) model su aktivitesi cihazı ile su aktivitesi tayini gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.15 Testo 400 (Almanya) model su aktivitesi cihazı

3.2.3.5 Renk tayini

Konica minolta CR-400 (Japonya) (Şekil 3.17) model kolorimetre ile L^* , a^* ve b^* değerleri, ölçülerek belirlenmiştir. Ölçümlerden önce cihazın kalibrasyonu beyaz referans plaka ile yapılmıştır. Renk değerleri L^* (beyazlık, parlaklık/siyahlık), a^* (kırmızılık/yeşillik), b^* (sarıklık/mavilik) olarak ifade edilmiştir (Perez-Cabrera et al.,2011).



Şekil 3.16 Konica minolta CR-400 (Japonya) model kolorimetre

3.2.3.6 Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde tayini ve antioksidan aktivite Mrad et al.(2012)' de yaptıkları çalışmadaki ekstraksiyon yöntemi modifiye edilmiştir. 10 g örnek tartılarak üzerine 20 ml %70 v/v aseton eklenerek 10 dk. ultratraks ile homojenize

edilmiştir. Daha sonra külsüz filtre kağıdından (MN,640) süzülerek ekstraktlar analizler için ayrılmıştır.

Toplam fenolik madde tayininde Folin – Ciocalteu ayracı ile toplam fenolik madde tayini metodu uygulanmıştır (Cemeroğlu, 2013). Örneklerin absorbans değerleri, Agilent Technologies Cary 60 UV-VIS Spectrophotometer (ABD) (Şekil 3.19) kullanılarak 720 nm dalga boyunda okunmuştur. Okunan absorbans değerleri, farklı konsantrasyonlarda gallik asit çözeltilerinin absorbans değerlerini okunarak oluşturulmuş olan gallik asit kalibrasyon eğrisine göre değerlendirilmiştir.



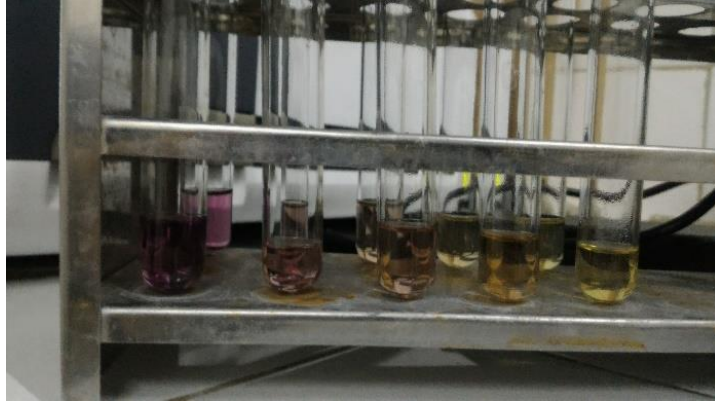
Şekil 3.17 Agilent Technologies Cary 60 UV-VIS Spektrofotometresi (ABD)

3.2.3.7 Antioksidan Aktivite Tayini

Antioksidan aktivitesi tayini olarak DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini kullanılmıştır (Lim et al., 2006). IC₅₀ değerinin hesaplanabilmesi için 5 test tüpüne 600 µl 1mM DPPH çözeltisi eklenmiştir. Fenolik madde tayininde belirtilen şekilde hazırlanan örnek ekstraktları farklı hacimlerde 100, 200, 300, 400, 500 µl olacak şekilde test tüplerinin üzerine eklenmiştir. Tüplere toplam hacim 6 ml olacak şekilde metanol ile tamamlanmıştır. 15 dk. karanlıkta bekletildikten sonra 517 nm dalga boyunda Agilent Technologies Cary 60 UV-VIS Spectrophotometer (ABD) ile absorbans değerleri okunmuştur. Kör, örnek ekstraktı eklenmeden 600 µl DPPH üzerine 5,4 ml metanol eklenerek hazırlanmıştır. % inhibisyonu değeri Eşitlik 3.14'e göre hesaplanmıştır (Cemeroğlu,2013).

$$\%inhibisyon = \left(\frac{A_{k\ddot{o}r} - A_{ekstrakt}}{A_{ekstarkt}} \right) * 100 \quad (3.14)$$

Absorbansa karşı % inhibisyonu grafiği çizilerek sonuçlar IC₅₀ olarak gösterilen % 50 inhibisyonu sağlayan g kuru ağırlık olarak verilmiştir. Analiz sırasında spektrometrede okunan örnekler Şekil 3.20 'de verilmiştir.



Şekil 3.18 Antioksidan aktivite tayini sonucunda örnekler

3.2.3.8 Polifenoloksidaz Aktivitesi Tayini

Polifenoloksidaz enzim aktivitesinin belirlenmesi amacıyla Almeida et al.,(1995), yaptıkları çalışmadaki analiz yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Enzim ekstraksiyonu için 100 gr örnek tartılarak üzerine 400 ml soğuk su (0-4 °C) eklenmiştir 3 dk. blender ile parçalanarak 1500 rpm'de 15 dk. santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonucunda üst faz alınarak analiz için buzdolabında bekletilmiştir.

100 ml'lik balonjojeye 96 ml 0,2 M fosfat tamponu (pH:6) ve 3 ml kateşol 0.1 M kateşol çözeltisi eklenerek 30 °C su banyosunda 30 °C'ye gelinceye kadar inkübasyona bırakılmıştır. 1 ml enzim ekstraktı eklenerek 425 nm dalga boyunda 1 dk. aralıklarla 10 dk absorbans ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.21). Zamana karşı absorbans grafiği çizilerek sonuçlar Unit /1 ml enzim ekstraktı olarak verilmiştir. Unit, 0.001 absorbans artışını sağlayan ml olarak ekstraktı içindeki enzim miktarı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.19 Polifenoloksidaz aktivitesi tayini sonucu enzim ekstraktları

3.2.3.9 Tekstür tayini

Örneklerin tekstür tayinleri TA-XT plus tekstür analiz (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) (Şekil 3.22) cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler çapı 2 mm olan P/2 probu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizde ölçüm parametreleri olarak toplam 2 mm'lik mesafede ön tesh hızı 2 mm/s, test hızı 0,50 mm/s, son test hızı 4 mm/s ve trigger kuvveti ise 0,049 N olarak belirlenmiştir. Ölçümler 2 farklı örnekte, her örnekte 6 ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucu elde edilen kuvvet (N)-Zaman(sn.) grafiğindeki +y eksenindeki en yüksek pik noktası 'sertlik', -y eksenindeki en düşük pik noktası 'yapışkanlık' değeri olarak belirlenmiştir (Castagnini et al.,2015).



Şekil 3.20 TA-XT plus tekstür analiz (Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) cihazı

3.2.3.10 Katı kazanımı ve sıvı kaybı değerlerinin hesaplanması

Ürünlerin vakumlu emdirim işlemi sonucunda katı kazanımı ve sıvı kaybı değerlerinin hesaplanabilmesi için vakumlu emdirim işlemi öncesi ve sonrası ürünlerin ağırlıkları tartılmıştır. Ağırlık sonuçları ve nem tayini sonucunda elde edilen toplam kuru madde ve nem değerleri dikkate alınarak aşağıda verilen Eşitlik 3.15 ve Eşitlik 3.16 denklikleri (Paes et al., 2008) ile hesaplama işlemi gerçekleştirilmiştir.

$$KK(\%) = \frac{W_s - W_{s0}}{W_0} \times 100 \quad (3.15)$$

$$SK(\%) = \frac{W_{w0} - W_w}{W_0} \times 100 \quad (3.16)$$

KK=Katı Kazanımı (%), SK=Sıvı Kaybı (%), W_0 =Başlangıçtaki örnek miktarı (kg), W_s =İşlem sonunda örnekte bulunan katı miktarı(kg), W_{s0} =Başlangıç örnekteki katı miktarı (kg), W_{w0} = Başlangıç örnekteki su miktarı (kg), W_w = İşlem sonunda örnekte bulunan su miktarı(kg).

3.2.3.11 Duyusal analizler

Vakumlu emdirim işlemi uygulanarak ve uygulanmadan kurutulmuş örneklerde duyusal analiz puanlama testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Altuğ-Onoğur ve Elmacı,2015). Kurutulmuş armutlar için 5'li puanlama skalası geliştirilmiştir. Puanlama testi için kullanılan test formu Ek 11.'de verilmiştir. Puanlama testi sonuçları cevapların ortalamaları alınarak verilmiştir.

3.2.3.12 İstatistiksel analizler

Modellerin deneysel verileri temsil etme derecesi varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Lineer, interaksiyon kuadratik ve kübik etkilerin her bir yanıt üzerine etkisi %95 güven aralığında Fischer (F-testi) ile belirlenmiş ve modele uymayan etkiler modelden çıkarılmıştır. Modelin sisteme uygun olup olmadığına, yapılan varyans analizleri sonucunda, "lack of fit" hatasının önemsiz ve F- değerine göre modelin önemli çıkmasına göre karar verilmiştir. Bu aşamada tüm istatistiksel işlemler Design – Expert 7.0 for Windows yazılımı tarafından yapılmıştır. Diğer yandan, optimizasyona katılmayan analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde Design-Expert 7.0 for Windows yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Kurutma işlemini model uygunluğunun incelenmesi amacıyla SPSS 20.0 programı ile doğrusal olmayan regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. Kurutma sonrası kuru üründe gerçekleştirilen analizlerin sonuçları SPSS 20.0 programı ile tek yönlü ANOVA ve tek örnek t-testi yapılarak değerlendirilmiştir.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Taze Armut, Haşlanmış Armut ve Deiyonize Elma Suyunun Bazı Fiziko-kimyasal Özellikleri

Denemelerde kullanılan taze armut, haşlanmış armut ve emdirim çözeltisi için kullanılan deiyonize elma suyu konsantresine ait bazı fiziko-kimyasal özellikler Tablo 4.1. 'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Taze armut, haşlanmış armut ve deiyonize elma suyu konsantresinin fiziko-kimyasal özellikleri

	Taze Armut	Haşlanmış Armut	Deiyonize Elma Suyu Konsantresi
Toplam Kuru madde (%)	19.07 ±0.96	16.54 ±0.56	-
Suda Çözünür Kuru madde (°Briks)	13.1 ±0.1	8.8 ±0.2	70±1.12
pH	4.60 ± 0.035	4.87 ±0.04	6.5±0.05
Titration Asitliği (g MAE*/100 g KM)	1.04 ± 0.21	0.92 ±0.08	0.02±0.32
Antioksidan aktivite IC ₅₀	12,70 ±0,41	30,68±2,62	169± 1,21
Toplam Fenolik Madde (mg GAE**/100 g KM)	3541.24± 31.9	1467.23±12.7	200.1±11.3
a _w	0.98 ± 0.1	0.99±0.1	-
L*	67.92 ± 1.86	44.72±2.8	28,82±0,11
a*	-1.17±0.28	-1.48±0.10	-0.28±0.11
b*	14.14±0.58	3.60±0.35	5.06±0.01
Sertlik(N)	0.42±0.15	0.19±0.07	-
Yapışkanlık (N)	-0.05±0,02	-0.01±0.006	-

*MA=Malik asit eşdeğeri **GA=Gallik asit eşdeğeri

Tablo 4.1 incelendiğinde, taze armut için toplam kuru madde içeriğinin % 19.07±0.96, suda çözünür kuru madde içeriği (°Briks) %13.1 ±0.1, pH 4.60 ± 0.035, titrasyon asitliği 1.04 ± 0.21 g MA*/100 g KM, IC₅₀ değeri 12,70 ±0,41, toplam fenolik madde içeriği 3541.24± 31.9 mg GA/100 g KM, su aktivitesi

değeri 0.98 ± 0.1 , L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 67.92 ± 1.86 , -1.1783 ± 0.28 ve 14.1417 ± 0.58 olarak, sertlik ve yapışkanlık değerleri 0.4224 ± 0.15 ve -0.0511 ± 0.02 olarak bulunmuştur.

Öztürk et al., 2009 'da yaptıkları çalışmada bizim çalışmamızda da kullanılan armut cinsi olan Deveci ve Santa Maria cinsi armutlara ait bazı fiziko-kimyasal özelliklerin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada Deveci armudunun toplam kuru madde değeri $\%15.96 \pm 1.11$, suda çözünür kuru madde içeriği 14.00 ± 1.72 , pH değeri 4.28 ± 0.71 , tirtasyon asitliği 0.60 ± 0.03 MA/100 g KM, Hunter lab renk değerleri $L^* 74.46 \pm 2.47$, $a^* -3.40 \pm 1.72$, $b^* 37.28 \pm 3.28$, Toplam fenolik madde içeriği 2464.40 ± 13.7 mg GA/100 g KM olarak bulmuşlardır. Çalışmada elde edilen Deveci armudunun bazı fiziko kimyasal özellikleri çalışmamızla paralellik göstermektedir. Fakat fenolik madde içeriğinin bizim çalışmamıza göre daha düşük olduğu görülmüştür. Literatürde yapılan çalışmalar ile çalışmamız paralellik göstermekte ve armudun antioksidan aktivite değerini (IC_{50}) 11.0 ± 0.006 olarak buldukları görülmektedir. Farklı bir armut cinsi olan *S. Bartolomeu* cinsi armut da Ferreira et al., (2008) sertlik değerini sertlik değeri 4.2 ± 0.5 N olarak bulunmuştur. Al Juhaimi et al. (2016) yaptıkları çalışmada deveci armudunun nem içeriğini $\% 84.57$ ve toplam fenolik madde içeriğini 86.146 ± 0.059 mg GAE/100g olarak bulmuşlar. Çalışmada kullandıkları deveci armutlarının toplam fenolik madde çalışmamızda kullanılanlara göre çok daha azdır. Akçay vd. (2009) yılında çeşitli armut tipleri ile yaptıkları çalışmada deveci armudu için suda çözünür kuru madde içeriğini $\%13.40$ ve titrasyon asitliği değerini $\% 0.30$ olarak bulmuşlardır.

Haşlama meyve ve sebzelere uygulanan önemli ön işlemlerden biridir. Haşlama işlemi enzim inaktivasyonunun sağlanması, dokular arasındaki havanın uzaklaştırılması, ham lezzetin yok edilmesi, daha sonra uygulanacak işlemlerin işlem süresinin kısaltılması gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Haşlama işleminin avantajları ile birlikte bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Özellikle su ile yapılan haşlama işlemlerinde ile çözünür madde kaybı haşlamanın en önemli olumsuzlukları arasında yer almaktadır. Özgül yüzey alanı büyük olan materyallerle, kesilmiş yüzey alanı fazla olan parçaların özellikle su içinde haşlanmasında, kuru madde kaybı çok artmaktadır (Cemeroğlu, 2013).

Tablo 4.1 incelendiğinde de görüldüğü gibi haşlanmış armut ile taze armut arasında toplam kuru madde $\%19.07 \pm 0.96$ 'den $\%16.54 \pm 0.56$ 'e, suda çözünür kuru madde 13.1 ± 0.1 °Briks 'ten 8.8 ± 0.2 °Briks e , toplam fenolik madde 3541.24 ± 31.9 mg GAE/100 g KM' den 1467.23 ± 12.7 mg GAE/100 g KM' e, antioksidan kapasite

12,70 ±0,41mg kuru ağırlıktan 30,68±2,62 mg kuru ağırlığa azalmalar meydana gelmektedir.

Amin and Lee,(2005) yılında çeşitli lahanalar cinslerinde yaptıkları çalışmada 98 °C sıcaklığındaki suda 5, 10 ve 15 dk. haşlama işlemi uygulamışlardır. En düşük antioksidan aktivite değerlerini 15 dk haşlama işlemi uygulanan örneklerde görmüşlerdir. Haşlama işlemi sonunda lahanaların bazı fiziko kimyasal özelliklerinde değişimlerin meydana geldiğini görmüşlerdir. Haşlama işlemi sonunda antioksidan aktivite değeri azalmaktadır. Toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde taze kırmızı lahanalar için 6.79 ± 0.00 g GAE/kg yaş baz olan toplam fenolik madde içeriği 15 dk. haşlama işlemi sonunda 4.29 ± 0.00 g GAE/kg yaş baz olarak bulunmuştur. Haşlama işlemi ile birlikte bizim çalışmamızda olduğu gibi toplam fenolik madde içeriği azalmaktadır.

4.2 Yanıt Yüzey Metodolojisi ile Vakumlu emdirim İşlemi Koşullarının Optimizasyonu

Armutlarda gerçekleştirilen katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, toplam kuru madde, pH ve titrasyon asitliği, sertlik, yapışkanlık, renk (L^* , a^* ve b^*) analizleri arasında yer alan Bölüm 3.2.1' de açıklandığı üzere katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde içeriği ve L^* değerleri optimizasyon ve uygun modeli belirlemek amacıyla yanıt olarak seçilmiştir. Optimizasyon işlemi sırasında cevap olarak seçilmeyen ama vakumlu emdirim işleminde önemli etkiye sahip olan antioksidan aktivite, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, toplam kuru madde, pH ve titrasyon asitliği, sertlik, yapışkanlık, renk (a^* ve b^*) analiz sonuçlarının değerlendirilmesi bölüm 4.3'de gerçekleştirilmiştir. Uygun modelin oluşturulması ve optimizasyon işlemi aşağıda belirtilen başlıklar altında irdelenmiştir.

4.2.1 Modelin oluşturulması

Design Expert programında Central Composite dizayn ile oluşturulan 20 deneme ve bu denemeler sonucunda yanıt olarak belirlenmiş olan katı kazanımı, sıvı kaybı, parlaklık (L^*) ve toplam fenolik madde cevaplarına ait model denklikleri oluşturulup optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Denemelere ait katı kazanımı, sıvı kaybı, parlaklık (L^*) ve toplam fenolik madde sonuçları Tablo 4.2 'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Vakumlu emdirim işlemi sonucunda elde edilen armutların katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde içeriği ve L* sonuçları

Deneme No	Çözelti Konsantrasyonu (°Briks)	Vakum Basıncı (mbar)	Vakum Süresi (dk.)	Katı Kazanımı (%)	Sıvı Kaybı (%)	Toplam Fenolik Madde (mg GA/100 g KM)	L*
1	30	350	30	5,0	4,6	1435.66	47.32
2	40	200	30	4.4	5.0	1464.20	45.14
3	40	350	45	8.4	8.4	1655.62	45.40
4	40	500	30	4.6	7.0	1715.48	46.09
5	40	350	30	3.4	4.4	1612.09	46.35
6	40	350	30	5.2	7.4	1573.82	47.69
7	50	500	45	9.1	13.7	1796.55	48.92
8	30	200	45	4.9	5.4	1148.83	41.86
9	50	500	15	6.8	15.7	1932.17	41.49
10	50	350	30	7.7	12.3	1655.74	46.23
11	40	350	30	3.4	6.3	1917.20	48.10
12	30	200	15	-1.0	-1.0	2310.09	49.82
13	30	500	15	7.1	8.6	1211.21	48.02
14	40	350	15	2.0	5.5	1976.51	46.7
15	30	500	45	1.2	2.5	1896.74	48.93
16	40	350	30	4.2	7.8	1553.50	48.77
17	50	200	15	7.7	14.7	1119.69	48.90
18	40	350	30	4.2	7.6	1725.66	49.36
19	50	200	45	10.4	16.8	1860.58	44.22
20	40	350	30	3.7	10.3	1656.05	50.19

Oluşturulan bu modellerin deneysel verileri ne ölçüde karşıladığı varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Bu yöntemle her bir faktörün yanıtlar üzerindeki istatistiksel önemlilikleri % 95 güven seviyesinde Fischer (F-testi) testi uygulanarak bulunmuştur. Bir modelin sistemin gerçek yanıtına uygun bir yaklaşım olup olmadığına, model uygunsuzluğu testinden (lack of fit) kaynaklanan hatanın önemsiz ve regresyondan kaynaklanan varyasyonun % 95 güvenlik seviyesinde önemli olması koşulu dikkate alınarak karar verilmiştir.

Optimizasyon çalışmasında yer alan işlem değişkenleri ile her bir yanıt arasındaki ilişkiyi ifade eden matematiksel modeller çoklu regresyon analizi yapılarak oluşturulmuştur. Bunun için modellere her bir değişkenin öncelikle lineer etki terimleri, daha sonra quadratik ve quadratik interaksiyon etki terimleri, kübik ve kübik interaksiyon etki terimleri sırası ile toplu halde eklenmiş ve kareler toplamındaki artış ve model uygunsuzluğu testi (lack of fit) değerleri analiz edilmiştir.

Modellerin deneysel veriyi ne ölçüde karşıladığı regresyon katsayısı R^2 , düzeltilmiş regresyon katsayısı R_{adj}^2 , tahminleme değeri ‘Adequate precision’ ve varyasyon katsayısı (C.V.) değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Modellere ait regresyon katsayısı R^2 , düzeltilmiş regresyon katsayısı R_{adj}^2 , varyasyon katsayısı (C.V.) ve ‘Adequate precision’ değerleri Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3 Modellere ait regresyon katsayısı R^2 , düzeltilmiş regresyon katsayısı R_{adj}^2 , Adequate precision ve varyasyon katsayısı (C.V.) değerleri

	Katı Kazanımı	Sıvı Kaybı	Toplam Fenolik Madde	L*
R^2	0.9623	0.8732	0.8491	0.8557
R_{adj}^2	0.9205	0.8280	0.7610	0.7892
C.V	15.14	20.75	8.67	5.03
Adequate precision	21.050	15.425	13.522	10.351

Elde edilen modellerin tümünde varyasyonun büyük bir kısmı ($R^2 > 0,84$) modeller tarafından açıklanabilmektedir. Ayrıca düzeltilmiş regresyon katsayısı (R_{adj}^2) değerlerinin modelin uygunluğunun değerlendirilmesinde kullanılması önerilmektedir (Koç 2008). Tüm modeller için düzeltilmiş regresyon katsayısı (R_{adj}^2) değeri; katı kazanımı 0.9205, sıvı kaybı 0.8280, toplam fenolik madde içeriği 0.7610 ve L^* 0.7892 olduğu görülmüş ve kabul edilebilir sınırlar (R^2 ve $R_{adj}^2 \geq 0,70$) içerisinde çıkmıştır. R^2 ve R_{adj}^2 değerlerinin birbirlerine yakın olması matematiksel modellerin istatistiksel olarak uygun olduğunu göstermektedir.

Varyasyon katsayısı deneysel verilerdeki kalıntı varyasyonun ortalamaya bağlı bir ölçüsüdür. Büyük varyasyon katsayısı değerleri, verilerin ortalamadan çok fazla saptıklarını, küçük varyasyon katsayısı değerleri ise verilerin hemen hemen ortalamayla aynı değere sahip olduğunu göstermektedir (Lazić, 2004). Tüm modeller için varyasyon katsayısı (C.V.) değeri; katı kazanımı 15.14, sıvı kaybı 20.75, toplam fenolik madde içeriği 8.67 ve L^* 5.03 olduğu görülmüştür.

Modelinin daha sonra yapılacak gözlemler için bir tahminleme modeli olarak kullanılabilmesi ‘Adequate Precision’ değerine bakılarak belirlenebilmektedir. Bu değer 4 ‘ten büyük olması modellerin bu deneme dizaynı için uygun olduğunun bir göstergesidir (Özdikicierler et al.,2016). ‘Adequate precision’ değerleri katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde içeriği, ve L^* için sırasıyla 21.050, 15.425, 13.522 ve 10.351 olarak bulunmuş ve bu değerlerin hepsi ‘4’ten büyüktür.

Bağımsız değişkenlerin yanıtlar üzerindeki lineer, interaksiyon, quadatik ve kúbik etkilerinin istatistiksel olarak önemliliği de Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Her bir cevap için AVOVA tablosunun incelenmesinde model için uygunluk testinin anlamlı, modelin matematiksel uygunsuzluğu testinin anlamsız bulunması gerekmektedir. p-değeri 0.05'ten büyük olan etkiler önemsiz kabul edilmiş ve bu terimler modelden çıkarılmıştır. Kalıntı hata; saf, deneysel hata ve model uygunsuzluğu (lack of fit) olarak ayrılmıştır. Modelin, matematiksel uygunsuzluğu (lack of fit) önemsiz ve regresyon modelinin önemli olması gerekmektedir (Koç,2008). Her bir yanıt için belirlenen modellerin %95 güven seviyesinde önemli ve model uygunsuzluğu (lack of fit) %95 güven seviyesinde önemsiz olduğu görülmüştür.



Tablo 4.4 Katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde içeriği ve L* cevaplarına ait ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Katı Kazanımı		Sıvı Kaybı		Toplam Fenolik Madde		L*(Parlaklık)	
		Kareler Toplamı	p-Değeri	Kareler Toplamı	p-Değeri	Kareler Toplamı	p-Değeri	Kareler Toplamı	p-Değeri
Model	10	132.21	<0.0001	368.18	< 0.0001	1.401E+006	0.0004	90.31	0.0024
A-konsantrasyon	1	3.69	0.0320	281.37	< 0.0001	13119.10	0.4420	4.11	0.1745
B-Vakum basıncı	1	0.67	0.3086	4.40	0.2892	42087.95	0.1799	0.62	0.4451
C-Vakum süresi	1	6.83	0.0073	1.29	0.5604	3662.19	0.6818	2.66	0.2678
AB	1	5.34	0.0139	9.82		1.511E+005	0.0194	7.95	0.0676
AC	1	2.97	0.0492	4.021E-003	0.9709	1.461E+005	0.0211	12.01	0.0296
BC	1	18.89	0.0003	34.35	0.0055	1.177E+005	0.0347	55.07	0.0002
A ²	1	10.95	0.0018	27.89	0.0100				
B ²	1	2.237 E-004	0.9847					7.27	0.0789
ABC	1	16.60	0.0004	9.05	0.1047	9.270E+005	< 0.0001		
AB ²	1	3.05	0.0468						
Kalıntı	10	5.18		50.71		2.490E+005		21.79	
Model Uygunsuzluğu	5	2.83	0.3271	31.89	0.5599	1.585E+005	0.4168	12.72	0.455
Saf Hata	5	2.34		18.82		90518.30		9.07	
Toplam	19	137.39		400.01		1.650E+006		113.97	

4.2.2 İşlem değişkenlerinin armutların katı kazanımı üzerine etkisi

Vakumlu emdirim işlemi sırasında armutların emdirim çözeltisine daldırılmasıyla armut ve emdirim çözeltisi arasında karşılıklı bir kütle transferi gerçekleşmektedir. Bu nedenle işlem sonunda hesaplanan katı kazanımı değeri bize armutların kazandığı katı miktarını yüzdesel olarak vermektedir. Armutlara ait katı kazanımı değerleri Tablo 4.2’de ve istatistiksel değerlendirmeye ait sonuçlar Tablo 4.3 ve Tablo 4.4’ de verilmiştir.

Denemeler sonucunda en yüksek katı kazanımı % 10.4 olarak 50 °Briks çözelti konsantrasyonu 200 mbar vakum değeri ve 45 dk. vakum süresi uygulanan denemede bulunmuştur. En düşük katı kazanımı % -1,0 olarak 30 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 15 dk. vakum süresindeki denemede görülmüştür. En yüksek katı kazanımı değeri yüksek çözelti konsantrasyonunda, uzun işlem süresinde düşük basınç uygulanan örneklerde görülmüştür. En düşük katı kazanımı ise düşük konsantrasyonda düşük basınçta uygulanan kısa süreli denemede gözlemlenmiştir.

Vakum değeri (135-674 mbar) ve sakkaroz çözelti (41-60 °Briks) konsantrasyonunun elma, mango ve kavun meyvelerinde katı kazanımı, sıvı kaybı ve ağırlık kaybı üzerine etkilerini Mujica-Paz et al. 2003b’ de yaptıkları çalışmada incelemişlerdir. Çalışma sonucunda çalışmamız ile paralel sonuçlar bulmuşlar ve en yüksek katı kazanımını 60 °Briks çözelti konsantrasyonunda elmada yapılan denemelerde görmüşlerdir. Vakum değeri incelenecek olursa en yüksek katı kazanımı değerlerini en yüksek değerde vakum uygulanan örneklerde görmüşlerdir.

Yapılan diğer çalışmalardan biri olan Yuan et al.(2018)’ de sakkaroz çözeltisi ile marul yapraklarına vakumlu emdirim işlemi koşullarından olan çözelti konsantrasyonu (30-50 °Briks) ,kalınlık (2-6 mm), sıcaklık (20-40 °C) ve vakum basıncının (20-40 kPa) optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmada en yüksek katı kazanımı değeri, en yüksek konsantrasyon değeri olan 50 °Briks ve düşük basınç değerleri olan 20 kPa uygulanan örneklerde görülmüştür.

Sonuçlar incelendiğinde yanıt yüzey metodolojisinde tahminlenen regresyon parametreleri ile katı kazanımı cevabı arasında quadratik bir ilişki bulunmaktadır. Katı kazanımı konsantrasyon ($p=0.0320<0.05$) ve süre ($p=0.0073<0.05$) ile lineer olarak anlamlı bir ilişkiye sahiptir. Vakum basıncının lineer anlamlı bir etkisi olmamasına rağmen vakum süresi ve konsantrasyon ile interaksyonları halinde anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Katı kazanımı üzerine vakum basıncı-

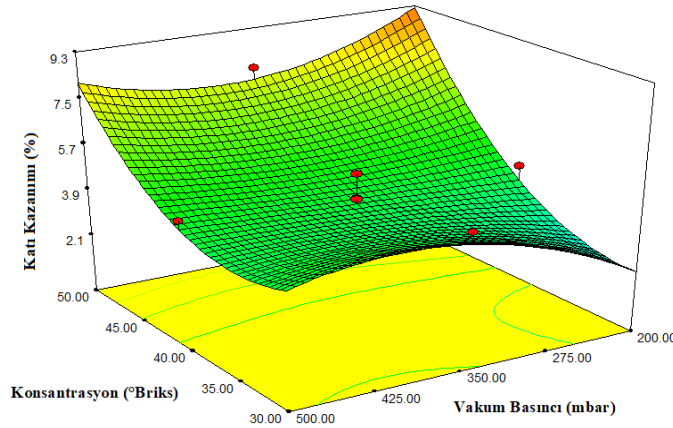
vakum süresi interaksyonu ($p=0.0003<0.05$), vakum basıncı- konsantrasyon interaksyonunun ($p=0.0139<0.05$), vakum süresi-konsantrasyon interaksyonu ($p=0.0492<0.05$) ve vakum basıncı- vakum süresi – konsantrasyon interaksyonu($p=0.0003<0.05$) anlamlı bir etkisi bulunmaktadır. Quadratik olarak vakum basıncı²-konsantrasyon interaksyonunun da ($p= 0.0492<0.05$) anlamlı bir etkisi bulunması nedeniyle model denkleğinde yer almaktadır.

Katı kazanımı için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden Eşitlik 4.1’de verilmiştir.

$$\widehat{\text{Katı Kazanımı}} = +4.08 + 1.36 * A + 0.26 * B + 0.83 * C - 0.82 * A * B + 0.61 * A * C - 1.54 * B * C + 1.85 * A^2 + 8.360E-003 * B^2 + 1.44 * A * B * C + 1.38 * A * B^2 \quad (4.1)$$

Bağımsız değişkenlerin katı kazanımı üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, elde edilen modeller kullanılarak yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur. Bu grafikler, bağımsız işlem değişkenlerinden herhangi birinin deneysel dizaynın merkez noktasında sabit tutulup, diğer iki değişkenin sonsuz sayıdaki kombinasyonlarını vermektedir.

Merkez noktasındaki sabit vakum süresinde ($t=30$ dk.) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum basıncının fonksiyonu olarak katı kazanımının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

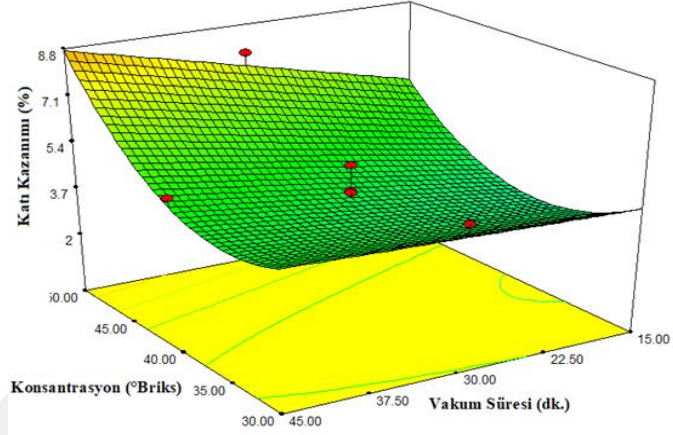


Şekil 4.1 Vakum değeri ve konsantrasyonun göre katı kazanımının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Şekil 4.1 incelendiğinde vakum basıncının arttıkça katı kazanımının 350 mbar basınca kadar arttığı sonra azalmaya başladığı, katı kazanımının düşük

konsantrasyonlarda azalmakta fakat 35 °Briks 'in üzerindeki konsantrasyonlarda katı kazanımının artmaya başladığı görülmektedir.

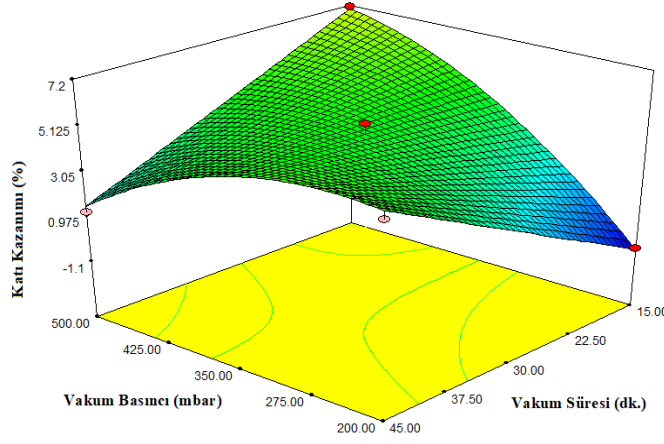
Merkez noktasındaki sabit vakum değeri (Vakum basıncı=350 mbar) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum süresi fonksiyonu olarak katı kazanımının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Vakum süresi ve konsantrasyona göre katı kazanımının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Katı kazanımı ile konsantrasyon-vakum süresi interaksiyonunda katı kazanımı yüksek değerlere ulaşmakta, vakum süresi ve konsantrasyonu arttıkça katı kazanımı da artmaktadır.

Merkez noktasındaki sabit çözelti konsantrasyonu (Konsantrasyon=30 °Briks) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum süresi fonksiyonu olarak katı kazanımının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Vakum süresi ve vakum basıncına göre katı kazanımının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Şekil 4.3'den de görüleceği gibi vakum basıncının arttıkça katı kazanımının 350 mbar basınca kadar arttığı sonra katı kazanımı azalmaya başlamakta ve vakum süresi arttıkça katı kazanımı artmaktadır.

4.2.3 İşlem değişkenlerinin armutların sıvı kaybı üzerine etkisi

Katı kazanımında olduğu gibi sıvı kaybı da karşılıklı kütle transferinin yorumlanmasında yardımcı olabilecek değerlerden biridir. Ürünlere ait sıvı kaybı değerleri Tablo 4.2'de ve istatistiksel değerlendirmeye ait sonuçlar Tablo 4.3 ve Tablo 4.4' de verilmiştir.

Sıvı kaybı için en yüksek değer %16.8 olarak 50 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 45 dk. olacak şekilde uygulanan denemelerde görülmüştür. En düşük sıvı kaybı değeri %-1 olarak 30 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 15 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür. En yüksek sıvı kaybı değeri yüksek çözelti konsantrasyonunda, uzun işlem süresinde düşük basınç uygulanan örneklerde görülmüştür. En düşük sıvı kaybı ise düşük konsantrasyonda düşük basınçta uygulanan kısa süreli denemede gözlemlenmiştir.

Mujica-Paz et al. (2003b)' de yaptıkları çalışmada vakum değeri (135-674 mbar) ve sakkaroz çözelti (41-60 °Briks) konsantrasyonunun elma, mango ve kavun meyvelerinde katı kazanımı, sıvı kaybı ve ağırlık kaybı üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda çözelti konsantrasyonu için bizim

çalışmamızla benzer sonuçları bulmuşlar en yüksek sıvı kaybını 60 °Briks çözelti konsantrasyonunda mangoda yapılan denemelerde görmüşlerdir.

Yuan et al. (2018)' de yaptıkları çalışmada sakkaroz çözeltisi ile marul yapraklarına vakumlu emdirim işlemi koşullarından olan çözelti konsantrasyonu (30-50 °Briks), kalınlık (2-6 mm), sıcaklık (20-40 °C) ve vakum basıncının (20-40 kPa) optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmada en yüksek konsantrasyon değeri olan 50 °Briks ve düşük basınç değerleri olan 20 kPa uygulanan örneklerde en yüksek sıvı kaybı değeri görülmüştür. Bu sonuç çalışmamız ile paralellik göstermektedir.

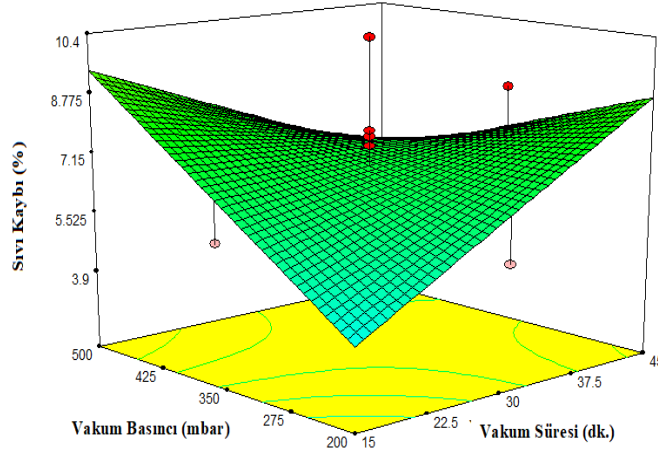
Sonuçlar incelendiğinde çözelti konsantrasyonu ile sıvı kaybının ($p=0.0001<0.05$) anlamlı bir ilişkiye sahiptir. Vakum basıncının ve vakum süresinin tek başına lineer anlamlı bir etkisi olmamasına rağmen vakum basıncı-vakum süresi interaksiyonunun ($p=0.0055<0.05$) anlamlı bir etkisi bulunmaktadır. Kuadratik olarak konsantrasyon² ($p=0.0100<0.05$) anlamlı bir etkisi bulunduğu modelde yer almaktadır.

Optimizasyon çalışmasında kullanılan, sıvı kaybı için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden Eşitlik 4.2.'de verilmiştir.

$$\widehat{Sıvı\ Kaybı} = +7.02 + 5.30 * A + 0.66 * B + 0.3 * C - 2.07 * B * C + 2.36 * A^2 \quad (4.2)$$

Bağımsız değişkenlerin sıvı kaybı üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, elde edilen modeller kullanılarak yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur. Bu grafikler, bağımsız işlem değişkenlerinden herhangi birinin deneysel dizaynın merkez noktasında sabit tutulup, diğer iki değişkenin sonsuz sayıdaki kombinasyonlarını vermektedir.

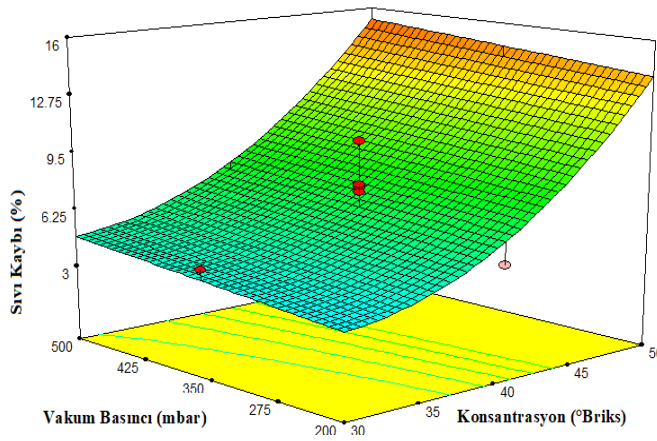
Merkez noktasındaki sabit çözelti konsantrasyonu (Konsantrasyon=30 °Briks) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum süresi fonksiyonu olarak sıvı kaybının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.4' de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Vakum süresi ve vakum basıncına göre sıvı kaybının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Sıvı kaybı üzerine vakum değeri ve vakum süresinin etkileri halinde etkilidir. Vakum değeri ve süresi arttıkça sıvı kaybı artmaktadır.

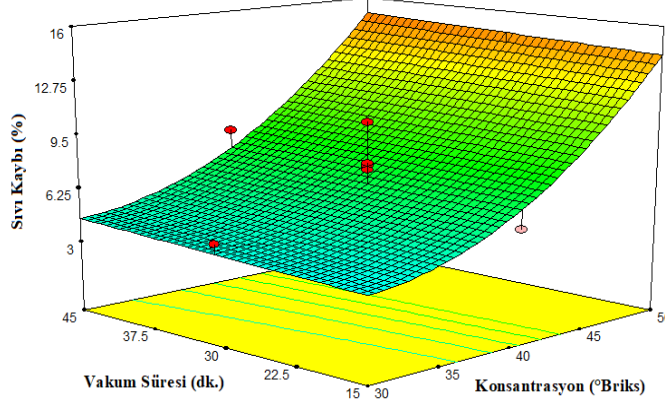
Merkez noktadaki sabit vakum süresinde ($t=30$ dk.) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum basıncının fonksiyonu olarak sıvı kaybı değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Vakum değeri ve konsantrasyona göre sıvı kaybının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Vakum basıncının sıvı kaybını üzerine etkisinin olmadığı fakat çözelti konsantrasyonu arttıkça sıvı kaybının arttığı görülmüştür.

Merkez noktasındaki sabit vakum basıncında (Vakum basıncı=350 mbar) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum süresinin fonksiyonu olarak sıvı kaybı değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Vakum süresi ve konsantrasyona göre sıvı kaybının değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Vakum süresinin sıvı kaybını etkilemediği çözelti konsantrasyonu arttıkça sıvı kaybı artmaktadır.

4.2.4 İşlem değişkenlerinin armutların toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi

Fenolik bileşikler meyvelerin renk, tat ve lezzet gibi önemli kalite kriterleri üzerinde etkili bileşikler olup insan sağlığı üzerinde önemli rolleri bulunmaktadır (Mitić et al., 2010). Bu nedenle vakumlu emdirim işlemi sonucu elde edilen ürünlerin toplam fenolik madde değerleri Tablo 4.2 'da ve istatistiksel değerlendirmeye ait sonuçlar Tablo 4.3 ve Tablo 4.4' de verilmiştir.

Toplam fenolik madde için en yüksek değer 2310.0 mg GA/100 g KM olarak 30 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 15 dk. olacak şekilde uygulanan denemelerde görülmüştür. En düşük toplam fenolik madde değeri 1119.7 mg GA/100 g KM olarak 50 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 15 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür.

Vakumlu emdirim işleminin etkisinin incelendiği Sharif et al.(2018) yaptıkları çalışmada yaban mersinine uygulanacak olan ozmotik dehidrasyon işlemi

parametrelerinin konsantrasyon (60-70 °Briks), süre (2-8 saat), sıcaklık (40-50) ve örnek çözelti oranının (1:2-1:6) optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Uygulama süresi ve çözelti konsantrasyonunun fenolik madde içeriği üzerine etkisinin az olduğunu ve bu iki değer arttıkça fenolik madde içeriğinin azaldığını görmüşlerdir.

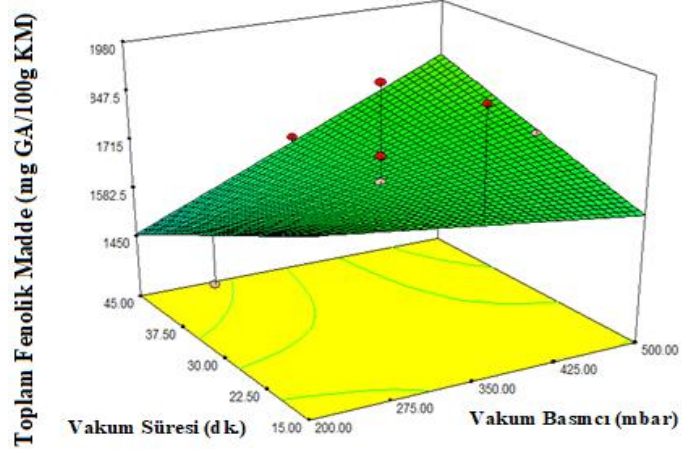
Sonuçlar incelendiğinde vakum basıncı, süresi ve çözelti konsantrasyonun tek başına anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır. Fakat bu değişkenlerin birbiri ile interaksyonları incelenecek olursa vakum basıncı-konsantrasyon interaksyonunun ($p=0.0194<0.05$), vakum süresi ve konsantrasyon interaksyonunun ($p=0.0211<0.05$) ile vakum değeri ve vakum süresi interaksyonunun anlamlı bir etkisi bulunmaktadır ($p=0.0347<0.05$). Vakum basıncı- vakum süresi-konsantrasyon interaksyonunun ($p=0.0001<0.05$) da anlamlı bir etkisi bulunduğundan modelde yer almaktadır.

Optimizasyon çalışmasında kullanılan, toplam fenolik madde için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden Eşitlik 4.3’de verilmiştir.

$$\widehat{\text{Toplam Fenolik Madde}} = 1660.87 + 36.22 * A + 64.88 * B - 19.14 * C + 137.43 * A * B + 135.12 * A * C + 121.29 * B * C - 340.41 * A * B * C \quad (4.3)$$

Bağımsız değişkenlerin toplam fenolik madde içeriği üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, elde edilen modeller kullanılarak yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur. Bu grafikler, bağımsız işlem değişkenlerinden herhangi birinin deneysel dizaynın merkez noktasında sabit tutulup, diğer iki değişkenin sonsuz sayıdaki kombinasyonlarını vermektedir.

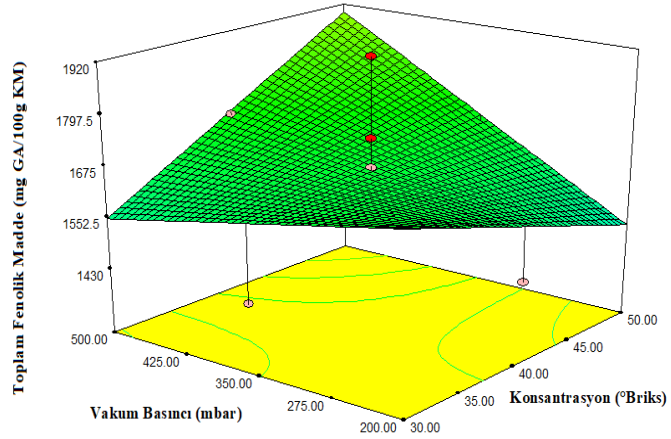
Merkez noktasındaki sabit çözelti konsantrasyonu (Konsantrasyon=30 °Briks) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum süresi fonksiyonu olarak toplam fenolik madde değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.7’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Vakum süresi ve vakum basıncına göre toplam fenolik madde değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Vakum değeri ve vakum süresinin toplam fenolik madde üzerine tek başına etkisinin olmadığı fakat interaksyonları halinde anlamlı bir etkisi olduğu varyans analizi sonuçlarından da görülmektedir. Şekil 4.7’de görüldüğü gibi vakum değeri ve vakum süresi azaldıkça toplam fenolik madde içeriği artmaktadır.

Merkez noktasındaki sabit vakum süresinde ($t=30$ dk.) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum basıncının fonksiyonu olarak toplam fenolik madde değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

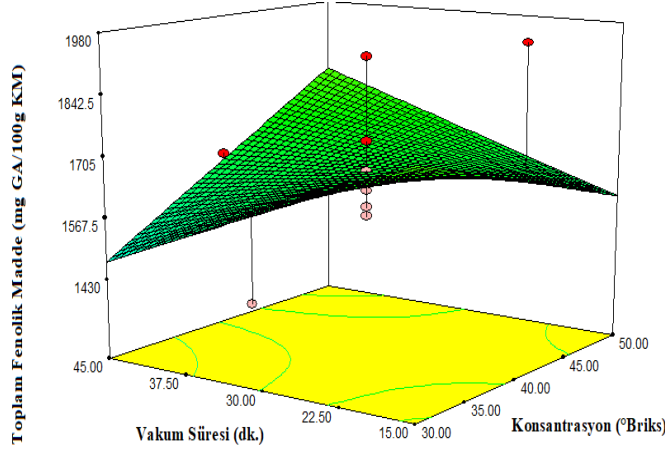


Şekil 4.8 Vakum değeri ve konsantrasyona göre toplam fenolik madde değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Vakum değeri ve çözelti konsantrasyonunun toplam fenolik madde üzerine tek başına etkisinin olmadığı fakat interaksyonları halinde anlamlı bir etkisi olduğu

görülmüştür. Vakum değeri ve konsantrasyonun toplam fenolik madde ile ters bir ilişkisi bulunmaktadır. Vakum değeri ve konsantrasyon azaldıkça toplam fenolik madde içeriği artmaktadır.

Merkez noktasındaki sabit vakum basıncında (Vakum basıncı=350 mbar) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum basıncının fonksiyonu olarak toplam fenolik madde değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Vakum süresi ve konsantrasyona göre toplam fenolik madde değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Vakum süresi ve çözelti konsantrasyonunun toplam fenolik madde üzerine tek başına etkisinin olmadığı fakat etkileşimleri halinde anlamlı bir etkisi olduğu varyans analizi sonuçlarından da görülmektedir. Vakum süresi ve konsantrasyonu ile toplam fenolik madde içeriği arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Vakum süresi ve konsantrasyon azaldıkça fenolik madde içeriği artmaktadır.

4.2.5 İşlem değişkenlerinin armutların L*(parlaklık) üzerine etkisi

Vakumlu emdirim işlemi sonucu elde edilen ürünlerin L* değerleri Tablo 4.2'de ve istatistiksel değerlendirmeye ait sonuçlar Tablo 4.3 ve Tablo 4.4' de verilmiştir.

L* için en yüksek değer 50.2 olarak 40 °Briks çözelti konsantrasyonu, 350 mbar vakum değeri ve 30 dk. olacak şekilde uygulanan denemelerde görülmüştür. En düşük L* değeri 41.49 olarak 50 °Briks çözelti konsantrasyonu, 500 mbar

vakum değeri ve 15 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür.

Vieira et al., (2012) guava meyvesine uyguladıkları ozmotik dehidrasyon işleminin çözelti konsantrasyonu (40-60 °Briks), sıcaklık(20-40 °C) ve vakum uygulama süresi (0-20 dk.) parametreleri için gerçekleştirdikleri optimizasyon çalışmasında en yüksek L* değerini 56 °Briks çözelti konsantrasyonu olan denemelerde bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda ise en yüksek L* değeri 40 °Briks çözelti konsantrasyonlarında gözlenmiştir.

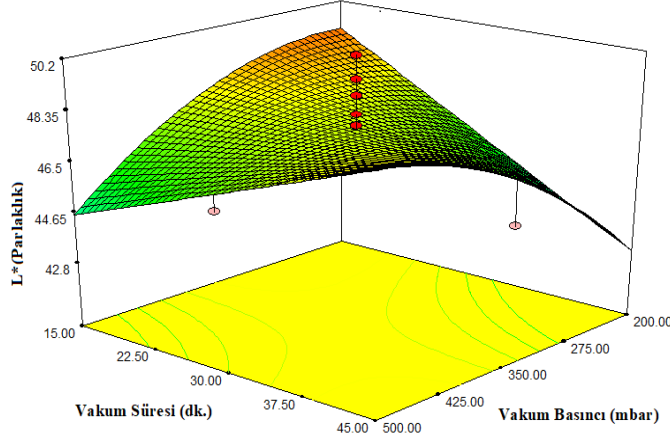
İstatistik analiz sonuçları vakum basıncı, süresi ve çözelti konsantrasyonun tek başına anlamlı bir ilişkisi bulunmamaktadır. Fakat bu değişkenlerin birbiri ile interaksiyonları incelenecek olursa vakum süresi ve konsantrasyon interaksiyonunun ($p=0.0296<0.05$), vakum değeri ve vakum süresi interaksiyonunun ($p=0.0002<0.05$) anlamlı bir etkisi bulunmaktadır.

Optimizasyon çalışmasında kullanılan, L* için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomiyal model, kodlanmış değişkenler cinsinden Eşitlik 4.4'de verilmiştir.

$$\hat{L}^* = 47.55 - 0.64 * A + 0.35 * B - 0.52 * C - 1.00 * A * B + 1.23 * A * C + 2.62 * B * C - 1.21 * B^2 \quad (4.4)$$

Bağımsız değişkenlerin L* üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, elde edilen modeller kullanılarak yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuştur. Bu grafikler, bağımsız işlem değişkenlerinden herhangi birinin deneysel dizaynın merkez noktasında sabit tutulup, diğer iki değişkenin sonsuz sayıdaki kombinasyonlarını vermektedir.

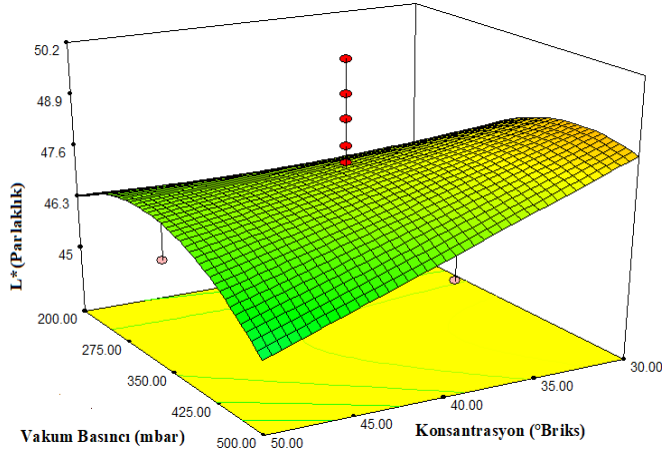
Merkez noktasındaki sabit çözelti konsantrasyonu (Konsantrasyon=30 °Briks) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum süresi fonksiyonu olarak L* değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.10' de gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Vakum süresi ve vakum basıncına göre L^* değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Vakum değeri ve vakum süresinin L^* üzerine tek başına etkisinin olmadığı fakat etkilerinin bir arada olduğu anlamlı bir etkisi olduğu varyans analizi sonuçlarından da görülmektedir. Vakum süresi ve vakum basıncının etkisi incelendiğinde vakum süresi ve vakum değeri arttıkça L^* değeri artmaktadır.

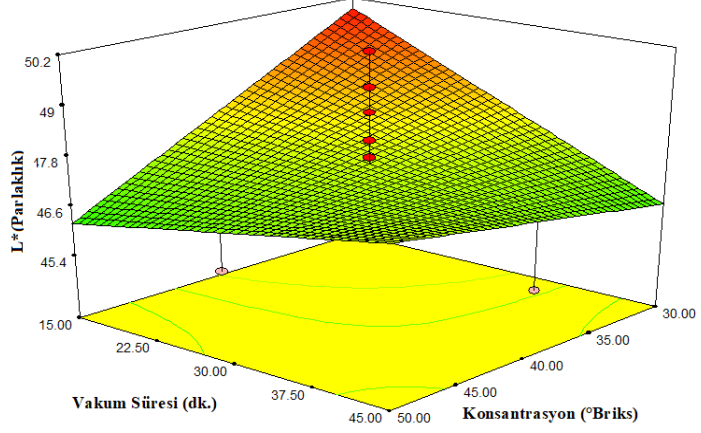
Merkez noktasındaki sabit vakum süresinde ($t=30$ dk.) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum basıncının fonksiyonu olarak L^* değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Vakum değeri ve konsantrasyona göre L^* değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Vakum değeri ve konsantrasyonun L^* üzerine tek başına ve etkilerinin bir arada olduğu anlamlı bir etkisi olduğu varyans analizi sonuçlarından da görülmektedir.

Merkez noktasındaki sabit vakum basıncında (Vakum basıncı=350 mbar) için, çözelti konsantrasyonu ve vakum basıncının fonksiyonu olarak L^* değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Vakum süresi ve konsantrasyona göre L^* değişimini veren yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Vakum süresi ve çözelti konsantrasyonunun L^* üzerine tek başına etkisinin olmadığı fakat interaksiyonları halinde anlamlı bir etkisi olduğu varyans analizi sonuçlarından da görülmektedir. Şekil de görüldüğü gibi çözelti konsantrasyonu ve vakum süresi arttıkça ürünün L^* değeri artmaktadır. Bu artışların nedeni basınç ve süre arttıkça ürünün içerisindeki hava daha fazla ayrılır ve yerine daha fazla çözelti geçişi olur. Böylelikle örneklerdeki refraktif index homojen hale gelir ve transparanlık artar.

4.2.6 Optimizasyon

Vakumlu emdirim işlemi parametrelerinden olan vakum basıncı, vakum süresi ve çözelti konsantrasyonunun katı kazanımı, sıvı kaybı, L^* ve toplam fenolik madde içeriği için optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon işlemi sırasında vakumlu emdirim işlemi uygulanan örnekler için önemli kalite parametreleri arasında yer alan katı kazanımı, sıvı kaybı, L^* ve toplam fenolik madde içeriği için optimizasyon hedefleri Tablo 4.5’de verilmiştir. Her cevap için optimizasyon hedefi olarak bu değerlerin maksimum olduğu noktanın bulunması amaçlanmıştır.

Tablo 4.5 Katı kazanımı, sıvı kaybı, L* ve fenolik madde yanıtları için belirlenen optimizasyon hedefleri

Yanıtlar	Optimizasyon Hedefleri
Katı kazımı	Maksimum
Sıvı Kaybı	Maksimum
L*(parlaklık)	Maksimum
Toplam fenolik madde	Maksimum

İstenilen koşulların oluşturulması adına ‘desirability (istenebilirlik)’ fonksiyonu yaklaşımı kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen çözelti konsantrasyonu, vakum değeri ve vakum süresi değerleri ve belirlenen bu değerlere göre beklenen katı kazanımı, sıvı kaybı, L* ve toplam fenolik madde içeriği değerleri Tablo 4.6’ da verilmiştir.

Tablo 4.6 Vakumlu emdirim işlemi için desirability fonksiyonu yaklaşımı ile belirlenen optimum nokta çözümleri.

Çözüm No	Çözelti Konsant rasyonu (°Briks)	Vakum Basıncı (mbar)	Vakum Süresi (dk.)	Katı Kazanımı (%)	Sıvı Kaybı (%)	L*	Toplam Fenolik Madde (mg GA/100 g KM)	Desirability
1	50.00	225.43	45.00	10.22	16.23	45.1423	1827.05	0.794
2	50.00	248.56	45.00	9.80	16.00	45.72	1824.46	0.793
3	50.00	206.48	44.83	10.60	16.39	44.64	1825.56	0.788
4	50.00	210.17	43.93	10.43	16.28	44.84	1805.96	0.787
5	50.00	317.82	45.00	8.92	15.33	47.1	1816.69	0.784
6	50.00	499.99	45.00	9.45	13.56	48.38	1796.26	0.780
7	50.00	500.00	44.82	9.44	13.57	48.34	1797.5	0.779
8	50.00	365.89	45.00	8.66	14.86	47.81	1811.3	0.778
9	50.00	462.27	45.00	9.011	13.93	48.42	1800.49	0.776

Tablo 4.6’da en yüksek desirability değerlerine sahip olan 1, 2, 3 numaralı çözümlerin “desirability” ve parametre değerleri birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu nedenle optimum nokta olarak 50 °Briks çözelti konsantrasyonu, 225 mbar vakum değeri ve 45 dk. vakum süresi olarak seçilmiştir.

4.2.7 Optimizasyon sonuçlarının deneysel doğrulanması

Optimum nokta sonuçlarının doğrulanması için, belirlenen optimum noktada 50 °Briks çözelti konsantrasyonu, 225 mbar vakum değeri ve 45 dk. vakum değeri uygulanarak 3 farklı doğrulama denemesi gerçekleştirilmiştir. Bu denemeler sonucunda elde edilen katı kazanımı, sıvı kaybı, L* ve toplam fenolik madde içeriği değerleri Tablo 4.7' de verilmiştir.

Tablo 4.7 Optimum noktanın doğrulama denemeleri sonuçları

	Katı kazımı (%)	Sıvı Kaybı (%)	Toplam fenolik madde (mg GA/100 g KM)	L*(parlaklık)
1	8.46	15.01	1919.19	48.65
2	8.29	13.84	2003.21	45.98
3	9.76	14.04	2052.74	45.99
Ortalama	8.83±0,82	14.30±0,62	1991.71±67,5	46.87±1,54
Tahminlenen Değerler	10.22	16.23	1827.05	45.14

Her bir yanıt için, optimum nokta doğrulama denemelerinden elde edilen ortalama sonuçlar ile modelden tahminlenen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığı tek örnek *T* –testi uygulanarak belirlenmiştir. Tek örnek *T* –testi, SPSS,20.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir yanıt için tek örnek *T* –testi sonuçları Tablo 4.8’de verilmiştir

Tablo 4.8 Optimum noktanın doğrulama denemelerinden elde edilen deneysel verilerin ortalamaları ile modelden tahminlenen değerlerin karşılaştırılması

	Ortalama Değer	Tahminlenen Değer	Standart Hata	Fark (%)	p-değeri
Katı Kazımı (%)	8.83	10.22	0,46	3.8	0,097
Sıvı Kaybı (%)	14.30	16.23	0,36	11.8	0,051
Toplam Fenolik Madde (Mg GA/100 G KM)	1991.71	1827.05	38,97	9.0	0,052
L*	46.87	45.14	0,88	3.6	0,190

Tablo da görüldüğü gibi optimum noktanın doğrulama denemelerinden elde edilen deneysel verilerin ortalamaları ile tahminlenen değerler arasında anlamlı bir fark yoktur ($p < 0,05$).Yapılan doğrulama denemesinin kabul edilebilirliğinin

değerlendirilmesi için % fark değerine de bakılabilmektedir ve % fark değerinin %15 in altında olması gerekmektedir (Pazır vd.,2011). Her cevap için elde edilen % fark değerinin %15 in altında olduğu görülmüştür. Bu sonuç bize optimizasyonu yaptığımız çalışmanın kabul edilebilir olduğunu göstermektedir.

4.3. Su Aktivitesi, Suda Çözünür Kuru Madde, pH ve Titrasyon Asitliği, Antioksidan Aktivite, Sertlik, Yapışkanlık, Renk (a* ve b*), Toplam Kuru Madde Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Armutlarda gerçekleştirilen katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, toplam kuru madde, pH ve titrasyon asitliği, sertlik, yapışkanlık, renk (L*,a* ve b*) analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan istatistiksel incelemeler sonucunda bu analizlerden optimizasyon için en uygun kombinasyon olan katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde ve L* seçilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda yanıt olarak belirlenmeyen analizlerin sonuçlarının irdelenmesi bu bölümde gerçekleştirilmiştir. Vakumlu emdirim işlemi sonucu elde edilen armutların toplam kuru madde, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, ph ve titrasyon asitliği, antioksidan aktivite, sertlik, yapışkanlık, renk (a* ve b*) analiz sonuçları Tablo 4.9' da ve bu cevaplara ait istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.10 ve Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.9 Vakumlu emdirim işlemi sonucu elde edilen armutların toplam kuru madde, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, ph ve titrasyon asitliği, antioksidan aktivite, sertlik, yapışkanlık, renk (a* ve b*) analiz sonuçları

Deneme No	Çözelti Konsantrasyonu (°Briks)	Vakum Basıncı (mbar)	Vakum Süresi (dk.)	Toplam Kuru Madde (%)	Suda Çözünür Kuru Madde (°Briks)	a _w	pH	Titre Edilebilir Asitlik (g MA*/100 g KM)	Antioksidan Aktivite (IC ₅₀)	Sertlik (N)	Yapışkanlık (N)	a*	b*
1	30	350	30	21.49	12.4	0.990	4.62	0.75	32.92	0.231	-0.009	-1.52	4.30
2	40	200	30	26.13	13.6	0.985	4.68	0.67	39.08	0.285	-0.015	-1.04	8.42
3	40	350	45	27.66	13.8	0.976	4.85	0.37	26.66	0.233	-0.011	-0.83	6.73
4	40	500	30	21.73	16.7	0.969	4.96	0.67	15.50	0.224	-0.011	-1.62	7.46
5	40	350	30	20.23	13.8	0.981	5.06	0.37	32.04	0.260	-0.017	-2.38	7.52
6	40	350	30	22.28	15.0	0.978	5.57	0.33	34.77	0.240	-0.016	-2.73	8.73
7	50	500	45	26.97	16.0	0.947	5.47	0.46	27.51	0.178	-0.006	-2.39	5.02
8	30	200	45	21.63	11.9	0.987	5.39	0.41	16.19	0.234	-0.009	-2.53	3.52
9	50	500	15	25.69	17.2	0.951	5.33	0.37	29.40	0.234	-0.012	-1.10	5.74
10	50	350	30	25.46	14.6	0.956	5.31	0.41	31.93	0.211	-0.009	-1.95	3.80
11	40	350	30	20.54	12.2	0.978	5.23	0.33	34.56	0.263	-0.013	-2.48	7.13
12	30	200	15	15.52	9.6	0.998	5.31	0.33	29.88	0.210	-0.008	-2.39	5.65
13	30	500	15	24.05	12.8	0.986	5.19	0.33	33.25	0.202	-0.011	-2.37	5.57
14	40	350	15	19.25	13.0	0.984	5.35	0.33	37.72	0.220	-0.011	-1.92	4.65
15	30	500	45	18.03	13.0	0.991	5.53	0.33	28.85	0.142	-0.014	-2.31	4.30
16	40	350	30	22.88	13.8	0.989	5.17	0.33	31.51	0.279	-0.012	-2.01	6.62
17	50	200	15	26.11	16.8	0.956	5.22	0.41	38.36	0.237	-0.012	-2.56	5.63
18	40	350	30	21.56	13.6	0.984	5.34	0.37	30.84	0.251	-0.019	-2.12	6.04
19	50	200	45	28.83	18.4	0.958	4.95	0.58	31.80	0.172	-0.020	-2.65	4.34
20	40	350	30	21.76	15.4	0.987	5.04	0.50	32.88	0.244	-0.013	-1.28	7.28

*MA: Malik asit

Tablo 4.10 Vakumlu emdirim işleminin toplam kuru madde, su aktivitesi, suda çözümlü kuru madde, ph ve titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	df	Toplam Kuru Madde		Su aktivitesi (a_w)		Suda Çözümlü Kuru Madde		pH		Titrasyon Asitliği	
		Kareler	p -Değeri	Kareler	p -Değeri	Kareler	p -Değeri	Kareler	p -Değeri	Kareler toplamı	p -Değeri
		Toplamı		Toplamı		Toplamı		Toplamı			
Model	7	198.18	0.0008	4.093E-003	< 0.0001	63.66	0.0017	0.26	0.8746	0.050	0.9480
A-konsantrasyon	1	54.76	0.0003	1.600E-004	0.0186	8.10	0.0269	0.013	0.7062	2.810E-003	0.7431
B-Vakum basıncı	1	9.68	0.0342	3.240E-005	0.2401	1.000E-003	0.9781	0.087	0.3422	6.322E-003	0.6240
C-Vakum süresi	1	35.31	0.0012	3.386E-003	< 0.0001	48.84	< 0.0001	5.290E-003	0.8119	0.014	0.4650
AB	1	32.57	0.0016	1.250E-005	0.4567	1.71	0.2694	0.066	0.4080	0.014	0.4677
AC	1	3.18	0.1821	8.000E-006	0.5497	0.91	0.4146	0.024	0.6163	8.781E-004	0.8544
BC	1	2.67	0.2172	2.000E-006	0.7634	4.06	0.0997	0.055	0.4469	3.512E-003	0.7142
ABC	1	0.40	0.6252	6.050E-005	0.1178	0.031	0.8783	9.453E-003	0.7506	7.903E-003	0.5842
Hata	12	0.38		3.465E-004		22.03		1.07		0.30	
Toplam	19	11.91		4.325E-003		78.97		1.33		1,33	

Tablo 4.11 Vakumlu emdirim işleminin antioksidan aktivite, sertlik, yapışkanlık, a* ve b* değerleri üzerine etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	df	Antioksidan Aktivite (IC50)		Sertlik		Yapışkanlık		a*		b*	
		Kareler	p-Değeri	Kareler	p-Değeri	Kareler	p-Değeri	Kareler	p-Değeri	Kareler	p-Değeri
		Toplamı		Toplamı		Toplamı		Toplamı		Toplamı	
Model	7	687.54	0.0009	1.808E-004	0.0055	0.050	0.0017	0.26	5.04	49.14	0.0241
A-konsantrasyon	1	278.00	< 0.0001	4.349E-007	0.8105	2.810E-003	0.0269	0.013	0.011	9.323E-003	0.9324
B-Vakum basıncı	1	61.09	0.0036	7.776E-006	0.0233	6.322E-003	0.9781	0.087	0.15	0.092	0.7898
C-Vakum süresi	1	0.49	0.6925	3.456E-008	0.0326	0.014	< 0.0001	5.290E-003	0.090	8.62	0.0264
AB	1	24.36	0.0264	6.481E-005	0.0753	0.014	0.2694	0.066	0.22	0.25	0.6608
AC	1	107.16	0.0009	2.079E-007	0.1371	8.781E-004	0.4146	0.024	0.26	1.481E-003	0.9730
BC	1	11.62	0.0898	1.761E-005	0.1754	3.512E-003	0.0997	0.055	0.17	7.967E-004	0.9802
ABC	1	2.64	0.3721	2.702E-005	0.1074	7.903E-003	0.8783	9.453E-003	0.30	0.40	0.5806
Hata	12	17.07		0.024		6.990E-005		1.07	1.40	11.03	
Toplam	19	704.61		2.507E-004		2.507E-004		6.43		60.17	

4.3.1 İşlem değişkenlerinin armutların toplam kuru madde içeriği üzerine etkisi

Vakumlu emdirim işleminin ürünlerin toplam kuru madde içeriği üzerine etkileri incelenmiş ve Central Composite Dizayn deneme planı izlenerek elde edilen ürünlerin Toplam Kuru Madde içeriği değerleri Tablo 4.9'da verilmiştir.

En yüksek toplam kuru madde değeri % 28.83 olarak 50 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 45 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür. En düşük toplam kuru madde değeri %15.52 olarak 30 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 15 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür.

Vakumlu emdirim işleminin toplam kuru madde değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir toplam kuru madde değerleri üzerine işlem değişkenlerinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu Tablo 4.10'de verilmiştir.

Tablo da görülebileceği gibi vakumlu emdirim işleminin toplam kuru madde üzerine çözelti konsantrasyonu ($0.0003 < 0.05$), vakum değeri ($0.0342 < 0.05$) ve vakum süresinin ($0.0012 < 0.05$) anlamlı bir etkisinin olduğu görülmüştür. İnteraksiyonlar halinde çözelti konsantrasyonu ve vakum basıncının ($0.0016 < 0.05$) anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür.

Papaya meyvesinde Jain et al.,(2011) yılında yaptıkları çalışmada uygulayacakları ozmotik dehidrasyon işleminin etkilerini incelemişlerdir. Sıcaklık (30,40 ve 50 °C), konsantrasyon (50, 60 ve 70 °Briks) ve uygulama süresinin (4,5 ve 6 saat) katı kazanımı ve sıvı kaybı üzerine optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Denemeler sonucunda başlangıç kuru madde içeriği % 12.5-11.5 arasında değişen örneklerin son kuru madde içeriğinin %32.4-18.9 arasında değiştiğini bulmuşlardır.

4.3.2 İşlem değişkenlerinin armutların su aktivitesi üzerine etkisi

Vakumlu emdirim işleminin ürünlerin su aktivitesi (a_w) üzerine etkileri incelenmiş ve Central Composite Dizayn deneme planı izlenerek elde edilen ürünlerin su aktivitesi (a_w) değerleri Tablo 4.9'de verilmiştir.

En düşük a_w değeri 0.947 olarak 50 °Briks çözelti konsantrasyonu, 500 mbar vakum değeri ve 45 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür. En yüksek a_w değeri 0.998 olarak 30 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 15 dk. vakum süresi olan denemede bulunmuştur.

Vakumlu emdirim işleminin su aktivitesi a_w değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir. Su aktivitesi a_w değerleri üzerine işlem değişkenlerinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo incelendiğinde su aktivitesi a_w üzerinde vakum değeri ($0.0001 < 0.05$) ve çözelti konsantrasyonunun ($0.0001 < 0.05$) etkili olduğu görülmektedir. Vieira et al. (2012) guava meyvesine uyguladıkları ozmotik dehidrasyon işleminin çözelti konsantrasyonu (40-60 °Briks), sıcaklık (20-40 °C) ve vakum uygulama süresi (0-20 dk.) parametreleri için gerçekleştirdikleri optimizasyon çalışmasında en düşük su aktivitesi değerini 0.97 olarak 56 °Briks çözelti konsantrasyonunda bulmuşlardır. Mujica-Paz et al. (2003a)' de yaptıkları çalışmada vakum değeri (135-674 mbar)ve sakkaroz çözelti (41-60 °Briks) konsantrasyonunun elma, mango ve kavun meyvelerinde katı kazanımı, sıvı kaybı ve ağırlık kaybı üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda en düşük a_w değerini elmada 60 °Briks çözelti konsantrasyonunda bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da en düşük su aktivitesi değerleri yüksek çözelti konsantrasyonuna sahip armut örneklerinde olduğu görülmüştür.

4.3.3 İşlem değişkenlerinin armutların suda çözünür kuru madde üzerine etkisi

Vakumlu emdirim işleminin ürünlerin suda çözünür kuru madde (°Briks) üzerine etkileri incelenmiş ve Central Composite Dizayn deneme planı izlenerek elde edilen ürünlerin suda çözünür kuru madde (°Briks) değerleri Tablo 4.9'da verilmiştir.

En yüksek suda çözünür kuru madde (°Briks) değeri 18.4 olarak 50 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 45 dk. vakum süresi olan denemede bulunmuştur. En düşük suda çözünür kuru madde (°Briks) değeri 9.6 olarak 30 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 15 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür.

Vakumlu emdirim işleminin suda çözünür kuru madde (°Briks) değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir. Suda çözünür

kuru madde ($^{\circ}$ Briks) değerleri üzerine işlem değişkenlerinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu Tablo 4.10'da verilmiştir.

Vakumlu emdirim işleminin suda znr kuru madde ($^{\circ}$ Briks) üzerine etkisi incelendiğinde vakum değeri ($0.0269 < 0.05$) ve zelti konsantrasyonunun ($0.0001 < 0.05$) suda znr kuru madde ($^{\circ}$ Briks) içeriği üzerine lineer anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Fermin and Corzo,(2005) yılında kavunda yaptıkları çalışmada vakum değeri (18,8-26,8 mbar), zelti konsantrasyonu (41,9-58,4) ve sürenin (39,5-140,4) katı kazanımı, sıvı kaybı ve znr kuru madde üzerine değişimini incelemişlerdir. En yüksek suda znr kuru madde artışını 50° Briks zelti konsantrasyonunda ve 140,4 dk uygulama süresi ve 22,8 mbar vakum basıncında bularak çalışmamızla benzer sonuçlar bulmuşlardır.

4.3.4 İşlem değişkenlerinin armutların pH ve titre edilebilir asitlik üzerine etkisi

Vakumlu emdirim işleminin ürünlerin pH ve titre edilebilir asitlik üzerine etkileri incelenmiş ve Central Composite Dizayn deneme planı izlenerek elde edilen ürünlerin pH ve titre edilebilir asitlik değerleri Tablo 4.9'de verilmiştir.

En düşük pH değeri 4.62 olarak 30° Briks zelti konsantrasyonu, 350 mbar vakum değeri ve 30 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür. En yüksek pH değeri 5.57 olarak 40° Briks zelti konsantrasyonu, 350 mbar vakum değeri ve 30 dk. vakum süresi olan denemede bulunmuştur. En düşük titre edilebilir asitlik değeri 0.33 olarak 40° Briks zelti konsantrasyonu, 350 mbar vakum değeri ve 30 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür. En yüksek titre edilebilir asitlik değeri 0.75 olarak 30° Briks zelti konsantrasyonu, 350 mbar vakum değeri ve 30 dk. vakum süresi olan denemede bulunmuştur.

Vakumlu emdirim işleminin pH değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir. pH değerleri üzerine işlem değişkenlerinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu Tablo 4.10'da verilmiştir.

Vakumlu emdirim işleminin titre edilebilir asitlik değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir titre edilebilir asitlik değerleri üzerine işlem değişkenlerinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu Tablo 4.10'de verilmiştir. Tablo da görülebileceği gibi vakumlu emdirim işleminin pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Tablo da görülebileceği gibi vakumlu emdirim işleminin titre edilebilir asitlik değerleri üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Nuñez-Mancilla et al.,(2013) yaptıkları çalışmada çilek meyvesine uygulanacak olan ozmotik dehidrasyon işlemi sırasında kısa süreli (10 dk.) yüksek hidrostatik basınç (100-500 MPa) uygulamasının etkisini incelemişlerdir. Bu işlem sonucunda örneklere ait pH ve titrasyon asitliği değerleri üzerinde yüksek hidrostatik basıncın anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda bu sonucun tersi bir etkinin bulunması basınç uygulamasının daha düşük olmasından kaynaklanabilmektedir.

4.3.5 İşlem değişkenlerinin armutların antioksidan aktivite (IC₅₀) üzerine etkisi

Vakumlu emdirim işleminin ürünlerin antioksidan aktivite (IC₅₀) üzerine etkileri incelenmiş ve Central Composite Dizayn deneme planı izlenerek elde edilen ürünlerin antioksidan aktivite (IC₅₀) değerleri Tablo 4.9’de verilmiştir.

Antioksidan aktivite için düşük IC₅₀ değerine sahip örnekler yüksek antioksidan aktivite göstermektedir. En yüksek IC₅₀ değeri 15.50 mg kuru ağırlık olarak 40 °Briks çözelti konsantrasyonu, 500 mbar vakum değeri ve 30 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür. En düşük IC₅₀ değeri 39.08 mg kuru ağırlık olarak 40 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 30 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür.

Vakumlu emdirim işleminin antioksidan aktivite (IC₅₀) değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir. Antioksidan aktivite (IC₅₀) değerleri üzerine işlem değişkenlerinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablodan de görülebileceği gibi antioksidan aktivite üzerinde vakum değeri (0.0001<0.05) ve vakum süresi (0.0036<0.05) anlamlı bir etkisi bulunmaktadır. Ayrıca interaksiyonları halinde vakum değeri ve vakum süresi (0.0264 <0.05) , vakum değeri ve çözelti konsantrasyonunun (0.0009<0.05) anlamlı bir etkisi bulunmaktadır. Nuñez-Mancilla et al.,(2013) yaptıkları çalışmada çilek meyvesine uygulanacak olan ozmotik dehidrasyon işlemi sırasında kısa süreli (10 dk.) yüksek hidrostatik basınç (100-500 MPa) uygulamasının etkisini incelemişlerdir. Bu işlem sonucunda çalışmamızda olduğu gibi örneklere ait antioksidan aktivite (IC₅₀) değerleri üzerinde yüksek hidrostatik basıncın anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür.

4.3.6 İşlem değişkenlerinin armutların sertlik ve yapışkanlık üzerine etkisi

Vakumlu emdirim işleminin ürünlerin sertlik ve yapışkanlık üzerine etkileri incelenmiş ve Central Composite Dizayn deneme planı izlenerek elde edilen ürünlerin sertlik ve yapışkanlık değerleri Tablo 4.9'de verilmiştir.

En yüksek sertlik değeri 0.285 olarak 40 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 30 dk. vakum süresi olan denemede bulunmuştur. En düşük sertlik değeri 0.142 olarak 30 °Briks çözelti konsantrasyonu, 500 mbar vakum değeri ve 45 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür. En yüksek yapışkanlık değeri -0.020 olarak 50 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 45 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görülmüştür. En düşük yapışkanlık değeri -0.006 olarak 50 °Briks çözelti konsantrasyonu, 500 mbar vakum değeri ve 45 dk. vakum süresi olan denemede bulunmuştur.

Vakumlu emdirim işleminin Sertlik değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir. Sertlik değerleri üzerine işlem değişkenlerinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo da görülebileceği gibi vakumlu emdirim işleminin Sertlik değerleri üzerine vakum basıncı(0.0233<0.05) ve vakum süresinin(0.0326<0.05) anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür.

Vakumlu emdirim işleminin yapışkanlık değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir yapışkanlık değerleri üzerine işlem değişkenlerinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu Tablo 4.11'de verilmiştir. Tablo da görülebileceği gibi vakumlu emdirim işleminin yapışkanlık üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

4.3.7 İşlem değişkenlerinin armutların a* ve b* renk değerleri üzerine etkisi

Vakumlu emdirim işleminin ürünlerin a* ve b* üzerine etkileri incelenmiş ve Central Composite Dizayn deneme planı izlenerek elde edilen ürünlerin a* ve b* değerleri Tablo 4.9'de verilmiştir.

En yüksek a* değeri -2.65 olarak 50 °Briks çözelti konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 45 dk. vakum süresi olan denemede bulunmuştur. Bu değer bize deneme sonucunda elde edilen ürünlerin yeşillik değerinin en yüksek olduğu

örneği belirlemektedir. En düşük a^* değeri -0.73 olarak 40 °Briks çözeltili konsantrasyonu, 300 mbar vakum değeri ve 30 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görölmüştür. Bu değer bize deneme sonucunda elde edilen ürünlerin yeşillik değerinin en düşük olduğu örneği belirlemektedir. En yüksek b^* değeri 8.73 olarak 40 °Briks çözeltili konsantrasyonu, 350 mbar vakum değeri ve 30 dk. vakum süresi olarak gerçekleştirilen denemede görölmüştür. Bu değer bize deneme sonucunda elde edilen ürünlerin sarılık değerinin en yüksek olduğu örneği belirlemektedir. En düşük b^* değeri 3.52 olarak 30 °Briks çözeltili konsantrasyonu, 200 mbar vakum değeri ve 45 dk. vakum süresi olan denemede bulunmuştur. Bu değer bize deneme sonucunda elde edilen ürünlerin sarılık değerinin en düşük olduğu örneği belirtmektedir.

Vakumlu emdirim işleminin a^* değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir. a^* değerleri üzerine işlem değişkenlerinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu Tablo 4.11’de verilmiştir. Tablo da görülebileceği gibi vakumlu emdirim işleminin a^* üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığı görölmüştür.

Vakumlu emdirim işleminin b^* değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir b^* değerleri üzerine işlem değişkenlerinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo da görülebileceği gibi vakum süresinin b^* üzerine vakum süresinin ($0.0264 < 0.05$) anlamlı bir etkisinin olduğu görölmüştür. Lee and Lim (2011) yılında balkabağında yaptıkları çalışmada çözeltili konsantrasyonu (30-60°Briks), sıcaklık (35-65°C) ve sürenin (90-120 dk.) katı kazanımı, sıvı kaybı, renk ve duyuşal kabul edilebilirlik üzerine optimizasyonunu gerçekleştirmişler. Çalışma sonucunda çözeltili konsantrasyonunun a^* değeri üzerine etkisinin olmadığı fakat b^* üzerinde lineer bir etkiye sahip olduğu ve çözeltili konsantrasyonu arttıkça arttığı görölmüştür.

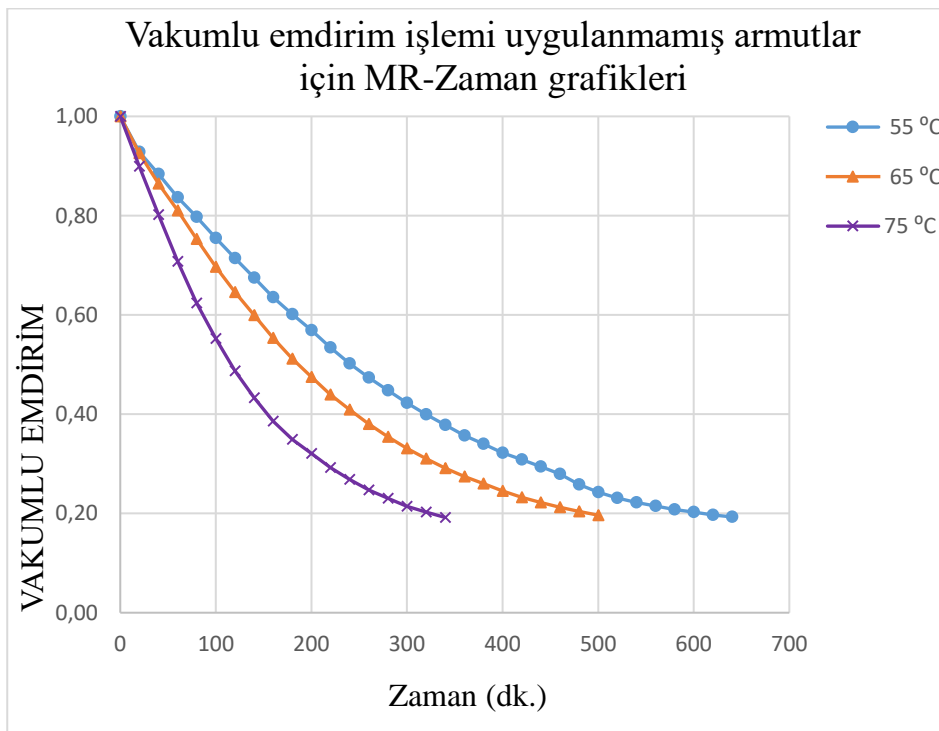
4.4. Vakumlu emdirim İşlemi Uygulanmış ve Uygulanmamış Örneklerin Kurutulması

Vakumlu emdirim işlemi koşullarının Yanıt Yüzey Metodolojisi ile optimizasyonu işleminden sonra belirlenen optimum koşullarda üretim yapılmıştır. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış armutlar 55, 65 ve 75 °C sıcaklıklarda ve 1 m/s sabit hava hızında sabit nem (%15) içeriğine kadar kurutulmuşlardır.

4.4.1 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış örneklerin kurutma davranışının incelenmesi

4.4.1.1 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış örneklerin kurutma sürelerinin incelenmesi

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış örnekler için başlangıç nem içeriği 83.46 ± 0.54 , vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örneklerin başlangıç nem içeriği $\% 71.4 \pm 1.2$, olarak belirlenmiştir. Armut örnekleri tepsili kurutucuda $\%15$ nem içeriğine kadar kurutulmuş ve 20 dk. aralıklarla ağırlık ölçümleri alınmıştır. Elde edilen veriler sonucunda boyutsuz nem oranı olan MR değerleri hesaplanmış ve zamana karşı MR grafikleri Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de verilmiştir.

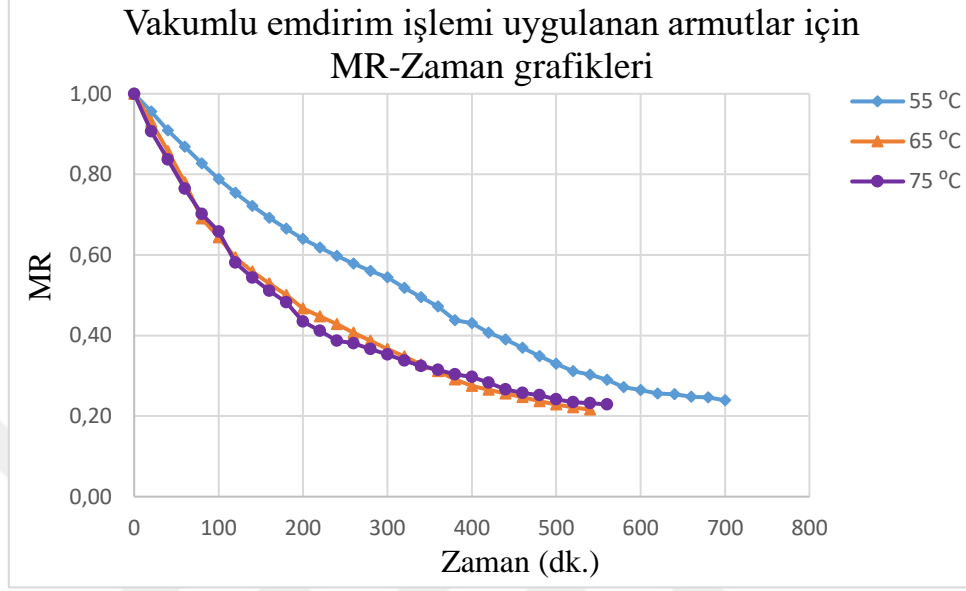


Şekil 4.13 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armutlar için MR-Zaman grafikleri

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armutlar için 55, 65 ve 75 °C için kuruma süreleri sırasıyla 640, 500 ve 340 dk. olarak tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça kuruma süresinin kısaldığı görülmüştür. En kısa kuruma süresi 75 °C sıcaklıkta 340 dk. olduğunu gözlemlemişlerdir.

Çerezlik kabağın farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutması üzerine Uysal et al.,(2017) yılında yaptıkları çalışmada çerezlik kabakları 40, 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda ve 1, 1.4 ve 1.8 m/s hava hızında kurutmuşlardır. Çalışma sonunda 1m/s hava hızı için en kısa kuruma süresini 70 °C kurutulmuş kabaklarda

bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da olduğu gibi kurutma sıcaklığı arttıkça kuruma süresinin azaldığını görmüşlerdir. Benzer sonuçları Doymaz, (2006) bal kabağında, Kavak Akpınar et al.,(2002) kırmızı biberde ve Goyal et al., (2006) mango dilimlerinde yaptıkları çalışmalarda gözlemişlerdir.



Şekil 4.14 Vakumlu emdirim işlemi uygulanan armutlar için MR-Zaman grafikleri

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örnekler için ise 55, 65 ve 75 °C için kuruma süreleri 700, 540 ve 560 dk. olarak belirlenmiştir. 65 ve 75 °C’ de kurutulan örneklerin kuruma süreleri arasında % 3’lük bir artış olmuştur. Buda bize kurutma bu iki sıcaklıkta kurutulan örneklerin kuruma süreleri anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça kuruma süresinin önce arttığı sonra azaldığı görülmektedir. Vakum emdirilmiş armutların şeker miktarının daha fazla olması nedeniyle özellikle yüksek sıcaklıklarda kabuk oluşumuna neden olmakta ve suyun uzaklaşmasını zorlaştırarak kuruma süresinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle vakumlu emdirim işlemi uygulanmış armutlarda en kısa kuruma süresi 65 °C sıcaklıkta 540 dk. olarak görülmektedir.

Çalışmamızın bu bölümünde ise aynı sıcaklıkta kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmış ve uygulanmamış armutların kuruma süreleri irdelenmiştir.

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örneklerin kuruma süresinin vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış örneklere göre daha uzun olduğu görülmüştür. Vakum emdirilmiş örneklerin şeker miktarının fazla olması nedeniyle hücre yapısında suyu tutarak suyun uzaklaşmasına engel olmaktadır. Vakumlu emdirim

işlemi uygulanmamış örneklerin kurutma öncesi suda çözünür kuru madde içeriği 8.8 °Briks iken vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örnekler için 16 °Briks vakum emdirilmiş örneklerde şeker miktarının daha yüksek olabileceğinin bir göstergesidir.

Sebze ve meyvelerin kurutmadan önce vakumlu emdirim ve ozmotik dehidrasyon gibi işlemler ile tuz veya şeker çözeltileri ile muamele edilmesinin kuruma hızını yavaşlattığı saptanmıştır. Kuruma hızının azalmasına neden olarak ürünün çözünür madde içeriğinin suyun difüzyon hızı ve denge buhar basıncını etkilemesi gösterilmektedir. Ürün içindeki çözünmüş tuz, şeker ve kuruma süreci içinde yüzeyde kristalleşen maddeler nem hareketine karşı iç direnci arttırmakta, su buharı difüzyon hızını azaltmakta ve ürünle hava arasındaki ısı transferini güçleştirmektedir. Kurutmadan önce uygulanan osmotik dehidrasyon ve vakumlu emdirim gibi işlemler sırasındaki su kaybına bağlı olarak kurutucunun su uzaklaştırma yükü azalmakta, örnekler kurutucuya daha yüksek kuru madde içeriğinde girmektedir (İspir,2006).

Kaya vd.(2016) havuç dilimlerinin kuruma kinetiğine üzerine osmotik dehidrasyonun etkisi incelenmiştir. Havuç dilimleri, 35°C, 45°C ve 55°C'de 2 şeker-tuz karışımı çözeltilerde (5%NaCl+50°Briks sakkaroz, 15%NaCl+50°Briks sakkaroz) 2 saat ve 4 saat süreyle osmotik dehidrasyona tabii tutulmuştur. Meyve /çözelti oranı olarak 1/5 ayarlamışlardır. Daha sonra, işleme tabii tutulan ve tutulmayan örnekler, 35°C, 45°C ve 55°C sıcaklıklarda ve 0.3 m/s sabit hava hızında kurutulmuşlardır. Sıcaklık arttıkça kuruma süresinin osmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış ve uygulanmamış örnekler içinde azaldığını görmüşlerdir. 55 °C'de kuruttukları örnekler için kuruma süresini 900 dk. olarak bulmuşlardır.

4.4.1.2 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış örneklerin kurutma kinetiğinin incelenmesi

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış armutlar için Page, Üstel, Henderson ve Pabis ve Difüzyon modellerine uygunlukları incelenmiştir. Model uygunluklarının amacıyla 20 dk. aralıklarla ağırlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu değerler dikkate alınarak MR değerleri hesaplanmış ve model uygunluğu belirlenmiştir.

Vakumlu emdirim işlemi uygulanan ve uygulanmayan örnekler için belirlenen modeller arasında uygun modelin seçimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda gerçekleştirilen istatistiksel incelemeler ve hesaplamalar

doğrultusunda en yüksek R^2 ve en düşük x^2 ve RMSE değerlerine sahip model uygun model olarak seçilmiştir. Modellere ait R^2 , x^2 , RMSE değerleri Tablo 4.14’de verilmiştir.

Tablo 4.12 Kurutma modellerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi (R^2 , χ^2 , RMSE değerleri)

Model Adı	Kurutma Sıcaklığı (°C)	Vakumlu emdirim İşlemi Uygulanmamış Armutlar			Vakumlu emdirim Uygulanan Armutlar		
		R^2	RMSE	χ^2	R^2	RMSE	χ^2
Page	55	1.000	0.0137	1.16×10^{-5}	0.981	0.199	0.0134
	65	0.998	0.0196	0.0004	0.985	0.2072	0.0259
	75	0.996	0.0214	0.0005	0.998	0.0198	0.0002
Üstel	55	0.999	0.0221	6.72×10^{-5}	0.932	0.0537	0.0016
	65	0.998	0.0421	0.0018	0.976	0.0686	0.0038
	75	0.993	0.0291	0.0009	0.836	0.0704	0.0022
Henderson ve Pabis	55	0.999	0.0256	7.42×10^{-5}	0.953	0.0459	0.0005
	65	0.998	0.0431	0.0020	0.977	0.0608	0.0031
	75	0.994	0.0013	0.0013	0.922	0.0577	0.0033
Difüzyon	55	0.999	0.0246	7.16×10^{-5}	0.999	0.0054	1.297×10^{-5}
	65	0.998	0.0397	0.0017	0.995	0.0201	0.0004
	75	0.999	0.0066	5.28×10^{-5}	0.986	0.1139	0.0033

55°C ve 65°C kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için R^2 değeri 1.000 ve 0.999, RMSE değeri 0.0137 ve 0.0196, x^2 değerleri 1.16×10^{-5} ve 0.0004 olan Page modeli uygun model olarak bulunmuş ve 75 °C’de kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örneklerinde; R^2 değeri 0.999, RMSE değeri 0.0214, x^2 değerleri 0,0005 olan Difüzyon modeli uygun model olarak bulunmuştur.

Vakumlu emdirim uygulanmış örneklerde ise 55 ve 65 °C kurutulan örnekler için R^2 değeri 0.999 ve 0.998, RMSE değeri 0,0054 ve 0.0201, x^2 değerleri 1.297×10^{-5} ve 0.0004 Difüzyon modeli ve 75 °C’de kurutulan örnekler için ise R^2 değeri 0.995, RMSE değeri 0.0198, x^2 değerleri 0,0002 olan Page modeli uygun model olarak bulunmuştur.

Literatürlerde bu konuyla ilgili bizim çalışmamıza benzer çalışmalar bulunmaktadır. Şahin and Öztürk,(2016) yaptıkları çalışmada farklı çözelti sıcaklığı (30 ve 50 °C), farklı çözelti konsantrasyonlarında (30 ve 50 °Briks) 15 dk. süreyle 130 mbar vakum değeri uygulamışlar ve 165 dk. atmosfer basıncında bekletmişlerdir. Vakumlu emdirim işlemi sonucunda örnekleri 75 °C sıcaklıkta kurutmuşlardır. Çalışmalarında teorik ve bizim çalışmamızda da incelediğimiz empirik modelleri incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda vakumlu emdirim işlemi uygulanmış ve kurutulmuş örnekler için Weibull dağılımı modeli uygun model

olarak bulunmuştur. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış örnekler için Verma modelinin uygun olduğu belirlenmiştir

Diğer bir çalışma olan Karacaoğlu vd.,(2016) yaptıkları çalışmada kiviye ultrasonikasyon destekli vakumlu emdirim işlemi uygulamışlardır. Çalışmada meyve/şurup oranı 1/4 olacak şekilde kivi dilimleri ve 61,8 Briks sakkaroz çözeltisi kullanmışlardır. 30 dk. boyunca 78 kPa vakum uygulamışlardır. Vakum uygulanan örnekler restorasyon süresine tabi tutulmamıştır. Daha sonra kiviler 60°C sıcaklıkta doğal konveksiyonel bir etüve kurutulmuşlardır. Benzer şekilde vakumlu emdirim ve ultrasonikasyon destekli vakumlu emdirim işlemleri uygulanan kivi dilimlerinin kurutulması için de en uygun matematiksel modellerin Henderson-Pabis ve Newton matematiksel modellerinin olduğu belirlenmiştir.

Lutovska et al. (2016) armutları 30, 40, 50, 60 ve 70 °C ve 0.5, 1 ve 1.5 m/s hava hızlarında kurutmuşlardır. Kurutma sıcaklığı ve hava hızı arttıkça kuruma süresinin kısalacağını belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda Midilli modelini uygun model olarak belirlemişlerdir. Efektif difüzyon katsayılarının 6.49×10^{-9} ve 3.29×10^{-8} m² / s arasında, aktivasyon enerjisini 28.15 ve 30.51 kJ / mol olarak bulmuşlardır.

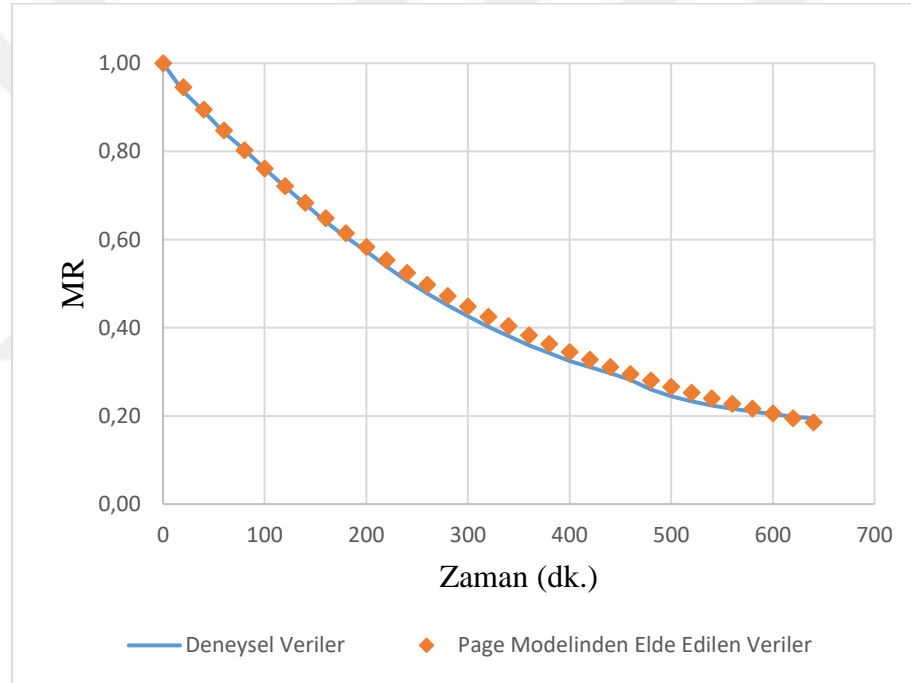
Hesaplanan MR değerleri yardımı ile model katsayıları belirlenmiştir. Belirlenen model katsayıları Tablo 4.15’de verilmiştir.

Tablo 4.13 Farklı sıcaklıklarda kurutulan armutlar için model katsayıları

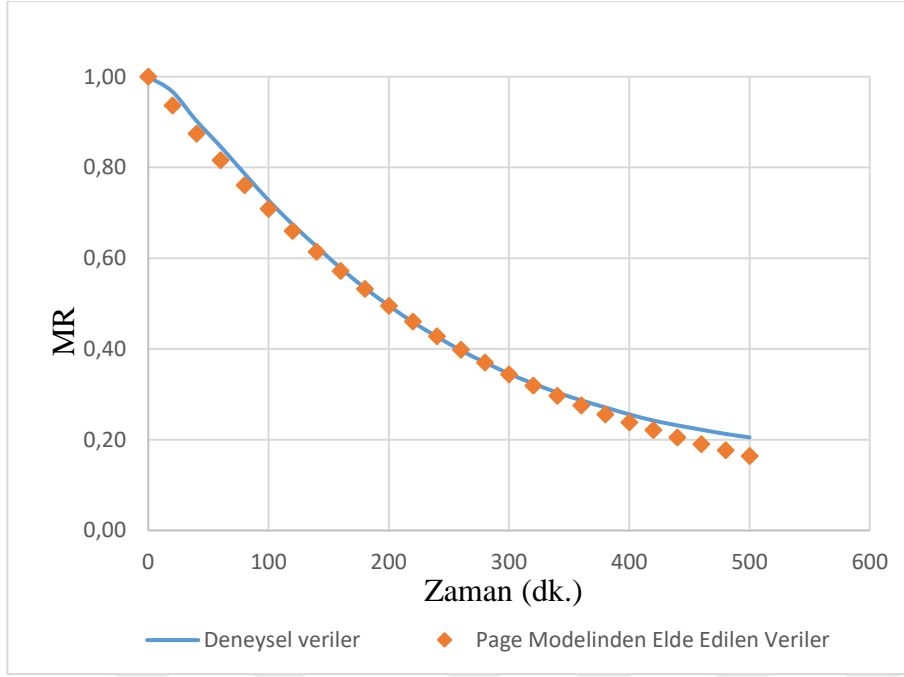
Model Adı	Kurutma Sıcaklığı (°C)	Vakumlu emdirim İşlemi Uygulanmamış Armut				Vakumlu emdirim Uygulanan Armut			
		k	n	a	b	k	n	a	B
Page	55	0.003	0.967	-	-	0.005	0.741	-	-
	65	0.004	0.969	-	-	0.010	0.871	-	-
	75	0.008	0.921	-	-	0.027	0.607	-	-
Üstel	55	0.003	-	-	-	0.002	-	-	-
	65	0.004	-	-	-	0.002	-	-	-
	75	0.006	-	-	-	0.003	-	-	-
Henderson ve Pabis	55	0.003	-	0.989	-	0.002	-	0.925	-
	65	0.004	-	0.992	-	0.002	-	0.983	-
	75	0.005	-	0.986	-	0.003	-	0.858	-
Difüzyon	55	0.003	-	1.00	-4.081	0.003	-	0.944	-0.664
	65	0.004	-	1.274	1.000	0.003	-	0.994	-1.950
	75	0.006	-	0.955	-1.268	0.008	-	0.594	0.055

Tablodaki k değeri kurutma hızı sabitini temsil etmektedir. Bu değerin kurutma sıcaklığı ile doğru orantılı olduğu görülmektedir. Sıcaklık arttıkça k değeri artmaktadır. Bu değerdeki artış kuruma hızının arttığı ve kuruma süresinin düştüğünün bir göstergesidir. Benzer sonuçları Simal et al.,(2005) kivi için yaptıkları çalışmada bulmuşlardır. Kurutma sıcaklığı arttıkça k değerinin arttığı görülmüştür.

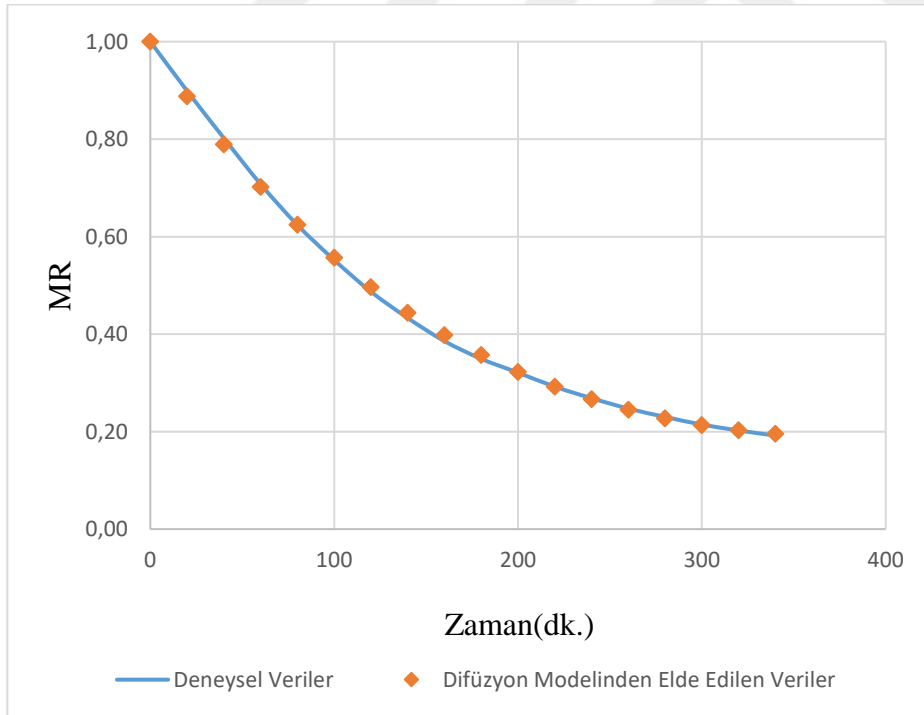
Farklı kurutma sıcaklıkları için vakumlu emdirim işlemi uygulanarak ve uygulanmayarak kurutulan örnekler için uygun olan model belirlenmiştir. Bu belirlenen model doğrusunda hesaplanan MR değerleri ve deneysel MR değerleri arasındaki uyumu gösteren grafikler Şekil 4.15,Şekil 4.16,Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de verilmiştir.



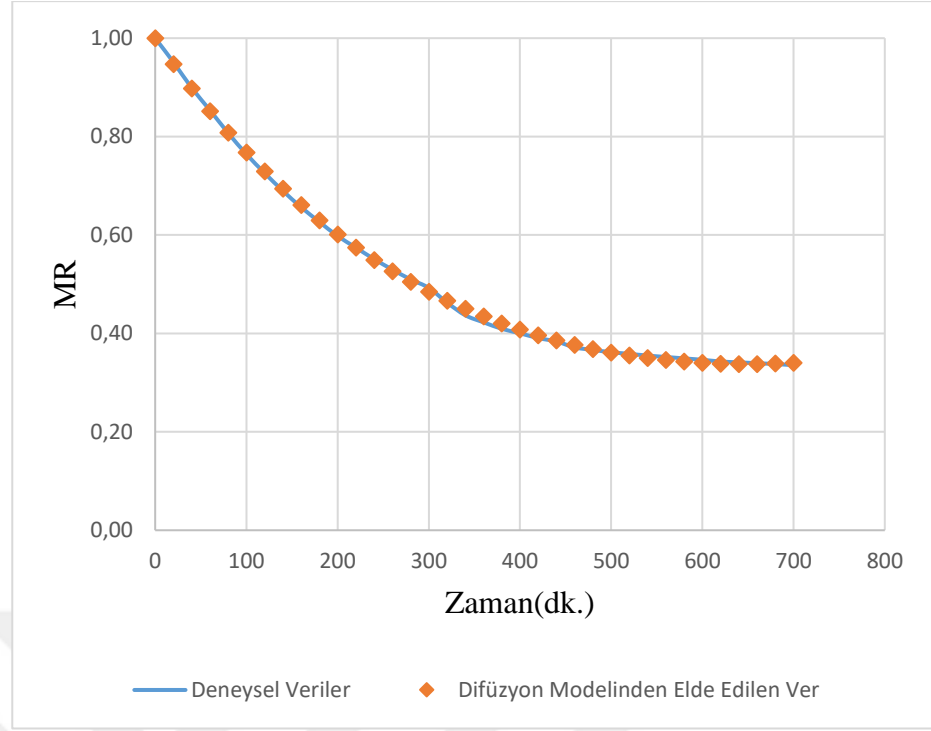
Şekil 4.15 55 °C’de kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için deneysel ve page modelinden elde edilen MR verileri



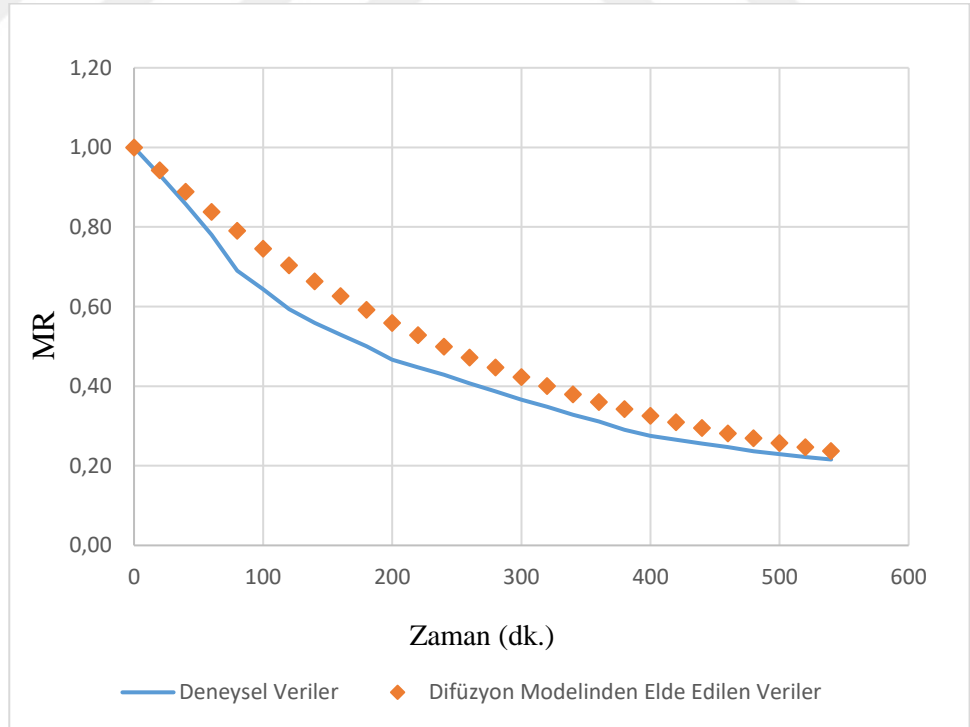
Şekil 4.16 65 °C’de kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için deneysel ve page modelinden elde edilen MR verileri



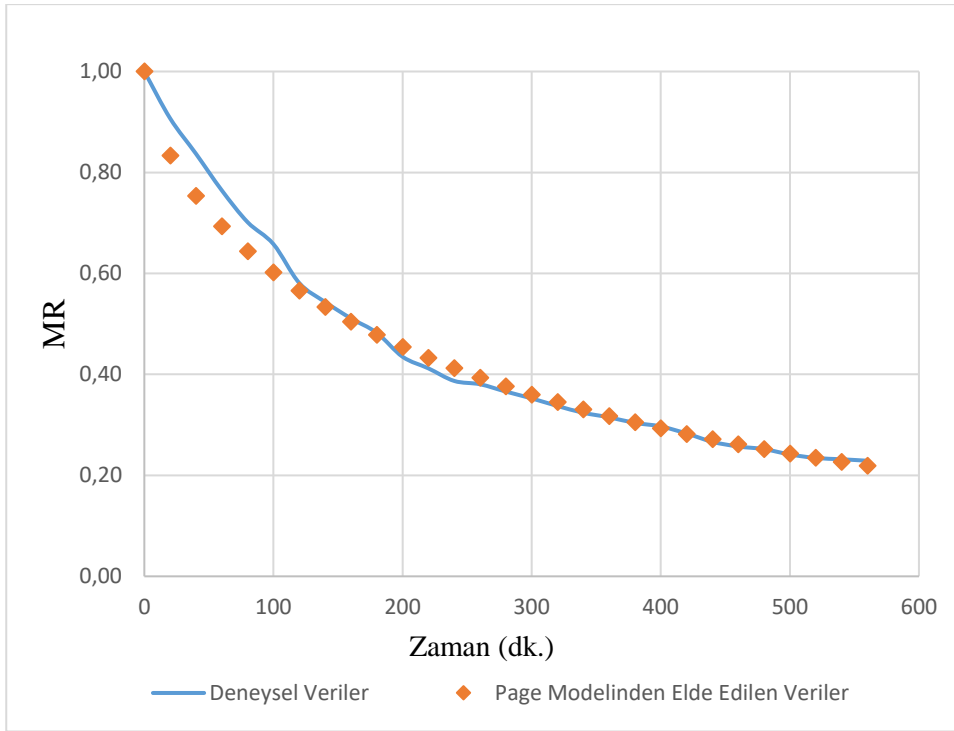
Şekil 4.17 75 °C’de kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için deneysel ve difüzyon modelinden elde edilen MR verileri



Şekil 4.18 55 °C’de kurutulan vakumlu emdirim uygulanmış örnekleri için deneysel ve difüzyon modelinden elde edilen MR verileri



Şekil 4.19 65 °C’de kurutulan vakumlu emdirim uygulanmış örnekleri için deneysel ve difüzyon modelinden elde edilen MR verileri



Şekil 4.20 65 °C'de kurutulmuş vakumlu emdirim uygulanmış örnekleri için deneysel ve page modelinden elde edilen MR verileri

4.4.1.1 Efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisinin değerlendirilmesi

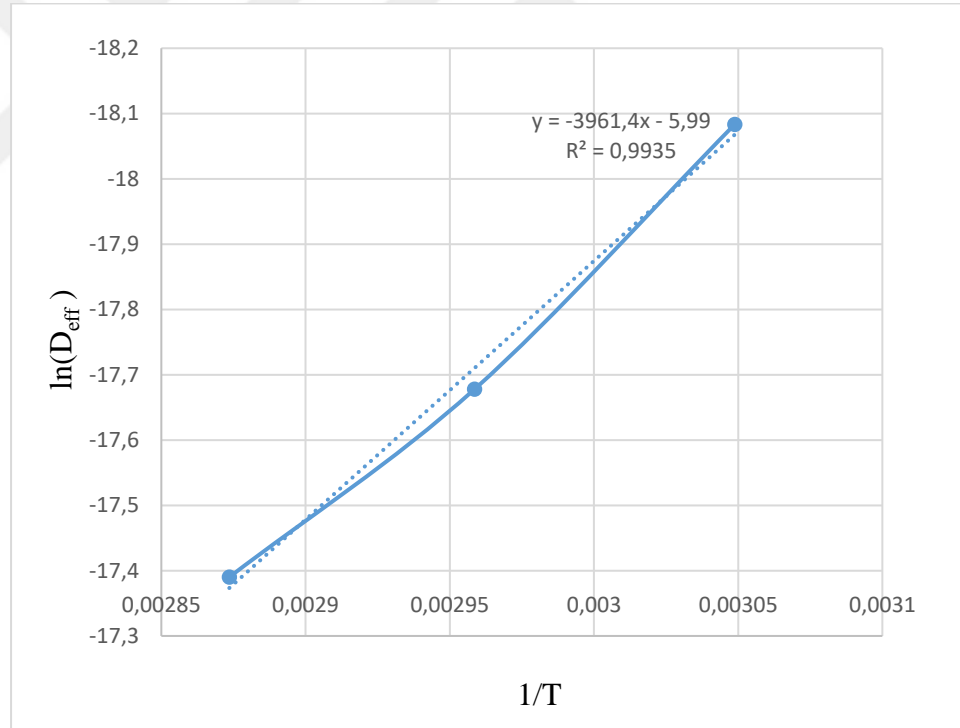
Efektif difüzyon katsayılarının hesaplanabilmesi için $\ln(MR)$ değerlerinin zamana bağlı grafiği çizilmiş ve elde edilen grafiğin eğiminden efektif difüzyon katsayıları hesaplanmıştır. Armut dilimlerinin difüzyonun gerçekleştiği çap değerleri 45 ± 0.035 mm olarak ölçülmüştür. Buna göre efektif difüzyon katsayısı vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için $3,65 \times 10^{-11}$ ve $7,31 \times 10^{-11}$ m^2/s aralığında bulunmuştur. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örnekler için ise $2,74 \times 10^{-11}$ ve $4,57 \times 10^{-11}$ m^2/s aralığında bulunmuştur. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örneklerinin efektif difüzyon katsayısının sıcaklığa karşı duyarlılığının daha yüksektir. Örneklere ait efektif difüzyon katsayıları Tablo 4.16'de verilmiştir.

Tablo 4.14 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış armutların farklı sıcaklıklar için efektif difüzyon katsayıları

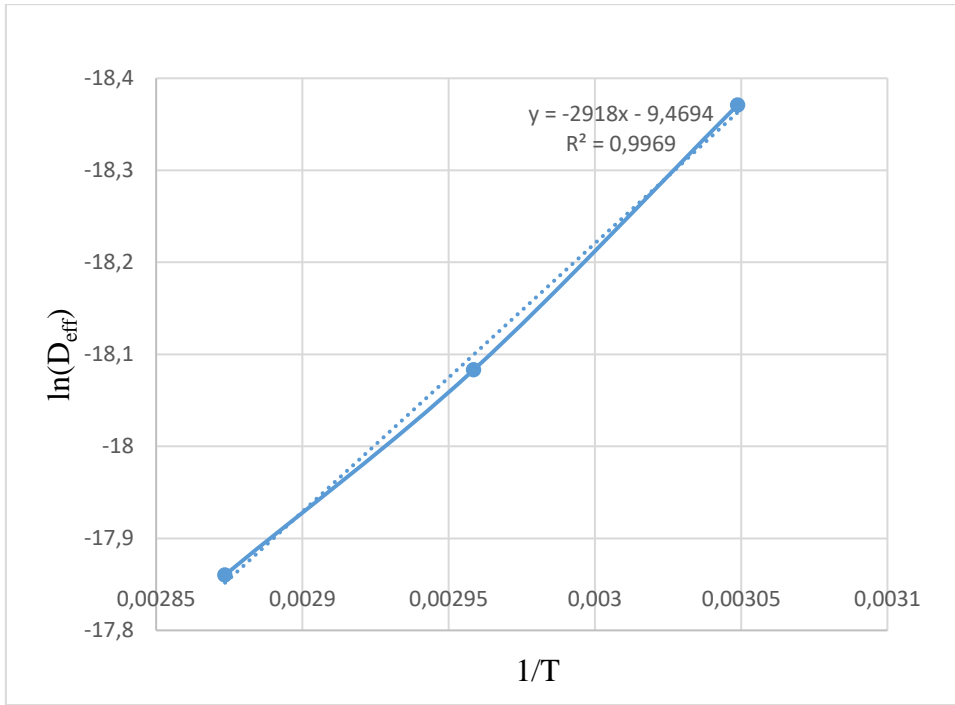
Kurutma Sıcaklığı (°C)	Vakumlu emdirim İşlemi Uygulanmamış Armutlar	Vakumlu emdirim İşlemi Uygulanmış Armutlar
	D_{eff} (m^2/s)	D_{eff} (m^2/s)
55	$3,65 \times 10^{-11}$	$2,74 \times 10^{-11}$
65	$5,48 \times 10^{-11}$	$3,65 \times 10^{-11}$
75	$7,31 \times 10^{-11}$	$4,57 \times 10^{-11}$

Sıcaklık arttıkça efektif difüzyon katsayısının arttığı görülmüştür. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örneklerinde efektif difüzyon katsayısının vakumlu emdirim işlemi uygulanan örneklere göre daha büyük olduğu görülmüştür. Gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı görülmüştür. Bu durumun vakumlu emdirim işlemi sırasında yapı arasındaki porlara geçen katıların suyun yüzeye çıkmasına engel olmasından kaynaklanmaktadır. Porlar arasında yer alan katı partiküllerin artması nedeniyle suyun uzaklaşması zorlaşmaktadır.

Aktivasyon enerjisi difüzyonun sıcaklığa karşı duyarlılığının göstergesidir. Yüksek aktivasyon enerjisi değeri etkin difüzivitenin sıcaklığa karşı duyarlılığının yüksek olduğunu göstermektedir (Kaymak-Ertekin, 2002). Aktivasyon enerjisinin hesaplanabilmesi için $\ln(D_{\text{eff}})-1/T$ grafiği çizilmiş ve grafiğin eğiminden aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut ve vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örneklere ait $\ln(D_{\text{eff}})-1/T$ grafikleri Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.21 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örneklerine ait $\ln(D_{\text{eff}})-1/T$ grafikleri



Şekil 4.22 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış örneklere ait $\ln(D_{\text{eff}})$ - $1/T$ grafikleri

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için aktivasyon enerjisi 32.93 kJ / mol ve vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örnekler için aktivasyon enerjisi 24.26 kJ / mol olarak hesaplanmıştır.

Çalışmamıza benzer çalışmalardan biri olan Şahin ve Öztürk,(2016) yaptıkları çalışmada incirlere 130 mbar 15 dk. vakum uyguladıktan sonra 165 dk. atmosfer basıncında sakkaroz çözeltisi içerisinde bekletmişlerdir. Ön işlemten sonra 55,65 ve 75 °C sıcaklıklarda kurutmuşlar ve efektif difüzyon katsayılarını 3.57×10^{-10} , 6.99×10^{-10} ve 10.25×10^{-10} olarak bulmuşlardır. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış incirler için 2.75×10^{-10} , 4.40×10^{-10} ve 5.69×10^{-10} olarak bulunmuştur. Aktivasyon enerjisi ön işlem uygulanmamış örneklerde 34.68 (kJ/mol) ve ön işlem uygulanmış örneklerde 50.26 (kJ/mol) olarak bulmuşlardır. Çalışma sonucunda hesaplanan D_{eff} ve aktivasyon enerjisi değerleri bizim çalışmamızda hesaplanan armuda ait değerlerle paralellik göstermektedir

Ozmotik dehidrasyon ön işleminin kurutma işlemi üzerin etkisi incelendiği González-Martínez et al.,(2006) yaptıkları çalışmada armutlara 55 °Briks sakkaroz çözeltisi içerisinde 0.5, 3 ve 48 saat ozmotik dehidrasyon uygulanmışlardır.. Gıda/çözelti oranı 1/20 olacak şekilde ayarlanmıştır. Armutlar 45, 55 ve 65 °C'de kurutulmuşlardır. Çalışma sonunda D_{eff} değerinin 6.5×10^{-12} ile 5.8×10^{-10} m²/s arasında değiştiğini bulmuşlardır. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanan

örneklerde D_{eff} değerinin azaldığını ve kurutma sıcaklığı ve ozmotik dehidrasyon işleminin D_{eff} değerini belirgin olarak etkilediğini görmüşlerdir.

Ramirez et al.,(2011) elmaya $CaCl_2$ çözeltisi ile yaptıkları vakumlu emdirim çalışmada 15 dk. 53.33 kPa vakum uygulamışlardır. Daha sonra örnekleri 65 °C’de kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Çalışmalarında bizim çalışmamızla benzer sonuçlar bulunmuş ve vakumlu emdirim işleminin etkin difüzyon katsayısı üzerine etkisinin önemli olmadığı görülmüştür. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış ve uygulanmamış armut örneklerinin etkin difüzyon katsayılarının birbirine yakın değerlere sahip olduğunu görmüşlerdir.

Armutlara ozmotik dehidrasyon işlemi uygulayarak ve kurutma üzerine etkisinin incelendiği Park et al. (2002) yaptıkları çalışmada ozmotik dehidrasyon işlemi 55 °Briks çözelti konsantrasyonunda şeker çözeltisinde ve 40 °C sıcaklıkta çalkalamalı ortamda gerçekleştirilmiştir. Armutlara 310 dk. ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmıştır. Daha sonra örnekleri 40,60 ve 80 °C sıcaklıklarda ve 1 ile 2 m/s hava hızında kurutmuşlardır. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanan örneklerinin kuruma hızının daha büyük olduğunu görmüşlerdir. Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış armutlar için efektif difüzyon katsayısının 1.59×10^{-10} ve 7.64×10^{-10} m²/s arasında ozmotik dehidrasyon uygulanmış örnekler için 1.87×10^{-10} ve 8.12×10^{-10} m²/s olduğunu, aktivasyon enerjisinin ise 24.34 ile 31.21 kJ/ mol arasında değiştiğini bulmuşlardır. Çalışma sonuçlarının çalışmamız ile paralellik gösterdiği görülmüştür.

4.4.2 Kurutma işleminin vakumlu emdirim işlemi uygulanmış ve uygulanmamış armutların kalite özellikleri üzerine etkisi

Vakumlu emdirim işlemi uygulanan ve uygulanmayan örnekler 55, 65 ve 75 °C sıcaklıkta 1 m/s hava hızında tepsili kurutucuda kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutulmuş örneklerde toplam kuru madde, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, pH ve titrasyon asitliği, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, sertlik, yapışkanlık, renk (L^* , a^* ve b^*) analizleri gerçekleştirilerek vakumlu emdirim işleminin kurutulmuş armutların kalitesine etkisi ve vakum emdirilmiş armut örnekleri için uygun sıcaklık belirlenmiştir.

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış kuru armut örneklerine analiz sonuçları Tablo 4.17’de verilmiştir. Farklı kurutma sıcaklığının etkisi SPSS 20.0 paket programı kullanılarak tek yönlü ANOVA testi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları Ek 1’de verilmiştir.

Tablo 4.15 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış kuru armut örneklerine ait analiz sonuçları

	Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış			Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış		
	55	65	75	55	65	75
Sıcaklık (°C)	55	65	75	55	65	75
Nem(%)	15.88±0.29	15.04±0.985	15.50±0.43	15.83± 1.04	15.94±1.13	15.26± 1.0
Suda Çözünür Kuru Madde (°Briks)	54.5 ± 0.5	55.25± 0.61	56.5± 1	64.5± 0.4	64.5± 0.5	65.75 ± 0.7
a_w	0.60±0.004	0.60±0.003	0.59±0.003	0.60±0.002	0.61±0.002	0.60±0.003
pH	4.88±0.015	4.81±0.03	5.02±0.1	4.81±0.02	4.65±0.03	4.83±0.01
Titrasyon Asitliği (g MA/100 g KM)	3.82±0.51	3.07±0.27	1.81±0.00	2.01±0.00	4.07±0.09	2.81±0.00
L*	48.05±0.94	49.82±2.48	46.64±0.96	47.17± 1.51	45.54± 1.76	42.64±0.57
a*	3.70±0.03	2.29±0.004	3.61±1.25	1.73± 0.44	2.00±0.035	2.47± 0.07
b*	19.40±2	12.01±2.50	16.82±1.07	12.82± 0.45	10.87±0.50	12.82±0.36
Toplam Fenolik Madde (mg GA/100g KM)	1061.73± 52.5	855.92± 29.36	812.88± 14.03	1049.63± 130.49	923.01± 35.16	883.33± 4.58
Antioksidan Aktivite (IC₅₀)	70.00 ± 4.7	101.45 ±9.9	104.33±15.93	88.05 ± 1.7	61.86 ±7.3	55.23 ±4.1
Sertlik (N)	0.40±0.008	0.43±0.002	0.47±0.009	0.36± 0.04	0.39±0.017	0.40±0.02
Yapışkanlık (N)	-0.031±0.001	-0.02±0.006	-0.01±0.002	-0.06±0.003	-0.04±0.00	-0.06±0.001

Tablo 4.17 ve Ek 1 incelendiğinde sıcaklığın sadece nem, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde içeriği ve toplam fenolik madde içeriği üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür ($p>0.05$).

pH ve titrasyon asitliği üzerine kurutma sıcaklığının etkisine bakılacak olursa 55 °C’de kurutulan örnekler ile 65 °C sıcaklıkta kurutulan örnekler arasında anlamlı bir fark yokken 75 °C’de kurutulan örnekler ile arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır (Ek.2). Sıcaklık 65 °C’nin üzerine çıktığında pH değerinin de yükseldiği ve asitliğin azaldığı görülmüştür. Titrasyon asitliği ise sıcaklık arttıkça önce azalmakta sonra artmaktadır. pH değerlerinin 4.01 ile 5.02 arasında titrasyon asitliği değerleri ise 3.07 ile 4.07 g MA/100 g KM arasında değişmektedir.

Renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) üzerine etkisi incelendiğinde L^* değeri için 55 °C ve 65 °C kurutulan örnekler arasında anlamlı bir fark görülmezken 75 °C'de kurutulan örnekler arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır(Ek 2). L^* değerinin sıcaklık arttıkça azaldığı görülmektedir. L^* değerleri 46.64 ile 49.82 arasında değişmektedir. L^* değeri 0-100 arasında olup, 0 siyahı 100 ise beyazı ifade etmektedir (Özoğlu and Bayındırlı,2002). Kurutma sıcaklığı arttıkça örneklerdeki kararmada artmaktadır. a^* ve b^* değerleri sıcaklık arttıkça önce artmakta sonra azalmaktadır. Fakat sıcaklık arttıkça bu değerlerin azaldığı görülmektedir. a^* ve b^* değeri için +a kırmızı, -a yeşil, +b sarı, -b mavi rengi ifade etmektedir (Karataş,2014). Sıcaklığın artmasıyla kırmızılığın ve sarılığın azaldığı görülmektedir. a^* değerleri 1.73 ile 2.47 arasında. b^* değerleri ise 10.87 ile 12.82 arasında değişmektedir.

Toplam fenolik madde içeriği üzerine kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde sıcaklık arttıkça fenolik madde içeriği azalmaktadır. Toplam fenolik madde içeriği 1061.73 ile 812.88 mg GA/100g KM arasındadır. 65 °C'de kurutulan örnekler ile 75 °C'de kurutulan örneklerin toplam fenolik içeriği arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır (Ek.2).

Antioksidan aktivite üzerine kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde sıcaklık arttıkça antioksidan aktivite azalmaktadır. Antioksidan aktivite için düşük IC_{50} değerine sahip örnekler yüksek antioksidan aktivite göstermektedir. Antioksidan aktivite değerleri 70.00 mg kuru madde ile 104.33 mg kuru madde arasında değişmektedir. 55 °C'de kurutulan örnekler ile 65 °C sıcaklıkta kurutulan örnekler arasında anlamlı bir fark yokken 75 °C'de kurutulan örnekler ile arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır (Ek.2).

Kurutma sıcaklığının sertlik ve yapışkanlık üzerine etkisi incelendiğinde sıcaklık arttıkça sertliğin arttığı ve yapışkanlığın azaldığı görülmüştür. Sertlik değerlerinin 0.40 ile 0.47 arasında. yapışkanlık değerlerinin -0.01 ile -0.03 arasında değiştiiği görülmektedir.

Elma dilimlerinin farklı sıcaklık ve hava hızlarında kurutulması üzerine Vega-Gálvez et al.(2012) yaptıkları çalışmada çalışmamızla benzer sonuçlar bulmuşlar ve kurutma sıcaklığının artışıyla antioksidan aktivitenin azaldığını sonra arttığını, toplam fenolik madde içeriğinin azaldığını ve sertliğin ise arttığını görmüşlerdir.

Çalışmamıza benzer çalışmalardan biri olan Mrad et al.,(2012) yaptıkları çalışmada kurutma sıcaklığının (30,40,50,60 ve 70 °C) armudun kuruma kinetiği, bazı fiziko-kimyasal özellikleri, askorbik asit ve toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmalar sonunda kurutma sıcaklığının a* ve b* değerlerini etkilediği ve sıcaklık arttıkça kırmızılık ile sarılığın önemli derecede arttığı belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış örneklerde a* ve b* değerinin önce azalıp sonra arttığı görülmüştür. Ayrıca çalışmamızda olduğu gibi sıcaklık arttıkça fenolik madde içeriğinin azaldığı görülmüştür.

Kurutma sıcaklığının (40 ve 60 °C) kurutma sıcaklığının armudun fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite değerleri üzerine etkisinin incelendiği Santos et al.,(2014) yaptıkları çalışmada toplam fenolik madde içeriğinde 40 C'de kurutulmuş örneklerde anlamlı bir fark yokken 65 °C kurutulmuş örnekler arasında anlamlı bir fark görülmüştür. Sıcaklık arttıkça antioksidan aktivitesinin azaldığını görmüşlerdir. Çalışmamızda olduğu gibi sıcaklık arttıkça antioksidan aktivite toplam fenolik madde içeriği azalmıştır.

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örnekler için analiz sonuçları Tablo 4.17'de verilmiştir. Farklı kurutma sıcaklıklarının belirlenen kriterler üzerine etkisi SPSS 20.0 paket programı kullanılarak tek yönlü ANOVA testi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları Ek 3'de verilmiştir. Ek 3 incelendiğinde sıcaklığın sadece nem, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde ve toplam fenolik madde içeriği üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür (p>0.05).

pH ve titrasyon asitliği üzerine kurutma sıcaklığının etkisine bakılacak olursa pH'nın sıcaklık ile önce arttığını daha sonra azaldığı görülmüştür. Titrasyon asitliği ise sıcaklık arttıkça artmaktadır. pH değerlerinin 4.65 ile 4.83 arasında titrasyon asitliği değerleri ise 1.81 ile 2.81 g MA/100 g KM arasında değişmektedir.

Renk değerleri (L*.a* ve b*) üzerine etkisi incelendiğinde L* değeri için 55 °C ve 65 °C kurutulmuş örnekler arasında anlamlı bir fark görülmezken 75 °C'de kurutulmuş örnekler arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır (Ek 4). L* değerinin sıcaklık arttıkça azaldığı görülmektedir. L* değerleri 47.17 ile 42.64 arasında değişmektedir. L* değeri 0-100 arasında olup. 0 siyahı 100 ise beyazı ifade etmektedir. Kurutma sıcaklığı arttıkça örneklerdeki kararmada artmaktadır. a* değeri sıcaklık arttıkça artmakta ve b* değerleri sıcaklık arttıkça önce artmakta

sonra azalmaktadır. a^* ve b^* değeri için +a kırmızı. -a yeşil. +b sarı. -b mavi rengi ifade etmektedir (Karataş,2014). Sıcaklığın artmasıyla kırmızılığın arttığı ve sarılığın değişmediği görülmektedir. a^* değerleri 1.73 ile 2.47 arasında. b^* değerleri ise 10.87 ile 12.82 arasında değişmektedir.

Antioksidan aktivite üzerine kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde sıcaklık arttıkça antioksidan aktivite artmaktadır. Antioksidan aktivite için düşük IC_{50} değerine sahip örnekler yüksek antioksidan aktivite göstermektedir. Antioksidan aktivite değerleri 88.05 mg kuru madde ile 55.235 mg kuru madde arasında değişmektedir.

Kurutma sıcaklığının sertlik ve yapışkanlık üzerine etkisi incelendiğinde sıcaklık arttıkça sertliğin arttığı ve yapışkanlığın önce azaldığı sonra arttığı görülmüştür. 65 °C’de kurutulan örnekler ile 75 °C sıcaklıkta kurutulan örnekler arasında anlamlı bir fark yokken 55 °C’de kurutulan örnekler ile arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır (Ek.4). Sertlik değerlerinin 0.40 ile 0.47 arasında. yapışkanlık değerlerinin -0.01 ile -0.03 arasında değiştiği görülmektedir.

Bchir et al.,(2012) yılında yaptıkları çalışmada nar tanelerine 50 °Briks sakkaroz çözeltisi içerisinde 20 dk. ozmotik dehidrasyon işlemi uygulamışlar ve 40,50 ve 60 °C’de kurutmuşlardır. Sıcaklık arttıkça antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinin azaldığını görmüşlerdir. L^* değerinin azaldığını ve a^* ile b^* değerinin arttığını belirlemişlerdir. Sertliğinde sıcaklık ile arttığını belirtmişlerdir.

Vakumlu emdirim işlemi uygulanan ve uygulanmadan kurutulmuş örnekler için analiz sonuçları Tablo 4.31 ve Tablo 4.32’de verilmiştir. Vakumlu emdirim işleminin farklı sıcaklıklarda kurutulan örnekler üzerine etkisi SPSS 20.0 paket programı kullanılarak tek örnek t testi ile değerlendirilmiş ve sonuçları Ek 5, Ek 6 ve Ek 7’de verilmiştir.

Vakum emdirilmiş ve 55 °C’de kurutulmuş örneklerin suda çözünür kuru madde, antioksidan aktivite, a^* , b^* ve yapışkanlık değerlerinde 55 °C’de kurutulmuş vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri ile arasında anlamlı bir fark olduğu ($p<0.05$), a_w , pH, titrasyon asitliği L^* ,sertlik ve fenolik madde içeriği değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür (Ek 5). Vakum emdirilmiş örneklerde suda çözünür kuru madde değerinin 54.5 °Briks ’ ten 64.5 °Briks ’ e ve yapışkanlık değerinin -0.03 ten -0.06 değerine arttığı, a^*

değerinin 3.70 'den 1.73 değerine ve b*değeri 19.40'dan 12.82 değerlerine azaldığı görülmüştür. IC₅₀ değeri vakum emdirilmiş örneklerde 70.00 dan 88.05' e artmış IC₅₀ değeri ile antioksidan aktivite değeri arasında ters bir ilişki olduğu için antioksidan aktivite azalmıştır.

Vakum emdirilmiş ve 65 °C'de kurutulmuş örneklerin pH, suda çözünür kuru madde, L*, b*, antioksidan aktivite, fenolik madde içeriği, sertlik ve yapışkanlık değerlerinde 65 °C'de kurutulmuş vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri ile arasında anlamlı bir fark olduğu (p<0.05). a_w, titrasyon asitliği ve a* değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı (p>0.05) görülmüştür (Ek 6). Vakum emdirilmiş ve 65 °C sıcaklıkta kurutulmuş örneklerde suda çözünür kuru madde değeri 55.25 °Briks 'den 64.5 °Briks e, toplam fenolik madde içeriğinin 855.92 mg GA/100 g KM değerinden 923 mg GA/100 g KM ve yapışkanlık -0.02 'den -0.04 değerine arttığı. pH değeri 4.82 'den 4.65 'e, L*değeri 49.82'den 47.17 e, b* değeri 12.01'den 10.87'ye ve sertlik değeri 0.43'ten 0.39 değerine azaldığı görülmüştür. IC₅₀ değeri vakum emdirilmiş örneklerde 101.45 dan 61.66 değerine azalmış ve IC₅₀ değeri ile antioksidan aktivite değeri arasında ters bir ilişki olduğu için antioksidan aktivite artmıştır.

Vakum emdirilmiş ve 75 °C'de kurutulmuş örneklerin suda çözünür kuru madde, pH, L*, a*, b*, fenolik madde içeriği, antioksidan aktivite, sertlik ve yapışkanlık değerlerinde 75 °C'de kurutulmuş vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri ile arasında anlamlı bir fark olduğu (p<0.05). a_w , ve titrasyon asitliği değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı (p>0.05) görülmüştür (Ek 6). Vakum emdirilmiş örneklerde toplam fenolik madde içeriğinin 812.88 mg GA/100 g KM değerinden 883.33 mg GA/100 g KM ve yapışkanlık -0.01 'den -0.06 değerine arttığı, pH değeri 5.02 'den 4.83 'e, L*değeri 46.64 den 42.64 e, a*değerinin 3.61 'den 2.47 değerine, b* değeri 16.82'den 12.82'ye ve sertlik değeri 0.47'ten 0.40 değerine azaldığı görülmüştür. IC₅₀ değeri vakum emdirilmiş örneklerde 104.33 dan 55.23 değerine azalmış ve IC₅₀ değeri ile antioksidan aktivite değeri arasında ters bir ilişki olduğu için antioksidan aktivite artmıştır.

Trabzon hurmasında farklı çözelti çeşitleri ve konsantrasyonlarda ozmotik dehidrasyon işleminin kurutma işlemi üzerine etkisinin incelendiği Kıroğlu-Zorlugenç,(2010) yaptıkları çalışmada 6^{0C}'de kurutma işlemi uygulamışlardır. Çalışmanın sonunda ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanarak kurutulan örneklerin toplam fenolik madde içeriğinin arttığını görmüşlerdir.

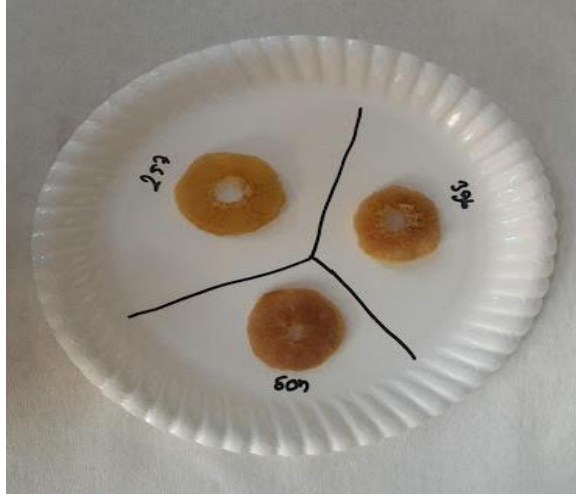
4.5. Duyusal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanarak kurutulmuş armutların duysal analizleri puanlama testi ile gerçekleştirilmiştir. Duyusal analiz sonuçları Tablo 4.19 de verilmiştir. Puanlama testi sonucunda en yüksek puanı alan örnek görünüşten 4.09 ± 0.83 , dokudan 4.36 ± 0.50 ve lezzetten 3.82 ± 1.08 puan alarak vakumlu emdirim işlemi uygulanan ve $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulmuş örnekler olmuştur. Puanlama testi için örneklerin sunuluşu Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'de verilmiştir.

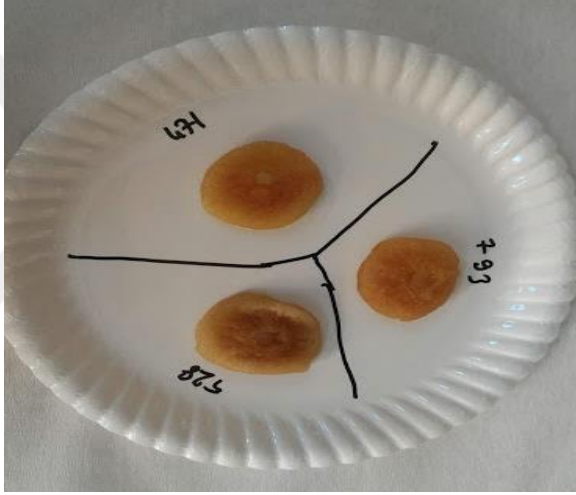
Tablo 4.16 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanarak kurutulmuş armutların Duyusal Analiz Sonuçları

	Kurutma Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Görünüş	Doku	Lezzet
Vakumlu emdirim İşlemi Uygulanmamış Armutlar	55	3.18 ± 0.40	3.09 ± 1.14	3.73 ± 1.01
	65	3.45 ± 0.82	3.64 ± 1.12	3.73 ± 1.01
	75	4.09 ± 0.94	3.55 ± 1.04	3.64 ± 0.92
Vakumlu emdirim İşlemi Uygulanmış Armutlar	55	3.91 ± 0.83	3.55 ± 0.82	3.36 ± 1.03
	65	4.09 ± 0.83	4.36 ± 0.50	3.82 ± 1.08
	75	3.64 ± 0.81	3.91 ± 0.70	3.55 ± 1.29

Puanlama testi sonuçları ile tek yönlü ANOVA testi uygulanarak incelenmiştir. ANOVA sonuçları Ek 8. Ek 9 ve Ek 10'da verilmiştir. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve kurutulmuş armutlar arasında sadece $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulan örnekler arasında görünüş olarak anlamlı bir fark varken ($p < 0.05$) doku ve lezzet bakımından anlamlı bir fark görülmemiştir ($p > 0.05$). Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış ve kurutulmuş armutlarda ise sadece $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulan armutların dokuları arasında anlamlı bir fark görülürken ($p < 0.05$), görünüş ve lezzet açısından anlamlı bir fark görülmemiştir ($p > 0.05$). Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ile vakumlu emdirim işlemi uygulanmış armutlar arasında sadece doku özellikleri açısından anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p < 0.05$).



Şekil 4.23 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış kuru armut örneklerinin puanlama testine sunuluşu



Şekil 4.24 Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış kuru armut örneklerinin puanlama testine sunuluşu

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada haşlama işlemi uygulanan ilk olarak uygulanacak olan vakumlu emdirim işlemi koşullarının Yanı Yüzey Metodolojisi ile optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Daha sonra optimum koşullarda üretim yapılarak vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış armutlar 55, 65 ve 75 °C sıcaklıklarda ve 1 m/s hava hızında kurutulmuşlardır.

- ✓ Vakumlu emdirim işlemi öncesi uygulanacak olan haşlama işlemi parametreleri ön denemelerle belirlenmiştir. Ön dönemler sonucunda en düşük polifenol oksidaz enzim aktivitesi 8 unit/ml enzim ekstraktı olarak kaynayan suda (~96 °C) 5 dk. haşlama işlemi uygulanan armutlarda görülmüştür. Denemeler boyunca armutlar bu koşullarda haşlanmıştır.
- ✓ Vakumlu emdirim işlemi koşullarının optimizasyonu için Yanı Yüzey Metodoloji içerisinde yer alan 'Central Composite' dizaynı uygulanarak deneme deseni oluşturulmuştur. Deneme deseninin oluşturulabilmesi için vakum değeri (200-350-500 mbar), vakum süresi (15-30-45 dk.) ve emdirim çözelti konsantrasyonu (30-40-50 °Briks) bağımsız değişkenler olarak seçilmiştir. Yanıt olarak katı kazanımı, sıvı kaybı, toplam fenolik madde ve L* değerleri belirlenmiştir. Vakumlu emdirim işlemi için bu yanıtlar dikkate alınarak 225 mbar vakum basıncı, 45 dk. vakum süresi ve 50 °Briks çözelti konsantrasyonu değerlerinin optimum koşullar olduğu görülmüştür.
- ✓ Belirlenen optimum koşullar olan 225 mbar vakum basıncı, 45 dk. vakum süresi ve 50 °Briks çözelti konsantrasyonunda 3 farklı doğrulama üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretim sonucunda armutlarda gerçekleştirilen analizlerin sonuçları ile program tarafından tahminlenen sonuçlar arasındaki farkın %15 in altında olduğu görülmüş ve optimum noktasının doğruluğu belirlenmiştir.
- ✓ Vakumlu emdirim işleminin değişkenlerden biri olan vakum değeri arttıkça katı kazanımının 350 mbar basınca kadar arttığı daha sonra azalmaya başladığı, katı kazanımının düşük konsantrasyonlarda azalmakta fakat 35 °Briks ' in üzerindeki konsantrasyonlarda artmaya başladığı görülmektedir. Diğer bir değişken olan vakum süresi arttıkça katı kazanımının arttığı görülmüştür.
- ✓ Sıvı kaybı üzerine vakum basıncı, vakum süresi ve çözelti konsantrasyonunun pozitif bir etkisi olduğu görülmüştür. Vakum basıncı, vakum süresi ve çözelti konsantrasyonu arttıkça sıvı kaybı da artmaktadır.
- ✓ Vakum basıncı, vakum süresi ve çözelti konsantrasyonu ile toplam fenolik madde içeriği arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Vakum basıncı, vakum

süresi ve çözelti konsantrasyonu azaldıkça toplam fenolik madde içeriği artmaktadır.

✓ Vakum basıncı, vakum süresi ve çözelti konsantrasyonu ile L^* değeri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Vakum basıncı, vakum süresi ve çözelti konsantrasyonu arttıkça ürünün L^* değeri de artmaktadır.

✓ Yanıt olarak belirlenmeyen fakat analizi gerçekleştirilen antioksidan aktivite, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, toplam kuru madde, pH ve titrasyon asitliği, sertlik, yapışkanlık, renk (a^* ve b^*) analizlerinin sonuçları Design Expert programı ile istatistiksel olarak incelenmiştir.

✓ Antioksidan aktivite, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, toplam kuru madde, sertlik, yapışkanlık, b^* değerleri üzerine vakumlu emdirim işlemi değişkenlerinin anlamlı bir etkiye sahip olduğu; pH, titrasyon asitliği ve a^* değerleri üzerine anlamlı bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

✓ Belirlenen optimum koşullar olan 225 mbar vakum basıncı, 45 dk. vakum süresi ve 50 °Briks çözelti konsantrasyonunda 3 farklı üretim gerçekleştirilmiştir. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış ve uygulanmamış armutlara 55,65 ve 75 °C sıcaklıkta ve 1 m/s hava hızında kurutma işlemi uygulanmıştır.

✓ Kurutma sıcaklığının ve vakumlu emdirim işleminin kuruma süresi üzerine etkisi incelendiğinde vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış örneklerde kurutma sıcaklığı arttıkça kuruma süresinin azaldığı görülmüştür. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armutlar için 55, 65 ve 75 °C için kuruma süreleri sırasıyla 640, 500 ve 340 dk. olarak tespit edilmiştir. Vakumlu emdirim işlemi uygulanan armutlarda sıcaklığın kurutma süresi üzerine etkisi incelendiğinde kuruma süresinin 65 °C e kadar azaldığı ama 65 ve 75 °C arasında fark olmadığı görülmüştür. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış armutlar için ise 55, 65 ve 75 °C için kuruma süreleri 700, 540 ve 560 dk. olarak belirlenmiştir.

✓ Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış armut örneklerine kurutma işlemi sonrasında kuruma kinetiği incelemesi gerçekleştirilmiştir.

✓ 55°C ve 65°C kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için Page modeli uygun model olarak bulunmuş ve 75 °C'de kurutulan vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örneklerinde Difüzyon modeli uygun model olarak bulunmuştur.

✓ Vakumlu emdirim uygulanmış örneklerde ise 55 ve 65 °C kurutulan örnekler için Difüzyon modeli ve 75 °C'de kurutulan örnekler için ise Page modeli uygun model olarak bulunmuştur.

✓ Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış örnekler için efektif difüzyon katsayısı(D_{eff}) ve aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır.

- ✓ Efektif difüzyon katsayısı vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için 3.65×10^{-11} ve 7.31×10^{-11} m²/s aralığında bulunmuştur. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örnekler için ise 1.05×10^{-11} ve 1.75×10^{-10} m²/s aralığında bulunmuştur.
- ✓ Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri için aktivasyon enerjisi 32.93 kJ / mol ve vakumlu emdirim işlemi uygulanmış armut örnekleri için aktivasyon enerjisi 24.25 kJ / mol olarak hesaplanmıştır.
- ✓ Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanmış kurutulmuş örneklerde toplam kuru madde, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde, pH ve titrasyon asitliği, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, sertlik, yapışkanlık, renk (L*, a* ve b*) analizleri gerçekleştirilerek vakumlu emdirim işleminin kurutulmuş armutların kalitesine etkisi ve vakum emdirilmiş armut örnekleri için uygun sıcaklık belirlenmiştir.
- ✓ Vakumlu emdirim işlemi uygulanmadan kurutulmuş örnekler için sıcaklığın nem, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde içeriği ve toplam fenolik madde içeriği üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür (p>0.05).
- ✓ Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örneklerin kurutulmasında sıcaklığın pH değeri üzerinde sıcaklık 65 °C'nin üzerine çıktığında pH değerinin de yükseldiği ve asitliğin azaldığı görülmüştür. Titrasyon asitliği ise sıcaklık arttıkça önce azalmakta sonra artmaktadır. Renk değerleri (L*, a* ve b*) üzerine etkisi incelendiğinde L* değerinin sıcaklık arttıkça azaldığı görülmektedir. a* ve b* değerleri sıcaklık arttıkça önce artmakta sonra azalmaktadır. Antioksidan aktivite üzerine kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde sıcaklık arttıkça antioksidan aktivite azalmaktadır. Kurutma sıcaklığının sertlik ve yapışkanlık üzerine etkisi incelendiğinde sıcaklık arttıkça sertliğin arttığı ve yapışkanlığın azaldığı görülmüştür.
- ✓ Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış örneklere ait sonuçlar incelendiğinde sıcaklığın nem, su aktivitesi, suda çözünür kuru madde ve toplam fenolik madde içeriği üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmüştür (p>0.05).
- ✓ Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış armut örneklerin kurutulmasında sıcaklığın pH ve titrasyon asitliği üzerine kurutma sıcaklığının etkisine bakılacak olursa pH'ın sıcaklık ile önce arttığını daha sonra azaldığı görülmüştür. Titrasyon asitliği ise sıcaklık arttıkça artmaktadır. Renk değerleri (L*, a* ve b*) üzerine etkisi incelendiğinde L* değerinin sıcaklık arttıkça azaldığı görülmektedir. a* değeri sıcaklık arttıkça artmakta ve b* değerleri sıcaklık arttıkça önce artmakta sonra azalmaktadır. Antioksidan aktivite üzerine kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde sıcaklık arttıkça antioksidan aktivite azalmaktadır. Kurutma sıcaklığının sertlik ve yapışkanlık üzerine etkisi

incelendiğinde sıcaklık arttıkça sertliğin arttığı ve yapışkanlığın azaldığı görülmüştür.

✓ Vakum emdirilmiş ve 55 °C'de kurutulmuş örneklerin suda çözünür kuru madde, antioksidan aktivite, a^* , b^* ve yapışkanlık değerlerinde 55 °C'de kurutulmuş vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri ile arasında anlamlı bir fark olduğu ($p<0.05$), aw, pH, titrasyon asitliği L^* , sertlik ve fenolik madde içeriği değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür.

✓ Vakum emdirilmiş örneklerde suda çözünür kuru madde değerinin ve yapışkanlık değerinin arttığı, a^* değerinin ve b^* değerinin azaldığı görülmüştür. IC50 değeri vakum emdirilmiş örneklerde artmış IC50 değeri ile antioksidan aktivite değeri arasında ters bir ilişki olduğu için antioksidan aktivite azalmıştır.

✓ Vakum emdirilmiş ve 65 °C'de kurutulmuş örneklerin pH, suda çözünür kuru madde, L^* , b^* , antioksidan aktivite, fenolik madde içeriği, sertlik ve yapışkanlık değerlerinde 65 °C'de kurutulmuş vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri ile arasında anlamlı bir fark olduğu ($p<0.05$). aw, titrasyon asitliği ve a^* değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür.

✓ Vakum emdirilmiş örneklerde suda çözünür kuru madde değeri, toplam fenolik madde içeriği ve yapışkanlık değerinin arttığı; pH, L^* , b^* ve sertlik değerlerinin azaldığı görülmüştür. IC50 değeri azalmış ve IC50 değeri ile antioksidan aktivite değeri arasında ters bir ilişki olduğu için antioksidan aktivite artmıştır.

✓ Vakum emdirilmiş ve 75 °C'de kurutulmuş örneklerin pH, L^* , a^* , b^* , fenolik madde içeriği, sertlik ve yapışkanlık değerlerinde 75 °C'de kurutulmuş vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış armut örnekleri ile arasında anlamlı bir fark olduğu ($p<0.05$), aw, suda çözünür kuru madde ve titrasyon asitliği değerlerinde anlamlı bir fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür.

✓ Vakum emdirilmiş örneklerde toplam fenolik madde içeriğinin, antioksidan aktivite ve yapışkanlık değerinin arttığı, pH, L^* , a^* , b^* ve sertlik değerlerinin azaldığı görülmüştür.

✓ Vakumlu emdirim işlemi uygulanmamış ve uygulanarak kurutulmuş armutların duyusal analizleri puanlama testi ile gerçekleştirilmiştir. Puanlama testi sonucunda en yüksek puanı alan örnek vakumlu emdirim işlemi uygulanan ve 65 °C'de kurutulmuş örnekler olmuştur.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abano, E.E. and Sam-Amoah, L.K.**, 2011. Effects Of Different Pretreatments On Drying Characteristics Of Banana Slices, *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 6(3):121-129pp.
- Akçay, M.E., Büyükyılmaz, M. ve Burak, M.**, 2009, Marmara bölgesi için ümitvar armut çeşitleri – IV, *Bahçe*, 38(1):1-10s.
- Akdoğan, A.**, 2014, Bezelye kabuğunun farklı sistemlerdeki kuruma kinetiğinin ve kurutulmuş ürünün öğütülmesiyle elde edilen toz ürünün özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 18s
- AlJuhaimi, F., Uslu, N., Özcan, M. M., ELBabiker, E. F. and Ghaffoor, K.** 2016, Effect of drying on antioxidant activity, total phenol and mineral contents of pear fruits., *Journal of Food Safety and Food Quality*, 67:164-167pp.
- Almeida, M. E. M., and Nogueira, J. N.**, 1995, The control of polyphenol oxidase activity in fruits and vegetables. *Plant Foods for Human Nutrition*, 47(3):245-256pp.
- Altuğ-Onoğur, T. Ve Elmacı, Y.**, 2015, Gıdalarda Duyusal Değerlendirme, Sidas Medya, İzmir, Türkiye
- Amin, I. and Lee, W. Y.**, 2005, Effect of different blanching times on antioxidant properties in selected cruciferous vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(13):2314-2320pp.
- Anino, S.V., Salvatori, D.M. and Alzamora, S.M.**, 2006, Changes in calcium level and mechanical properties of apple tissue due to impregnation with calcium salts., *Food Research International*, 39(2): 154 – 164pp.
- Armut İstatistikleri**, <http://www.tarimsalistic.com/tr-TR/Sayfa/armut-istatistikleri>. (Erişim Tarihi: 08.08.2018).
- Armut Yetiştiriciliği**, Mesleki Eğitim Ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi Bahçecilik Armut Yetiştiriciliği, Milli Eğitim Bakanlığı http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bahcecilik/moduller/armut_yetistiricili%C4%9Fi.pdf, (Erişim Tarihi: 22.10.2018).
- Ayhan, A.**, 2005. Çeşitli Tarımsal Ürünlerin Vakumla Kurutulmasında Kurutma Parametrelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-4s,
- Barat, J.M., Chiralt, A. and Fito, P.**, 2001. Effect of osmotic solution concentration, temperature and vacuum impregnation pretreatment on osmotic dehydration kinetics of apple slices., *Food Science and Technology International* 7(5):451 – 456pp.
- Barrera, C., Betoret, N., Betoret, E. and Fito, P.**, 2016, Calcium and temperature effect on structural damage of hot air dried apple slices: Nonlinear irreversible thermodynamic approach and rehydration analysis. *Journal of Food Engineering*, 189, 106-114pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Barrera, C., Betoret, N., and Fito, P.,** 2004, Ca²⁺ and Fe²⁺ influence on the osmotic dehydration kinetics of apple slices (var. Granny Smith). *Journal of Food Engineering*, 65:9-14pp.
- Bchir, B., Besbes, S., Karoui, R., Attia, H., Paquot, M. and Blecker, C.,** 2012, Effect of air-drying conditions on physico-chemical properties of osmotically pre-treated pomegranate seeds. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5):1840-1852pp.
- Bekele, Y. And Ramaswamy, H.,** 2010, Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings, *EJAST*,1(1): 1-15pp.
- Betoret, E., Betoret, N., Castagnini, J.M., Rocculi, P., Dalla Rosa, M. and Fito, P.,** 2015, Analysis by non-linear irreversible thermodynamics of compositional and structural changes occurred during air drying of vacuum impregnated apple (cv. Granny Smith): calcium and trehalose effects. *J. Food Eng.*, 147, 95-101pp.
- Bezerra, A., M., Santelli E., R., Oliveira, P., E., Villar, S., L. and Escalera, A., L.,** 2008, Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry, 76:965-977p.
- Castagnini, J.M., Betoret, N., Betoret, E. and Fito, P.,** 2015. Vacuum impregnation and air drying temperature effect on individual anthocyanins and antiradical capacity of blueberry juice included into an apple matrix. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2):1289-1296 pp.
- Cemeroğlu B.S.,**2013,Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 2.Cilt (Beşinci Baskı) Bizim Grup Basımevi,Ankara,481s.
- Cemeroğlu, B. S.,** 2013, Gıda Analizleri (3. Basım), Bizim Grup Basımevi,Ankara, 480 s.
- Chafer, M., Gonzalez-Martinez, C., Fernandez, B., Perez, L. And Chiralt, A.,** 2003. Effect of blanching and vacuum pulse application on osmotic dehydration of pear, *Food Science and Technology International*, 9: 321-328pp.
- Chafer, M., Gonzalez-Martinez, C., Fernandez, B., Perez, L., Chiralt, A.,** 2003, Effect of blanching and vacuum pulse application on osmotic dehydration of pear. *Food Science and Technology International* 9: 321-328.
- Chiralt, A., Fito, P., Andres, A., Barat, J.M., Martinez-Monzo, J. and Martinez-Navarrete, N.,** 1999. Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods. In: *Processing of Foods: Quality Optimization and Process Assessment*. Oliveira F.A.R., & Oliveira, J.C. (eds), Boca Raton: CRC press,341-356s.
- Comandini, P., Blanda, G., Mujica Paz, H., Valdez Fragoso, A. And Gallina Toschi, T.,** 2010, Impregnation techniques for aroma enrichment of apple sticks: A preliminary study. *Food and Bioprocess Technology, Springer-Verlag* 3(6): 861-866pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Contreras, C., Martí n, M.E., Martí nez-Navarrete, N. and Chiralt, A.,**2005. Effect of vacuum impregnation and microwave application on structural changes which occurred during air-drying of apple., *LWT*, 38:471–477pp.
- Corzo, O., Bracho, N., Rodríguez, J. And González, M.,** 2007. Predicting the moisture and salt contents of sardine sheets during vacuum pulse osmotic dehydration, *Journal of Food Engineering* ,80: 781-790pp.
- Çınar, İ.,** 2009, Ozmotik dehidrasyon mekanizması ve uygulamaları. *Gıda*, 34(5):325-329s
- Derossi, A., De Pilli, T. and Severini, C.,** 2012. The application of vacuum impregnation techniques in food industry. In *Scientific, health and social aspects of the food industry*. InTech, Croatia.
- Derossi, A., Pilli, T.D. and Severini, C.,** 2010, Reduction in the pH of vegetables by vacuum impregnation: A study on pepper., *Journal of Food Engineering* 99(1): 9 – 15pp.
- Derossi, A., Pilli, T.D., Severini, C.,** 2013, Application of pulsed vacuum acidification for the pH reduction of mushrooms. *LWT - Food Science and Technology*, 54(2): 585 – 591.
- Doymaz, I.,** 2006, The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *Journal Of Food Engineering*, 79:243–248pp.
- Ercişli, S.,** 2004, A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51:419-435pp.
- Eren, İ.,** 2004, Patateslerin Osmotik Dehidrasyonunun ‘Response Surface ‘ Metodu Kullanılarak Optimize Edilmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 120s.
- Eren, İ., Yıldız-Turp, G., Kaymak-Ertekin, F. Annd Serdaroğlu, M.,** 2008, The Effect of External Mass Transfer Resistance during Drying of Fermented Sausage, *Drying Technology*, 26:1543–1551 pp.
- Ergünel, S.,**2010 Eriğin (prunus domestica) osmotik dehidrasyon parametrelerinin ve kurumaya etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 29s.
- Eroğlu, E. ve Yıldız, H.,**2011, Gıdaların osmotik kurutulmasında uygulanan yeni tekniklerin enerji verimliliği bakımından değerlendirilmesi, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2):41-48pp.
- Ertekin, C. and Yaldiz, O.,**2004, Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63:349-359pp.
- Evgin, T.,** 2012, Ozmotik işleme kısmi kurutulmuş kavun dilimlerinin dondurulmasının deneysel ve kuramsal olarak incelenmesi, enerji verimliliğinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 7s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- FAO**, <http://www.fao.org/faostat/en/?fbclid=IwAR2D8IKoszKpHEMyTaoYxa8FyY46ONAjNtCxwqJvKRjLANBy4s-nvezjhAg#compare>, (Erişim Tarihi:04.02.2019)
- Fermin, W. J., and Corzo, O.** 2005, Optimization of vacuum pulse osmotic dehydration of cantaloupe using response surface methodology., *Journal of Food Processing and Preservation*, 29(1):20-32pp.
- Fernandes F.A.N., Gallao, M. I., Rodrigues, S.,** 2009. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. *Journal of Food Engineering*, 90:186–190pp.
- Ferreira, D., Da Silva, J. A. L., Pinto, G., Santos, C., Delgadillo, I., & Coimbra, M. A.** 2008. Effect of sun-drying on microstructure and texture of S. Bartolomeu pears (*Pyrus communis* L.). *European Food Research and Technology*, 226(6):1545-1552pp.
- Fito, P., Chiralt, A.,** 2000. An approach to the modeling of solid food-liquid operations: Application to osmotic dehydration. *Food engineering* 231-252pp.
- Fito, P.; Andrés, A., Chiralt, A. And Pardo, P.,** 1996, Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems. *J. Food Eng.*, 27:229–240pp.
- Giraldo, G., Talens, P., Fito, P. And Chiralt, A.,** 2003, Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering*, 58: 33-43pp.
- González-Martínez, C., Cháfer, M., Xue, K. And Chiralt, A.** 2006, Effect of the osmotic pre-treatment on the convective air drying kinetics of pear var. *Blanquilla. International Journal Of Food Properties*, 9(3):541-549pp.
- Goyal, R.K., Kingsly, A.R.P., Manikantan, M.R., and Ilyas, S.M.,** 2006, Thin-layer drying kinetics of raw mango slices. *Biosystems Engineering*, 95(1):43–49pp.
- Gras, M., Vidal, D., Betoret, N., Chiralt, A., Fito, P.,** 2003. Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation: Interactions with cellular matrix. *Journal of Food Engineering*, 56(2): 279 – 284pp.
- Guamis, B., Trujillo, A.J., Ferragut, V., Chiralt, A., Andres, A. And Fito, P.,** 1997. Ripening control of Manchego type cheese salted by brine vacuum impregnation., *International Dairy Journal*, 7(2-3):185–192pp.
- Hii, C. L., Law, C. L., and Cloke, W.,** 2009. Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa., *Journal of Food Engineering*, 90:191-198pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Hironaka, K., Kikuchi, M., Koaze, H., Sato, T., Kojima, M., Yamamoto, K., Yasuda, K., Mori, M. And Tsuda, S.,** 2011. Ascorbic acid enrichment of whole potato tuber by vacuum-impregnation., *Food Chemistry* 127(3): 1114-1118pp.
- Itai, A.,** 2007, Pear. Genome mapping and molecular breeding in plants. *Fruit and Nuts*, 4: 157-170pp.
- İspir, A.,**2006, Kayısının osmotik dehidrasyonu ve kurutmaya etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 17s.
- Jain, S. K., Verma, R. C., Murdia, L. K., Jain, H. K. and Sharma, G. P.,**2011, Optimization of process parameters for osmotic dehydration of papaya cubes. *Journal of food science and technology*, 48(2):211-217pp.
- Kaleta, A. and Górnicki, K.** 2010. Some remarks on evaluation of drying models of red beet particles. *Energ Convers Manage*,51: 2967–2978.
- Karacaoğlu, C., Gürsoy, O. ve Yılmaz, Y.,** 2016. Ultrasonikasyon destekli vakum impregnasyon (emdirme) tekniği ile muamele işleminin kivi dilimlerinin kuruma kinetiği üzerine etkisi, *Akademik Gıda*, 14(3): 256-266s.
- Karadeniz, F.,**1999, Armut suyunun kimyasal bileşimi üzerine araştırma. *Journal of Agriculture and Forestry*, 23:355–358s.
- Karataş, N.,**2014 Farklı Kurutma Yöntemlerinin Bazı Kayısı Çeşitlerinin Kimyasal Ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kavak-Akpınar, E., Bicer, Y. and Yıldız, C.,** 2002. Thin Layer Drying Of Red Pepper. *Journal Of Food Engineering*, 59: 99–104pp.
- Kaya, A., Aydın, O. and Kolaylı, S.,** 2016, Influence of osmotic dehydration on drying kinetics of carrot. *Isi Bilimi ve Tekniği Dergisi/Journal of Thermal Science & Technology*, 36(2),155-162pp.
- Kaymak-Ertekin, F.** 2002. Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. *Journal of Food Science*, 67(1):168-175pp.
- Khoyi, M., R. And Hesari J.,**2007, Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution, *Journal of Food Engineering*, 78 :1355–1360pp.
- Kıroğlu- Zorlugenç,F.,**2010, Osmotik dehidrasyon uygulamasının trabzon hurması meyvelerinin kuruma davranışı ve ürün kalitesi üzerine etkileri, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 10s.
- Kocayiğit,F.,** 2010, Bazı Sebzelerin Kurutma Karakteristiklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Koç, M.,** 2009, Pastörize Sıvı Yumurtanın Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Optimum Kurutma Koşullarının Belirlenmesi ve Mikroenkapsülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 229s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Koç, B.**, 2008 Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Yoğurt Tozu Üretim Koşullarının Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 24-29s.
- Koçak, E., Uysal, Ş., Turan, F., Ova, G. and Pazır, F.**, 2018, Examination Of Drying Kinetics For Red Grape Pomace, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 6(2):316 – 323pp.
- Kutlu, N., İşçi, A., ve Demirkol, Ö.Ş.**, 2015, Gıdalarda İnce Tabaka Kurutma Modelleri. *Gıda/The Journal Of Food*, 40(1):39-46s.
- Lazić, Z., R.**, 2004, Design of Experiments in Chemical Engineering, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 620p.
- Lee, J.S., and Lim, L. S.**, 2011, Osmo-dehydration pretreatment for drying of pumpkin slice. *International Food Research Journal* 18.4: 1223-1230pp.
- Lim, Y. Y., Lim, T. T., Tee, J. J.** 2007. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food chemistry*, 103(3):1003-1008pp.
- Lutovska, M., Mitrevski, V., Pavkov, I., Mijakovski, V. and Radojčin, M.**, 2016, Mathematical modelling of thin layer drying of pear. *Chem Ind Chem Eng Q*, 22(2), 191-199p.
- Mao, J., Zhang, L., Chen, F., Lai, S., Yang, B. And Yang, H.**, 2017. Effect of vacuum impregnation combined with calcium lactate on the firmness and polysaccharide morphology of kyoho grapes (*vitis vinifera x v. labrusca*), *Food and Bioprocess Technology* 10(4): 699 – 709pp.
- Maran, J.P., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K. And Sridhar, R.**, 2013. Artificial neural network and response surface methodology modeling in mass transfer parameters predictions during osmotic dehydration of Carica papaya L. *Alexandria Engineering Journal*, 52(3):507 – 516.
- Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü**, Armut Yetiştiriciliği, arastirma.tarimorman.gov.tr/marem/Belgeler/Yetiştiricilik%20Bilgileri/Armut%20Yetiştiriciliği.pdf , (Erişim Tarihi: 22.10.2018)
- Mitić, M.N., Obradović, M.V., Grahovac, Z.B., Pavlović, A.N.**, 2010, Antioxidant Capacities and Phenolic Levels of Different Varieties of Serbian White Wines. *Molecules*, 15:2016-2027.
- Mohapatra, D., and Rao, P.S.**, 2005. A thin layer drying model of parboiled wheat., *Journal of Food Engineering*, 66:513-518pp.
- Montgomery, D., C.**, 2013, Design and Analysis Of Experiments, John Wiley and Sons Inc., 8th ed., 697pp.
- Mrad, N. D., Boudhrioua, N., Kechaou, N., Courtois, F., & Bonazzi, C.** 2012. Influence of air drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears. *Food and Bioprocess Processing*, 90(3):433-441pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Mujica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., Lopez-Malo, A., Palou, E. And Welti-Chanes, J.,** 2003a. Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure., *Journal of Food Engineering*, 56(4): 307 – 314pp.
- Mujica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., Lopez-Malo, A., Palou, E. And Welti-Chanes, J.,** 2003b. Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration., *Journal of Food Engineering* 57(4): 305 – 314pp.
- Mulet, A.,**1994, Drying Modeling and Water Diffusivity in Carrots and Potatoes. *J. Food Eng.*,22,329–348pp.
- Myers, H., R., Montgomery, C., D., Anderson – Cook, M., C.,** 2009, Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Desingned Experiments , John Wiley and Sons Inc. Publication, New Jersey, 677p.
- Nasıroğlu, Ş.,** 2007, Kırmızı biber, elma ve pırasanın kurutulmasında infrared kurutma tekniğinin kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 53 s.
- Neri, L., DiBiase, L., Sacchetti, G., DiMattia, C., Santarelli, V., Mastrocola, D. and Pittia, P.,** 2016. Use of vacuum impregnation for the production of high quality fresh-like apple products., *Journal of Food Engineering*, 179: 98 – 108pp.
- Nguyen, M.-H. and Price, W. E.,** 2007, Air-drying of banana: Influence of experimental parameters, slab thickness, banana maturity and harvesting season, *Journal of Food Engineering*, 79(1):200-207 pp.
- Nuñez-Mancilla, Y., Pérez-Won, M., Uribe, E., Vega-Gálvez, A. And Di Scala, K.** 2013, Osmotic dehydration under high hydrostatic pressure: effects on antioxidant activity, total phenolics compounds, vitamin C and colour of strawberry (*Fragaria vesca*)., *LWT-Food Science and Technology*, 52(2):151-156pp.
- Ozturk, I., Ercisli, S., Kalkan, F. and Demir, B.** 2009, Some chemical and physico-mechanical properties of pear cultivars. *African journal of Biotechnology*, 8(4):687-693pp
- Özaydın, A.G., Özçelik, S.,** 2014, Ankara armudunun bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine fırında kurutma işleminin etkisi, *Akademik Gıda*, 12(4):17-26s.
- Özaydın, A.G.,** 2013, Farklı kurutma koşullarının bazı önemli armut çeşitlerinin aroma, fenolik madde ve diğer kalite bileşenleri üzerine etkilerinin araştırılması, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 17s.
- Özdemir, M., and Devres, Y.O.,** 1999. The thin layer characteristics of hazelnuts during roasting., *Journal of Food Engineering*, 42:225-233pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Özdikicierler, O.**, 2010, Çöven Ekstraktı Tozu Eldesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 77s.
- Özdikicierler, O., Yemişçiöglu, F., and Gümüşkesen, A. S.**, 2016. Effects of process parameters on 3-MCPD and glycidyl ester formation during steam distillation of olive oil and olive pomace oil. *European Food Research and Technology*, 242(5):805-813.
- Özoğlu, H., and Bayındırlı, A.**, 2002. Inhibition of Enzymic Browning in Cloudy Apple Juice with Selected Antibrowning Agents, *Food Control*, 13 (4-5):213-217.
- Öztürk A.**, 'Vakum İmpregnasyon Tekniğinin Meyve Ve Sebze Ürünlerinde Kullanımı', www.gidadernegi.org/TR/Genel/dg.ashx?DIL=1&BELGEANA_H=5740...pdf (Erişim tarihi:29.05.2018)
- Paes S.,S., Stringari, G.,B., Laurindo, J.,B.,**2008, Effect of Vacuum Impregnation Temperature on the Mechanical Properties and Osmotic Dehydration Parameters of Apples, *Brazilian Archives Of Biology And Technology*, 51 (4):799-806pp.
- Panarese, V., Dejmek, P., Rocculi, P. And Galindo, F.G.**, 2013. Microscopic studies providing insight into the mechanisms of mass transfer in vacuum impregnation., *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 18: 169 – 176pp.
- Park, K. J., Bin, A., Brod, F. P. R. and Park, T. H. K. B.**,2002, Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis* L.), *Journal of Food Engineering*, 52(3):293-298pp.
- Pazır, F., Dirim, S.N., ve Özdikicierler, O.**, 2011 Tahin Helvası ve Lokum Üretimlerinde Kullanılmak Üzere Çöven Ekstraktı Tozu Eldesi, TÜBİTAK, TOVAG, Türkiye, Project no:109O092
- Perez-Cabrera L., Chafer, M., Chiralt, A. And Gonzalez-Martinez, C.**, 2011, Effectiveness of antibrowning agents applied by vacuum impregnation on minimally processed pear., *Food Science and Technology*, 44:2273-2280pp.
- Ramírez, C. , Troncoso, E. , Muñoz, J. and Aguilera, J.M.**, 2011., Microstructure analysis on pre-treated apple slices and its effect on water release during air drying, *Journal of Food Engineering*, 106:253-261pp.
- Ruiz Celma, A., Rojas, S. and Lopez-Rodríguez, F.**, 2008, Mathematical modelling of thin-layer infrared drying of wet olive husk, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47(9-10):1810-1818 pp.
- Saeva, J.**, 2007. Kayısı kurutmasının deneysel ve teorik olarak araştırılması. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 96s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Salvatori, D., Andrés, A., Chiralt, A. And Fito, P.,** 1999, Osmotic dehydration progression in apple tissue I: Spatial distribution of solutes and moisture content. *J. Food Eng.*, 42:125–132.
- Santos, S. C., Guiné, R. P. and Barros, A.,** 2014, Effect of drying temperatures on the phenolic composition and antioxidant activity of pears of Rocha variety (*Pyrus communis* L.). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 8(2):105-112pp.
- Sharif, I., Adewale, P., Dalli, S. S., and Rakshit, S.,**2018, Microwave pretreatment and optimization of osmotic dehydration of wild blueberries using response surface methodology. *Food chemistry*, 269:300-310pp.
- Simal, S., Femenia, A., Garau, M.C., Rossello, C.,** 2005 Use of exponential, Page's and diffusional models to simulate the drying kinetics of kiwi fruit, *Journal of Food Engineering* 66, 323–328pp
- Srikiatden, J.,**2007, Moisture Transfer In Solid Food Materials: A Review Of Mechanisms, Models, And Measurements, *International Journal of Food Properties*, 10:739–777pp.
- Srikiatden and Roberts,2007, Moisture Transfer In Solid Food Materials:A Review Of Mechanisms, Models, And Measurements, *International Journal of Food Properties*, 10: 739–777 pp.
- Şahin, U. and Öztürk H.,K.,**2016, Experimental investigation of drying kinetics of pretreated and non-pretreated figs (*Ficus Carica* L.), *Mugla Journal of Science and Technology*, 2(1):20-26 pp.
- Şen, F., Ünal, A ve Arda E.,** 2009, Bursa yöresinde yetiştirilen 'Deveci' armut çeşidinin yöresel olgunluk standartlarının ve depolama durumlarının saptanması üzerinde bir araştırma, *Anadolu*, 9(2):33-48s.
- Tham, H.J., Chen, X.D., Young, B.R., Duffy, G.G.,** 2009, Ohmic heating of dairy fluids – effects of local electric field on temperature distribution. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering* 4: 751–758 pp.
- Toğrul, I. T., and Pehlivan, D.,** 2004. Modelling of Thin Layer Drying Kinetics of Some Fruits Under Open-Air Sun Drying Process. *Journal of Food Engineering*, 65:413–425pp.
- Topdaş, E.F,** 2012, Elmaların ultrases yardımlı ozmotik kurutulması., Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,8s.
- Tülek, Y. , ve Demiray, E. ,** 2014, Sıcak hava kurutma yönteminde farklı sıcaklık ve ön işlemlerin trabzon hurmasının renk ve kuruma karakteristiklerine etkisi, *Tarım Bilimleri Dergisi*,20,27-37s.
- Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı,** <http://www.turkomp.gov.tr/food-armut-kislik-deveci-cesidi-357>., (Erişim tarihi:15.05.2018)
- Us F.** (2006). Ozmotik Kurutma, Türkiye 9. Gıda Kongresi:24-26 Mayıs, Bolu.

KAYNAKLAR DİZİNİ (DEVAM)

- Uysal,Ş.,Turan,F.,Koçak,E.,Ova,G. and Pazır,F.,**2017, Inspection of the Drying Kinetics for Spaghetti Squash (*Cucurbita Pepo L.*),*Polish Journal of Food Engineering*,3(4):31-37pp.
- Uysal-Seçkin, G., Taşeri, L.,** 2015,Yarı-Kurutulmuş Meyve Ve Sebzeler, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 21(9):414-420s.
- Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P. And Di Scala, K.,**2012, Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. *Food Chemistry*, 132(1): 51-59pp.
- Vieira, G. S., Pereira, L. M. and Hubinger, M. D.,** 2012, Optimisation of osmotic dehydration process of guavas by response surface methodology and desirability function., *International journal of food science & technology*, 47(1): 132-140pp.
- Xie, J. and Zhao, Y,** 2003. Nutritional enrichment of fresh apple (Royal Gala) by vacuum impregnation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 54(5):387 – 398pp.
- Yılmaz F.,M. And Ersus Bilek,S.,** 2017, Vakumlu emdirim (impregnasyon) teknolojisinin fonksiyonel meyve ve sebze ürünlerinin geliştirilmesinde kullanımı, *Akademik Gıda*,15(2):163-171s.
- Yılmaz,F.M.,** 2017,Vakumlu emdirim tekniğinin tüketime hazır taze elmanın doğal renk maddesi ve bazı katkı maddeleri ile zenginleştirilmesi amacıyla kullanılması, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,17s.
- Yuan, Y., Tan, L., Xu, Y., Dong, J., Zhao, Y. and Yuan, Y.,** 2018, Optimization of processing parameters for lettuce vacuum osmotic dehydration using response surface methodology. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 68(1):15-23pp.
- Zhao, Y. And Xie, J.,** 2004, Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing., *Trends in Food Science & Technology*,15(9):434-451 pp.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca gerekli bütün çalışma ortamını sağlayan, bana her türlü konuda destek olan, bilgisi ve deneyimleriyle her daim yol gösteren, saygıdeğer danışman hocam Sayın **Prof. Dr. Fikret PAZIR'a**, desteklerini tezimin her aşamasında esirgemeyen ikinci danışmanın gibi olan saygıdeğer hocam Sayın **Prof. Dr. Gülden Ova'ya**

Tezimin her aşamasında yanımda olan, uzun çalışma saatleri boyunca bana yardım eden ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli yüksek lisans ve ev arkadaşım **Yüksek Gıda Mühendisi Funda TURAN'a**

Tezimin ve hayatımın her aşamasında desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım **Hakan Dönmez, Merve Betül Adalı'ya**

Tezimde hammadde olarak kullandığım armutların temininide ve laboratuvara taşınmasında desteklerini esirgemeyen değerli abim **Onur UYSAL'a**

Hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman ne olursa olsun yanımda duran, sevgi ve desteklerini benden esirgemeyen sevgili annem **Esmâ UYSAL'a** ve babam **İbrahim UYSAL'a**

Sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

03 / 09 / 2019

Şeyma UYSAL

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Şeyma Uysal
Doğum Tarihi : 11.08.1992
Doğum Yeri : Türkiye - Bayburt

EĞİTİM BİLGİLERİ

Üniversite (Yüksek Lisans) -Ege Üniversitesi - (Örgün Öğretim)- 09.2016- ...
 Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilimdalı Meyve Sebze Teknolojileri

Üniversite (Lisans) -Ege Üniversitesi - (Örgün Öğretim)- 08.2010-07.2015
 Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü

Lise (Sayısal)- Muğla Gazi Anadolu Lisesi-09.2006-06.2010

İŞ DENEYİMLERİ

1. Gıda Mühendisi-Akmar Gıda ve Tarım Ür. San. Tic. A.Ş. 07.2015-08.2016
 (1 yıl, 2 ay) İzmir - Türkiye -Tam Zamanlı

2. Stajyer Mühendis- Özüt Stp Gıda San. Ve Tic. A.Ş.. 07.2014-08.2014 (1 ay)
 İzmir - Türkiye Stajyer

PROJELER/YAYINLAR

- ❖ **Proje: Vakumlu Emdirim İşleminin Armudun Kalite Özellikleri Ve Kuruma Davranışı Üzerine Etkisinin İncelenmesi- BAP(yüksek lisans tezi destekleme)- 03.2018-....**
- ❖ **Lisans Tezi: Model Sistem Et Emülsiyonlarında Erik Püresi Kullanımının Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi 09.2014-06.2015**
- ❖ **Yayın: Inspection of The Drying Kinetics For Spaghetti Squash (*Cucurbita Pepo L.*)- Polish Journal of Food Engineerin (IPS)-2017**
- ❖ **Yayın: Examination Of Drying Kinetics For Red Grape Pomace- Journal Of Engineering Sciences And Design Suleyman Demirel University -2018**
- ❖ **NUTRICON 2018, Food Quality and Safety, Health and Nutrition, Ohrid, Macedonia, from 13 - 15 June 2018. Effect of Vacuum Impregnation on Air-Dried Food Quality, Poster Presentation.**
- ❖ **10.GIDA MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ- Portakal Suyunda Isıl İşleme Yeni Alternatif: Ultra Ses Uygulaması 9-11 Kasım 2017**

EKLER

Ek 1.Vakum emdirilme işlemleri uygulanmadan farklı sıcaklıklarda kurutulmuş örnekler için ANOVA istatistiksel analiz sonuçları

Ek 2: Vakum Emdirilme İşlemi Uygulanmadan Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Örnekler İçin Çoklu Karşılaştırma Sonuçları

Ek 3.Vakum emdirilme işlemleri uygulanmış farklı sıcaklıklarda kurutulmuş örnekler için ANOVA istatistiksel analiz sonuçları

Ek 4: Vakum Emdirilme İşlemi Uygulanmadan Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Örnekler İçin Çoklu Karşılaştırma Sonuçları

Ek 5. Vakumlu emdirim işlemi yapılmış kurutulmuş örneklerin ve vakumlu emdirim işlemi yapılmayarak kurutulmuş örneklerin Tek örnek t-testi sonuçları (55 °C’de kurutulmuş)

Ek 6. Vakumlu emdirim işlemi yapılmış kurutulmuş örneklerin ve vakumlu emdirim işlemi yapılmayarak kurutulmuş örneklerin Tek örnek t-testi sonuçları (65 °C’de kurutulmuş)

Ek 7. Vakumlu emdirim işlemi yapılmış kurutulmuş örneklerin ve vakumlu emdirim işlemi yapılmayarak kurutulmuş örneklerin Tek örnek t-testi sonuçları (75 °C’de kurutulmuş)

Ek. 8. Kontrol Grubu Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçlarının tek yönlü ANOVA sonuçları

Ek 9.Vakum Emdirilmiş Örneklerin Duyusal Analiz Sonuçlarının Tek Yönlü ANOVA Sonuçları

Ek.10 Kontrol Grubu Ve Vakumlu emdirim İşlemi Uygulanarak Kurutulmuş Örnekler İçin Tek Yönlü ANOVA Sonuçları

Ek 11. Toplam Fenolik tayini için gallik asit kalibrasyon eğrisi

Ek 12. Puanlama Testi İçin Kullanılan Duyusal Analiz Formu

Ek 1.Vakum emdirilme işlemi uygulanmadan farklı sıcaklıklarda kurutulmuş örneklerle ait ANOVA istatistiksel analiz sonuçları

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Nem	Between Groups	1,061	2	,530	1,274	,346
	Within Groups	2,498	6	,416		
	Total	3,559	8			
L*	Between Groups	15,862	2	7,931	5,803	,040
	Within Groups	8,201	6	1,367		
	Total	24,063	8			
a*	Between Groups	3,774	2	1,887	7,252	,025
	Within Groups	1,561	6	,260		
	Total	5,335	8			
b*	Between Groups	84,545	2	42,273	22,247	,002
	Within Groups	11,401	6	1,900		
	Total	95,946	8			
aw	Between Groups	,000	2	,000	,500	,630
	Within Groups	,000	6	,000		
	Total	,000	8			
Suda Çözünür Kurumadde	Between Groups	6,125	2	3,063	,346	,721
	Within Groups	53,125	6	8,854		
	Total	59,250	8			
pH	Between Groups	,065	2	,032	8,943	,016
	Within Groups	,022	6	,004		
	Total	,086	8			
Titrasyon Asitliği	Between Groups	1,632	2	,816	10,788	,010
	Within Groups	,454	6	,076		
	Total	2,086	8			
Toplam Fenolik Madde	Between Groups	106133,557	2	53066,778	66,465	,000
	Within Groups	4790,480	6	798,413		
	Total	110924,036	8			
antioksidan	Between Groups	2175,288	2	1087,644	8,709	,017
	Within Groups	749,342	6	124,890		
	Total	2924,630	8			
Sertlik	Between Groups	,024	2	,012	400,847	,000
	Within Groups	,000	6	,000		
	Total	,024	8			
Yapışkanlık	Between Groups	,001	2	,000	42,617	,000
	Within Groups	,000	6	,000		
	Total	,001	8			

Ek 2: Vakum Emdirilme İşlemi Uygulanmadan Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Örneklerle Ait Çoklu Karşılaştırma Sonuçları

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) V1	(J) V1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Nem	55	65	,8393057	,5268278	,319	-,777147	2,455758
		75	,3739531	,5268278	,767	-1,242499	1,990406
	65	55	-,8393057	,5268278	,319	-2,455758	,777147
		75	-,4653527	,5268278	,669	-2,081805	1,151100
	75	55	-,3739531	,5268278	,767	-1,990406	1,242499
		65	,4653527	,5268278	,669	-1,151100	2,081805
L*	55	65	-2,1483333	,9545654	,140	-5,077202	,780535
		75	1,0400000	,9545654	,554	-1,888869	3,968869
	65	55	2,1483333	,9545654	,140	-,780535	5,077202
		75	3,1883333*	,9545654	,036	,259465	6,117202
	75	55	-1,0400000	,9545654	,554	-3,968869	1,888869
		65	-3,1883333*	,9545654	,036	-6,117202	-,259465
a*	55	65	1,4200000*	,4165066	,033	,142043	2,697957
		75	,0885000	,4165066	,976	-1,189457	1,366457
	65	55	-1,4200000*	,4165066	,033	-2,697957	-,142043
		75	-1,3315000*	,4165066	,043	-2,609457	-,053543
	75	55	-,0885000	,4165066	,976	-1,366457	1,189457
		65	1,3315000*	,4165066	,043	,053543	2,609457
b*	55	65	7,3950000*	1,1255016	,001	3,941652	10,848348
		75	2,5758333	1,1255016	,134	-,877515	6,029181
	65	55	-7,3950000*	1,1255016	,001	-10,848348	-3,941652
		75	-4,8191667*	1,1255016	,012	-8,272515	-1,365819
	75	55	-2,5758333	1,1255016	,134	-6,029181	,877515
		65	4,8191667*	1,1255016	,012	1,365819	8,272515
aw	55	65	,0056667	,0029187	,208	-,003289	,014622
		75	,0006667	,0029187	,972	-,008289	,009622
	65	55	-,0056667	,0029187	,208	-,014622	,003289
		75	-,0050000	,0029187	,276	-,013955	,003955
	75	55	-,0006667	,0029187	,972	-,009622	,008289
		65	,0050000	,0029187	,276	-,003955	,013955
sçkm	55	65	-,75000	2,42956	,949	-8,2046	6,7046
		75	-2,00000	2,42956	,704	-9,4546	5,4546
	65	55	,75000	2,42956	,949	-6,7046	8,2046

		75	-1,25000	2,42956	,867	-8,7046	6,2046
	75	55	2,00000	2,42956	,704	-5,4546	9,4546
		65	1,25000	2,42956	,867	-6,2046	8,7046
pH	55	65	,0733333	,0491219	,358	-,077386	,224053
		75	-,1316667	,0491219	,081	-,282386	,019053
	65	55	-,0733333	,0491219	,358	-,224053	,077386
		75	-,2050000*	,0491219	,014	-,355720	-,054280
	75	55	,1316667	,0491219	,081	-,019053	,282386
		65	,2050000*	,0491219	,014	,054280	,355720
TA	55	65	,7543125*	,2245854	,035	,065223	1,443402
		75	-,2469125	,2245854	,549	-,936002	,442177
	65	55	-,7543125*	,2245854	,035	-1,443402	-,065223
		75	-1,0012250*	,2245854	,010	-1,690315	-,312135
	75	55	,2469125	,2245854	,549	-,442177	,936002
		65	1,0012250*	,2245854	,010	,312135	1,690315
fenolik	55	65	212,4759017*	24,0409072	,000	138,711796	286,240007
		75	248,8453502*	24,0409072	,000	175,081245	322,609455
	65	55	-212,4759017*	24,0409072	,000	-286,240007	-138,711796
		75	36,3694485	24,0409072	,350	-37,394657	110,133554
	75	55	-248,8453502*	24,0409072	,000	-322,609455	-175,081245
		65	-36,3694485	24,0409072	,350	-110,133554	37,394657
antioksidan	55	65	-31,4450000	9,1247055	,032	-59,442102	-3,447898
		75	-34,3250000	9,1247055	,022	-62,322102	-6,327898
	65	55	31,4450000	9,1247055	,032	3,447898	59,442102
		75	-2,8800000	9,1247055	,947	-30,877102	25,117102
	75	55	34,3250000	9,1247055	,022	6,327898	62,322102
		65	2,8800000	9,1247055	,947	-25,117102	30,877102
sertlik	55	65	-,0486333*	,0044716	,000	-,062353	-,034913
		75	-,0745333*	,0044716	,000	-,088253	-,060813
	65	55	,0486333*	,0044716	,000	,034913	,062353
		75	-,0259000*	,0044716	,003	-,039620	-,012180
	75	55	,0745333*	,0044716	,000	,060813	,088253
		65	,0259000*	,0044716	,003	,012180	,039620
Yapışkanlık	55	65	-,0066000	,0023581	,070	-,013835	,000635
		75	-,0212667*	,0023581	,000	-,028502	-,014031
	65	55	,0066000	,0023581	,070	-,000635	,013835
		75	-,0146667*	,0023581	,002	-,021902	-,007431
	75	55	,0212667*	,0023581	,000	,014031	,028502
		65	,0146667*	,0023581	,002	,007431	,021902

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Ek 3.Vakumlu emdirim işlemleri uygulanmış farklı sıcaklıklarda kurutulmuş örneklerle ait ANOVA istatistiksel analiz sonuçları

		ANOVA				
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
L*	Between Groups	31,529	2	15,765	16,508	,004
	Within Groups	5,730	6	,955		
	Total	37,259	8			
a*	Between Groups	,858	2	,429	7,882	,021
	Within Groups	,326	6	,054		
	Total	1,184	8			
b*	Between Groups	7,628	2	3,814	38,835	,000
	Within Groups	,589	6	,098		
	Total	8,217	8			
aw	Between Groups	,000	2	,000	2,252	,186
	Within Groups	,000	6	,000		
	Total	,000	8			
sçkm	Between Groups	23,625	2	11,813	2,140	,199
	Within Groups	33,125	6	5,521		
	Total	56,750	8			
pH	Between Groups	,055	2	,028	47,870	,000
	Within Groups	,003	6	,001		
	Total	,059	8			
TA	Between Groups	1,699	2	,850	.	.
	Within Groups	,000	6	,000		
	Total	1,699	8			
fenolik	Between Groups	45261,803	2	22630,901	4,978	,053
	Within Groups	27278,313	6	4546,385		
	Total	72540,115	8			
antioksidan	Between Groups	1807,221	2	903,611	36,392	,000
	Within Groups	148,980	6	24,830		
	Total	1956,201	8			
sertlik	Between Groups	,027	2	,014	24,248	,001
	Within Groups	,003	6	,001		
	Total	,031	8			
yapışkanlık	Between Groups	,001	2	,000	146,906	,000
	Within Groups	,000	6	,000		
	Total	,001	8			
Nem	Between Groups	,794	2	,397	,337	,727
	Within Groups	7,078	6	1,180		
	Total	7,872	8			

EK 4: Vakumlu emdirim İşlemi Uygulanmadan Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Örneklerle Ait Çoklu Karşılaştırma Sonuçları

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) V1	(J) V1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
L*	55	65	1,6190000	,7979111	,186	-,829210	4,067210
		75	4,5241667*	,7979111	,003	2,075956	6,972377
	65	55	-1,6190000	,7979111	,186	-4,067210	,829210
		75	2,9051667*	,7979111	,025	,456956	5,353377
	75	55	-4,5241667*	,7979111	,003	-6,972377	-2,075956
		65	-2,9051667*	,7979111	,025	-5,353377	-,456956
a*	55	65	-,2766667	,1904661	,375	-,861069	,307736
		75	-,7478333*	,1904661	,018	-1,332236	-,163431
	65	55	,2766667	,1904661	,375	-,307736	,861069
		75	-,4711667	,1904661	,106	-1,055569	,113236
	75	55	,7478333*	,1904661	,018	,163431	1,332236
		65	,4711667	,1904661	,106	-,113236	1,055569
b*	55	65	1,9475000*	,2558769	,001	1,162399	2,732601
		75	-,0108333	,2558769	,999	-,795934	,774267
	65	55	-1,9475000*	,2558769	,001	-2,732601	-1,162399
		75	-1,9583333*	,2558769	,001	-2,743434	-1,173233
	75	55	,0108333	,2558769	,999	-,774267	,795934
		65	1,9583333*	,2558769	,001	1,173233	2,743434
aw	55	65	,0015000	,0018409	,708	-,004148	,007148
		75	-,0115000*	,0018409	,002	-,017148	-,005852
	65	55	-,0015000	,0018409	,708	-,007148	,004148
		75	-,0130000*	,0018409	,001	-,018648	-,007352
	75	55	,0115000*	,0018409	,002	,005852	,017148
		65	,0130000*	,0018409	,001	,007352	,018648
sçkm	55	65	-3,75000	1,91848	,204	-9,6364	2,1364
		75	-3,00000	1,91848	,330	-8,8864	2,8864
	65	55	3,75000	1,91848	,204	-2,1364	9,6364
		75	,75000	1,91848	,920	-5,1364	6,6364
	75	55	3,00000	1,91848	,330	-2,8864	8,8864
		65	-,75000	1,91848	,920	-6,6364	5,1364
pH	55	65	,1550000*	,0195789	,001	,094927	,215073
		75	-,0200000	,0195789	,591	-,080073	,040073
	65	55	-,1550000*	,0195789	,001	-,215073	-,094927

		75	-,1750000*	,0195789	,000	-,235073	-,114927
	75	55	,0200000	,0195789	,591	-,040073	,080073
		65	,1750000*	,0195789	,000	,114927	,235073
fenolik	55	65	126,6230366	55,0538247	,132	-42,297216	295,543289
		75	166,2962568	55,0538247	,053	-2,623996	335,216509
	65	55	-126,6230366	55,0538247	,132	-295,543289	42,297216
		75	39,6732202	55,0538247	,761	-129,247032	208,593473
	75	55	-166,2962568	55,0538247	,053	-335,216509	2,623996
		65	-39,6732202	55,0538247	,761	208,593473	129,247032
sertlik	55	65	,1266333*	,0194087	,002	,067082	,186184
		75	,1042333*	,0194087	,004	,044682	,163784
	65	55	-,1266333*	,0194087	,002	-,186184	-,067082
		75	-,0224000	,0194087	,519	-,081951	,037151
	75	55	-,1042333*	,0194087	,004	-,163784	-,044682
		65	,0224000	,0194087	,519	-,037151	,081951
yapışkanlık	55	65	-,0185667*	,0012386	,000	-,022367	-,014766
		75	-,0003667	,0012386	,953	-,004167	,003434
	65	55	,0185667*	,0012386	,000	,014766	,022367
		75	,0182000*	,0012386	,000	,014400	,022000
	75	55	,0003667	,0012386	,953	-,003434	,004167
		65	-,0182000*	,0012386	,000	-,022000	-,014400
Nem	55	65	-,1109535	,8867928	,991	-2,831878	2,609970
		75	,5673532	,8867928	,805	-2,153571	3,288277
	65	55	,1109535	,8867928	,991	-2,609970	2,831878
		75	,6783068	,8867928	,736	-2,042617	3,399231
	75	55	-,5673532	,8867928	,805	-3,288277	2,153571
		65	-,6783068	,8867928	,736	-3,399231	2,042617

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Ek 5. Vakumlu emdirim işlemi yapılmış kurutulmuş örneklerin ve vakumlu emdirim işlemi yapılmayarak kurutulmuş örneklerin Tek örnek t-testi sonuçları (55 °C’de kurutulmuş)

One-Sample Test

Test Value = 0.615						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
aw	-,990	3	,395	-,1520000	-,640516	,336516

One-Sample Test

Test Value = 4.8						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
pH	,866	2	,478	,0100000	-,039683	,059683

One-Sample Test

Test Value = 54.5						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Sçkm	4,330	2	,049	10,0000	,063	19,937

One-Sample Test

Test Value = 48.05						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
L*	-1,430	2	,289	-,8825000	-3,538457	1,773457

One-Sample Test

	Test Value = 3.7075					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
a*	-11,039	2	,008	-1,9758333	-2,745916	-1,205751

One-Sample Test

	Test Value = 19.40					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
b*	-35,722	2	,001	-6,5825000	-7,375354	-5,789646

One-Sample Test

	Test Value = 1061.73					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Fenolik	-,186	2	,870	-12,0964957	-292,583326	268,390335

One-Sample Test

	Test Value = 0.40					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Sertlik	-2,172	2	,162	-,0376760	-,112319	,036967

One-Sample Test

	Test Value = -0.0320					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Yapışkanlık	-21,979	2	,002	-,0307692	-,036793	-,024746

One-Sample Test

	Test Value = 70.05					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
antioksidan	17,374	2	,003	18,0050000	13,545973	22,464027

Ek 6. Vakumlu emdirim işlemi yapılmış kurutulmuş örneklerin ve vakumlu emdirim işlemi yapılmayarak kurutulmuş örneklerin Tek örnek t-testi sonuçları (65 °C’de kurutulmuş)

One-Sample Test

	Test Value = 0.609					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
aw	-,967	3	,405	-,1480000	-,634921	,338921

One-Sample Test

	Test Value = 4.81					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
pH	-7,671	2	,017	-,1550000	-,241945	-,068055

One-Sample Test

	Test Value = 55.25					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
sçkm	30,022	2	,001	13,00000	11,1369	14,8631

One-Sample Test

	Test Value = 49.83					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
L*	-5,949	2	,027	-4,2815000	-7,377978	-1,185022

One-Sample Test

	Test Value = 2.28					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
a*	-1,857	2	,204	-,2716667	-,900982	,357648

One-Sample Test

	Test Value = 12.01					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
b*	-5,562	2	,031	-1,1400000	-2,021869	-,258131

One-Sample Test

	Test Value = 845.92					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
fenolik	4,491	2	,046	77,0904677	3,227251	150,953685

One-Sample Test

	Test Value = 0.35					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
sertlik	-8,140	2	,015	-,1142891	-,174701	-,053877

One-Sample Test

	Test Value = -0.107					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
yapışkanlık	349,964	2	,000	,0628120	,062040	,063584

One-Sample Test

	Test Value = 101.25					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
antioksidan	-9,270	2	,011	-39,39000	-57,6733	-21,1067

Ek 7. Vakumlu emdirim işlemi yapılmış kurutulmuş örneklerin ve vakumlu emdirim işlemi yapılmayarak kurutulmuş örneklerin Tek örnek t-testi sonuçları (75 °C’de kurutulmuş)

One-Sample Test

	Test Value = 0.595					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
aw	-,934	3	,419	-,1410000	-,621551	,339551

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
sçkm	3	67,500	,0000 ^a	,0000

a. t cannot be computed because the standard deviation is 0.

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
TA	3	2,816100	0E-7 ^a	0E-7

a. t cannot be computed because the standard deviation is 0.

One-Sample Test

	Test Value = 5.0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
pH	-29,445	2	,001	-,17000	-,1948	-,1452

One-Sample Test

	Test Value = 46.64					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
L*	-16,884	2	,003	-3,9966667	-5,015163	-2,978170

One-Sample Test

	Test Value = 3.61					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
a*	-35,928	2	,001	-1,1305000	-1,265886	-,995114

One-Sample Test

	Test Value = 16.82					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
b*	-26,763	2	,001	-3,9916667	-4,633402	-3,349931

One-Sample Test

	Test Value = 812.88					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
fenolik	49,321	2	,000	70,4572475	64,310661	76,603834

One-Sample Test

	Test Value = 0.476					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
sertlik	-26,575	2	,001	-,2179064	-,253187	-,182626

One-Sample Test

	Test Value = 0.025					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
yapışkanlık	-172,115	2	,000	-,0873784	-,089563	-,085194

One-Sample Test

	Test Value = 104.33					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
antioksidan	-20,565	2	,002	-49,0950000	-59,366909	-38,823091

Ek. 8. Kontrol Grubu Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçlarının tek yönlü ANOVA sonuçları

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Görünüş	Between Groups	4,788	2	2,394	4,158	,025
	Within Groups	17,273	30	,576		
	Total	22,061	32			
doku	Between Groups	1,879	2	,939	,779	,468
	Within Groups	36,182	30	1,206		
	Total	38,061	32			
Lezzet	Between Groups	,061	2	,030	,031	,969
	Within Groups	28,909	30	,964		
	Total	28,970	32			

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) V1	(J) V1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Görüntüş	55	65	-,273	,324	,680	-1,07	,52
		75	-,909*	,324	,023	-1,71	-,11
	65	55	,273	,324	,680	-,52	1,07
		75	-,636	,324	,138	-1,43	,16
	75	55	,909*	,324	,023	,11	1,71
		65	,636	,324	,138	-,16	1,43
Doku	55	65	-,545	,468	,483	-1,70	,61
		75	-,455	,468	,601	-1,61	,70
	65	55	,545	,468	,483	-,61	1,70
		75	,091	,468	,979	-1,06	1,25
	75	55	,455	,468	,601	-,70	1,61
		65	-,091	,468	,979	-1,25	1,06
Lezzet	55	65	,000	,419	1,000	-1,03	1,03
		75	,091	,419	,974	-,94	1,12
	65	55	,000	,419	1,000	-1,03	1,03
		75	,091	,419	,974	-,94	1,12
	75	55	-,091	,419	,974	-1,12	,94
		65	-,091	,419	,974	-1,12	,94

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Ek 9.Vakum Emdirilmiş Örneklerin Duyusal Analiz Sonuçlarının Tek Yönlü ANOVA Sonuçları

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Görüntüş	Between Groups	1,152	2	,576	,848	,438
	Within Groups	20,364	30	,679		
	Total	21,515	32			
doku	Between Groups	3,697	2	1,848	3,910	,031
	Within Groups	14,182	30	,473		
	Total	17,879	32			
Lezzet	Between Groups	1,152	2	,576	,444	,646
	Within Groups	38,909	30	1,297		
	Total	40,061	32			

Multiple Comparisons

Tukey HSD

Dependent Variable	(I) V1	(J) V1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Görünüş	55	65	-,455	,351	,410	-1,32	,41
		75	-,273	,351	,720	-1,14	,59
	65	55	,455	,351	,410	-,41	1,32
		75	,182	,351	,863	-,68	1,05
	75	55	,273	,351	,720	-,59	1,14
		65	-,182	,351	,863	-1,05	,68
doku	55	65	-,455	,293	,282	-1,18	,27
		75	,364	,293	,439	-,36	1,09
	65	55	,455	,293	,282	-,27	1,18
		75	,818*	,293	,024	,10	1,54
	75	55	-,364	,293	,439	-1,09	,36
		65	-,818*	,293	,024	-1,54	-,10
Lezzet	55	65	-,273	,486	,841	-1,47	,92
		75	,182	,486	,926	-1,02	1,38
	65	55	,273	,486	,841	-,92	1,47
		75	,455	,486	,622	-,74	1,65
	75	55	-,182	,486	,926	-1,38	1,02
		65	-,455	,486	,622	-1,65	,74

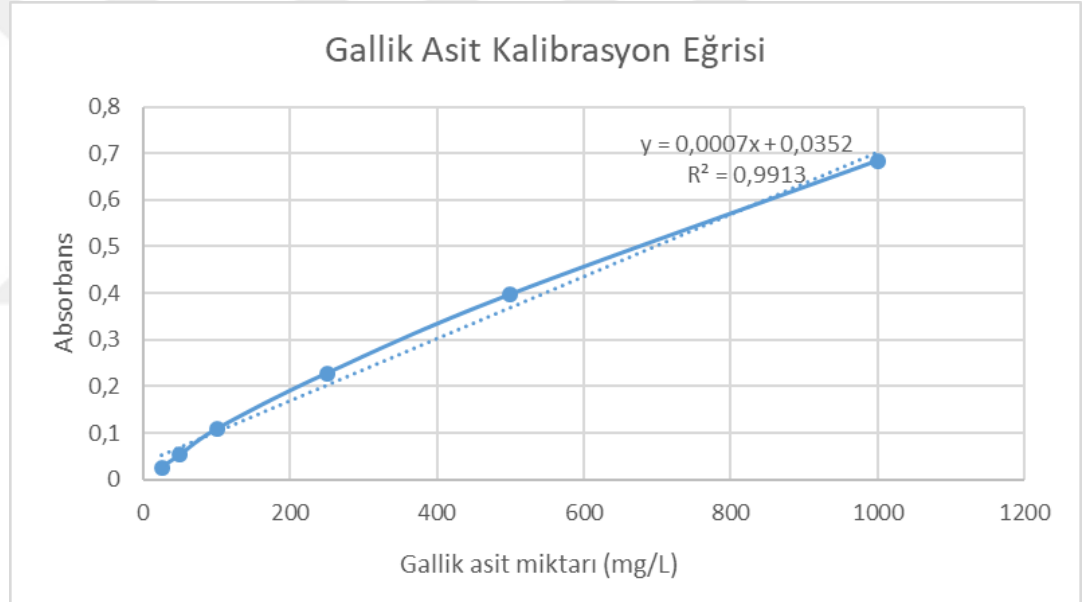
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Ek.10 Kontrol Grubu Ve Vakumlu emdirim İşlemi Uygulanarak Kurutulmuş Örnekler İçin Tek Yönlü ANOVA Sonuçları

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Görüntü	Between Groups	1,515	1	1,515	2,225	,141
	Within Groups	43,576	64	,681		
	Total	45,091	65			
doku	Between Groups	4,379	1	4,379	5,010	,029
	Within Groups	55,939	64	,874		
	Total	60,318	65			
Lezzet	Between Groups	,242	1	,242	,225	,637
	Within Groups	69,030	64	1,079		
	Total	69,273	65			

Ek 11. Toplam Fenolik tayini için gallik asit kalibrasyon eğrisi



Ekler 12. Puanlama Testi İçin Kullanılan Duyusal Analiz Formu

Kurutulmuş armutlar için geliştirilmiş puanlama skalası

Görünüş

- 5- Tipik sarı renk, homojen renk dağılımı ve büzülme yok
- 4- Hafif kahverengileşme ve homojen renk dağılımı ve büzülme yok
- 3- Hafif kahverengileşme ve homojen olmayan renk dağılımı, ve hafif büzülme var
- 2- Kahverengileşme fazla, homojen olmayan renk dağılımı, büzülme var
- 1- Kabul edilemeyecek derecede kahverengileşme, kararma ve büzülme fazla

Doku

- 5- İdeal yumuşaklık, çiğnenebilir, taneli ve pütürlü yapı az
- 4- Hafif yumuşak veya sert, çiğnenebilir, taneli ve pütürlü yapı az
- 3- Yumuşak veya sert, çiğnenebilir, taneli ve pütürlü yapı fazla
- 2- Çok yumuşak ve çok sert, çiğnenebilirliği az, taneli ve pütürlü yapı fazla
- 1- Kabul edilemeyecek derecede yumuşak veya sert, çiğnenemez, taneli ve pütürlü yapı

Lezzet

- 5- Kendine özgü normal armut kokusu ve tadı, tatlılık ideal
- 4- Kendine özgü normal armut kokusu ve tadı , tatlılık biraz fazla
- 3- Kendine özgü normal armut kokusu ve tadı azalış, yabancı tat az tatlılık biraz fazla
- 2- Kendine özgü normal armut kokusu ve tadı az, yabancı tat fazla, tatlılık fazla
- 1-Kendine özgü normal armut kokusu ve tadı yok, yabancı tat aşırı, tatlılık aşırı fazla

Panelistin Adı:

Tarih:

Yukarıdaki puanlama skalasına göre, kodlanmış armut örneklerini görünüş, doku ve lezzet olarak değerlendiriniz (Verdiğiniz her puan için hangi değişimlere göre bu puanı verdiğinizi açıklayınız).

Örnek Kodu

Görünüş

Doku

Lezzet



5 puan



4 puan



3 puan



2 puan



1 puan