

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**VAKUMLU EMDİRİM TEKNİĞİNİN TÜKETİME
HAZIR TAZE ELMANIN DOĞAL RENK MADDESİ
VE BAZI KATKI MADDELERİ İLE
ZENGİNLEŞTİRİLMESİ AMACIYLA
KULLANILMASI**

Fatih Mehmet YILMAZ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Seda ERSUS BİLEK

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 31.03.2017

Bornova-İZMİR

2017

Fatih Mehmet Yılmaz tarafından doktora tezi olarak sunulan “Vakumlu Emdirim Tekniğinin Tüketime Hazır Taze Elmanın Doğal Renk Maddesi ve Bazı Katkı Maddeleri ile Zenginleştirilmesi Amacıyla Kullanılması” 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 31/03/2017 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Seda ERSUS BİLEK
Raportör Üye : Yrd. Doç. Dr. Beste BAYRAMOĞLU
Üye : Prof. Dr. Taner BAYSAL
Üye : Doç. Dr. Serap CESUR
Üye : Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN

İmza

Seda Ersus Bilek
Beste Bayramoğlu
Taner Baysal
Serap Cesur
Mehmet Karaaslan

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “Vakumlu Emdirim Tekniğinin Tüketime Hazır Taze Elmanın Doğal Renk Maddesi ve Bazı Katkı Maddeleri ile Zenginleştirilmesi Amacıyla Kullanılması” 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.

31 / 03 / 2017



Fatih Mehmet YILMAZ

ÖZET**VAKUMLU EMDİRİM TEKNİĞİNİN TÜKETİME HAZIR TAZE
ELMANIN DOĞAL RENK MADDESİ VE BAZI KATKI
MADDELERİ İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ AMACIYLA
KULLANILMASI**

YILMAZ, Fatih Mehmet

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Seda ERSUS BİLEK

Mart 2017, 90 sayfa

Bu tez çalışmasında vakumlu emdirim (impregnasyon) tekniği kullanılarak taze elma dilimleri, kalsiyum ve doğal renk maddesi olarak siyah havuç suyu kullanılarak zenginleştirilmiş ve fonksiyonel yeni bir ürün üretilmiştir. Emdirim işleminin etkinliğinin artırılması amacıyla vakum sistemine ultrases entegre edilerek yeni bir ekipman geliştirilmiştir. Çalışma toplam dört aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada, vakumlu emdirim çözeltisinde çözündürülecek maddelerin konsantrasyonu belirlenmiştir. İkinci aşamada, optimum vakumlu emdirim işlem parametreleri yanıt yüzey metodu ile belirlenmiştir. Üçüncü aşamada vakumlu emdirim işlemine eş anlı uygulanan farklı güçlerdeki ultrases işleminin etkisi incelenmiştir. Dördüncü ve son aşamada ise optimum koşullarda üretilen ürünlerin depolama süresince kalitesi incelenmiştir. Ürüne uygulanan kalsiyum, laktik asit, biyoaktif madde, tekstür, renk ve duyu analizi sonuçlarına göre en uygun emdirim çözeltisi formülasyonu 0,2 M manitol içerisinde çözündürülmüş %3 Ca-laktat, %3 laktik asit ve %0,8 siyah havuç konsantresi olarak belirlenmiştir. Optimum işlem parametreleri, elma dokusuna en yüksek renk maddesinin aktarıldığı ve en az hücre parçalanmasının olduğu koşulların sağlandığı üretimler olacak şekilde, 211 mmHg vakum basıncı, 3 dk vakum süresi ve 20 dk restorasyon süresi olarak belirlenmiştir. Vakumlu emdirim işlemine eş anlı 35 kHz frekansta 130 W/L ultrases ile antosiyanin geçişinin %25 arttığı bulgulanmıştır. Ultrasesin, yalnızca vakum veya yalnızca restorasyon süresince uygulanmasına kıyasla sürekli çalıştırılması ile en yüksek madde geçişinin olduğu, böylece vakum süresince de ultrases işleminin etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar sözcükler: Vakumlu emdirim, Ultrases, Elma, Fenolik maddeler, Siyah havuç, Kalsiyum, Raf ömrü, Yanıt yüzey metodu.



ABSTRACT**THE USE OF VACUUM IMPREGNATION TECHNIQUE ON THE ENRICHMENT OF FRESH CUT APPLE WITH NATURAL COLORANT AND SOME ADDITIVES**

YILMAZ, Fatih Mehmet

Ph.D. in Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Seda ERSUS BİLEK

March 2017, 90 pages

In this thesis study, fresh apple slices were enriched with calcium and black carrot juice as a natural colorant using vacuum impregnation technique and thus a new functional food was developed. A novel equipment was designed by combining ultrasound to vacuum system to facilitate the vacuum impregnation efficiency. The study consisted of four steps. In the first step, the concentrations of substances dissolved in vacuum impregnation solution were determined. In the second step, the optimum vacuum impregnation process parameters were determined by response surface methodology. In the third step, the effect of combined utilization of ultrasound at various powers was tested. In the fourth and last step, the physical and microbial qualities of apple discs produced at optimum conditions were investigated during the storage period. The most preferred impregnation solution formulation was determined as 3% Ca-lactate, 3% lactic acid and 0,8% black carrot concentrate within 0,2 M mannitol by considering the results of calcium, lactic acid, bioactive compounds, texture, color and sensory analyses of products. Optimum process parameters according to highest colorant transfer while the minimum cellular disruption occurs were determined as 211 mmHg vacuum pressure, 3 min vacuum time and 20 min restoration time. The combined ultrasound with vacuum impregnation at 35 kHz frequency and 130 W/L led to 25% increase in the anthocyanin transfer into apple tissue. The highest compound transfer was achieved at continuous running of ultrasound compared to single run at vacuum or restoration period and thus it was concluded that the ultrasound is also effective during vacuum step.

Keywords: Vacuum impregnation, Ultrasound, Apple, Phenolic compounds, Black carrot, Calcium, Shelf life, Response surface methodology.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince bana her konuda destek olan, değerli görüşlerini esirgemeyen ve beni sürekli motive eden danışmanım Doç. Dr. Seda Ersus Bilek'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmalarımı yakından takip eden ve değerli görüşlerini esirgemeyerek çalışmalarına ışık tutan tez izleme komitesi üyesi hocalarım Prof. Dr. Taner Baysal'a ve Doç. Dr. Serap Cesur'a gönülden teşekkür ederim. Tez savunma sınavına katılan ve tezimi inceleyerek değerlendiren hocalarım Doç. Dr. Mehmet Karaaslan ve Yrd. Doç. Dr. Beste Bayramoğlu'na gönülden teşekkür ederim. Doktora çalışmam esnasında maddi manevi desteklerini esirgemeyen, çalışmam için motive eden ve fırsatlar sunan hocalarım Prof. Dr. Cavit Bircan'a ve Yrd. Doç. Dr. Aslı Yorulmaz'a gönülden teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimim ile başlayıp sonrasında da her zaman, her durumda desteklerini sürdüren, titiz çalışmayı bana aşılayan, bir çalışmanın bilimin ışığında nasıl yapılması gerektiğini aktaran hocalarım Doç. Dr. Hasan Vardin'e ve Doç. Dr. Mehmet Karaaslan'a gönülden teşekkür ederim. Sürekli bilgi alışverişi ve yardımlaşma içinde bulunan, motive eden ve destek olan değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Aslı Zungur Bastıoğlu'na ve Arş. Gör. Faruk Doğan'a gönülden teşekkür ederim. Çalışmamda kullanılan elmaların temini, depolanması ve taşınması aşamalarında bana destek olan S.S. Balkırı Tarımsal Kalkınma Kooperatifi (Eğirdir, Isparta) Sorumlu Müdürü Gürcan Çınardal'a teşekkürü borç bilirim. Çalışmamda kullanılan siyah havuç konsantresini sağlayan Erkon Konsantre AŞ (Ereğli, Konya) Üretim Mühendisi Orhan Özmen'e teşekkürü borç bilirim. Laboratuvar aşamasında analizlerde çeşitli desteklerini gördüğüm Adnan Menderes Üniversitesi (ADÜ) Kimya Bölümünden Prof. Dr. Mustafa Demir'e ve Arş. Gör. Dr. Erkan Fırınıcı'ya; ADÜ Gıda Mühendisliği Bölümünden Yrd. Doç. Dr. Mehmet Koç'a, Uzm. Mehmet Çelebi'ye ve Uzm. Mustafa Duran'a; Megalab Gıda ve Çevre Kontrol Laboratuvarı (Aydın) yöneticileri Rahşan Pehlivan'a ve Ülkü Ülken'e; Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden Arş. Gör. Ceyda Çatar Dadalı'ya ve V. Hazal Özyurt'a; ADÜ Biyoloji Bölümünden Uğur Çatak'a; ADÜ Kimya Bölümünden Fatih Cesur'a teşekkürü borç bilirim. Laboratuvar aşamalarında beni yalnız bırakmayan, yoğun tempoya rağmen gönülden çalışarak bana destek olan ADÜ Gıda Mühendisliği Bölümü lisans öğrencileri Şeyma Akkaya, Feyza Elmas, İrem Özyiğit, Öyküsü Atılgan, Yasin Gülenç, Merve Filik, Merve Birişik ve Ezgi Sabancı'ya teşekkürü borç bilirim. Tezime mali yönden destek olan Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerine (Proje No: 15-MÜH-023) teşekkürü borç bilirim. Ayrıca, doktora tez konumu öncelikli alanlara layık gören ve 2211-C 'Öncelikli Alanlara Yönelik Doktora Bursu' sağlayan TÜBİTAK'a teşekkürü borç bilirim.

Son olarak, hayatım boyunca her zaman beni destekleyen, sevgilerini hiçbir zaman eksik etmeyen canım anneme ve canım kardeşlerime tüm kalbimle teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLERSayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xx
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1. Elma, Üretim Durumu, Bileşimi.....	3
2.1.1. Elma meyvesi	3
2.1.2. Dünyada ve Türkiye’de elma üretimi ve elma pazarı	3
2.1.3. Elmanın bileşimi, elmada bulunan fenolik maddeler, antioksidan kapasite ve sağlık üzerine etkileri.....	5
2.2. Tüketime Hazır Taze Meyve	8
2.2.1. Tüketime hazır taze elma.....	11
2.3. Vakum Teknolojisi	12
2.4. Vakumlu Emdirim	13
2.4.1. Vakumlu emdirim tekniği.....	13
2.4.2. Ozmotik dehidrasyon ve vakumlu emdirim işlemi	13
2.4.3. Hidrodinamik mekanizma ve deformasyon gevşeme olayı.....	14
2.4.4. Vakumlu emdirim işlemi etkileyen parametreler	16
2.4.5. Vakumlu emdirim tekniğinin meyve ve sebzelerin dokularının zenginleştirilmesi işleminde kullanılması	18
2.4.6. Vakumlu emdirim ile birlikte ya da eş anlı uygulanan yeni teknolojiler	26
2.5. Ultrases Teknolojisi	28
2.6. Siyah Havuç ve Renk Maddesi Olarak Kullanımı.....	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM	31
3.1. Uygulamalarda Kullanılan Elmaların Temini ve Depolanması.....	31

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.2. Vakumlu Emdirim Cihazı	32
3.3. Kimyasal ve Sarf Malzemeler	33
3.4. Emdirim Çözeltisi Konsantrasyonunun Belirlenmesi	33
3.4.1. İzotonik çözelti konsantrasyonunun belirlenmesi	33
3.4.2. Ca-laktat konsantrasyonuna bağlı laktik asit değişiminin belirlenmesi ...	34
3.4.3. Emdirim çözeltisinin hazırlanması, konsantrasyonların belirlenmesi	34
3.5. Elmaların Hazırlanması ve Vakumlu Emdirim İşlemi	35
3.6. Yanıt Yüzey Metodu (RSM) İle Vakumlu Emdirim İşlem Parametrelerinin Etkisinin Belirlenmesi	35
3.7. Vakumlu Emdirim ile Ultrases İşlemlerinin Eş Anlı olarak Kullanılması	36
3.8. Depolama İşlemi	37
3.9. Analizler	37
3.9.1. Toplam kuru madde	37
3.9.2. Suda çözünür kuru madde miktarı	37
3.9.3. pH değeri	37
3.9.4. Titrasyon asitliği	39
3.9.5. Tekstür analizi	39
3.9.6. Renk analizi	39
3.9.7. İyon sızıntısı analizi	40
3.9.8. Kalsiyum miktarının belirlenmesi	40
3.9.9. Laktik asit analizi	40
3.9.10. Toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antioksidan kapasitesi analizleri için ekstraksiyon işlemi	41
3.9.11. Toplam fenolik madde analizi	41
3.9.12. Toplam flavonoid analizi	42
3.9.13. HPLC ile antosiyanin analizi	42
3.9.14. Antioksidan kapasite (DPPH) analizi	43
3.9.15. HPLC ile şeker bileşiminin belirlenmesi	43
3.9.16. Hücre yapısının incelenmesi	44

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.9.17. Duyusal analiz	44
3.9.18. Mikrobiyolojik analizler	44
3.9.18.1.Psikrofilik bakteri sayısı	44
3.9.18.2.Mezofilik bakteri sayısı	45
3.9.18.3.Maya ve küf sayısı	45
3.10. İstatistiksel Analizler	45
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	46
4.1. Uygulamalarda Kullanılan Elmaların Analizi	46
4.2. Emdirim Çözeltisi Konsantrasyonunun Belirlenmesi	47
4.2.1. İzotonik çözelti konsantrasyonunun belirlenmesi	47
4.2.2. Ca-laktat konsantrasyonuna bağlı laktik asit değişiminin belirlenmesi ..	49
4.2.3. Emdirim çözeltisinin hazırlanması, konsantrasyonların belirlenmesi	50
4.3. Vakumlu Emdirim İşlem Parametrelerinin Etkisinin Belirlenmesi ve Optimizasyon	56
4.3.1. Vakum basıncı, vakum süresi ve restorasyon süresinin a* renk değeri ve iyon sızıntısı değerine etkisi	57
4.3.2. Optimizasyon	62
4.4. Vakumlu Emdirim İşlemine Eş Anlı Uygulanan Ultrases İşleminin Etkisi	62
4.5. Optimum Koşullarda Ürünlerin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri.. ..	69
4.6. Depolama ve Depolama Analizleri.....	71
4.6.1. Depolama süresince mikrobiyal gelişim	71
4.6.2. Depolama süresince sertlik değerinin değişimi	74
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	77
ÖZGEÇMİŞ	90
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Türkiye’de en çok yetiştiriciliği yapılan üç elma çeşidi.	4
2.2 Elmada bulunan baskın fenolik maddeler.	6
2.3 Vakumlu emdirim işlemi esnasında hidrodinamik mekanizma (HDM) ve deformasyon gevşeme olayları (DRP)’nın süreci (Radziejewska-Kubzdela et al., 2014)	15
3.1 Cihazın 3 boyutlu kesit görünümü.	32
3.2 Vakumlu Emdirim Cihazı.	32
3.3 Genel çalışma planı akım şeması.	38
4.1 Elma dilimlerinin 0,1 M manitol çözeltisinde % ağırlık değişimi.	48
4.2 Elma dilimlerinin 0,2 M manitol çözeltisinde % ağırlık değişimi.	49
4.3 Elma dilimlerinin 0,3 M manitol çözeltisinde % ağırlık değişimi.	49
4.4 Emdirim çözeltisi pH değerini düşürmek için gerekli Ca-laktat miktarına bağlı laktik asit konsantrasyonu.	50
4.5 Elma dilimlerine HPLC ile laktik asit analizine ait kromatogram görüntüleri: Emdirim çözeltisinde %2 (w/v) laktik asit (a), %3 (w/v) laktik asit (b), %4 (w/v) laktik asit (c).	52
4.6 Emdirim çözeltisi formülasyonunda farklı konsantrasyonlarda yer alan siyah havuç konsantresi (SHK)'nin elma dilimlerinde toplam fenolik madde (TFM), toplam flavonoid (TF) ve antioksidan kapasitesi (AK)'ye etkisi.	56
4.7 Bağımsız değişkenlerin a* değeri üzerine etkileri.	59
4.8 Bağımsız değişkenlerin iyon sızıntısı değeri üzerine etkileri.	61

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.9 Farklı iyon sızıntısı değerlerine sahip elma dilimleri kesitlerinin ışık mikroskobu altında görünümü (a: %49,84; b: %68,05; c: %80,51).	62
4.10 Vakumlu emdirim işleminde ultrases gücüne bağlı iyon sızıntısı değerleri .	64
4.11 Vakumlu emdirim işleminde ultrases gücüne bağlı elma örneklerinin sertlik değeri ve kalsiyum miktarı	65
4.12 Depolama süresince elma örneklerinde psikrofil bakteri miktarı.....	72
4.13 Depolama süresince elma örnkelerinde mezofilik bakteri miktarı.....	72
4.14 Depolama süresince elma örneklerinde küf – maya miktarı.	73
4.15 Depolama süresince elma örneklerinde sertlik değerinin değişimi.	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 1990, 2000 ve 2014 yıllarına ait ülkelerin elma üretimi (FAOSTAT, 2016). ..4	
2.2 Farklı elma çeşitlerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri7	
2.3 Vakum teknolojisinin farklı alanlarda kullanım amacı ve vakumun fiziksel durum tanımı.....12	
2.4 Vakumlu emdirim tekniği ile meyve ve sebzelere çeşitli maddelerin aktarıldığı literatür çalışmaları.....20	
3.1 Emdirim çözeltisi formülasyonunun belirlenmesine yönelik deneme planı...34	
3.2 Yanıt yüzey yöntemine ait deneme deseni.....36	
3.3 Antosiyanin analizi HPLC mobil faz diyagramı.....43	
4.1 Uygulamalarda kullanılan elmaların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....46	
4.2 Emdirim çözeltisi formülasyonuna bağlı elma dilimlerinin laktik asit ve kalsiyum içerikleri ile sertlik, a^* değeri ve toplam renk farkı (ΔE) değerleri 51	
4.3 Emdirim çözeltisi formülasyonunun ürünlerin duyu özelliklerine etkisi ...54	
4.4 İşlem parametrelerinin etkisini belirlemede kullanılan merkezi tümleşik tasarım ve uygulamalar sonucu elde edilen a^* ve iyon sızıntısı değerleri.57	
4.5 Yanıt yüzey metoduna ait istatistiksel analiz sonuçları ve model katsayıları.58	

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.6 En yüksek a* ve en düşük iyon sızıntısı değerleri için optimum vakumlu emdirim işlem koşulları.....	62
4.7 Vakumlu emdirim işlemine eş anlı uygulanan ultrasesin farklı güçlerinin elmadaki biyoaktif madde miktarlarına etkisi	66
4.8 Vakumlu emdirim işleminde ultrases çalıştırma durumunun elmadaki biyoaktif madde miktarlarına etkisi.....	66
4.9 Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	70
4.10 Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimlerinin duyuşal özellikleri	71

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$^{\circ}\text{Bx}$	Suda çözüner kuru madde (%)
rpm	dakikada tur sayısı
ppm	mg/L
V	Volt
kHz	Kilohertz
L^*	Kolorimetrede siyahlık/beyazlık
a^*	Kolorimetrede kırmızılık/yeşillik
b^*	Kolorimetrede sarılık/mavilik
ΔE	Toplam renk değişimi
M	Molar konsantrasyon
N	Normal konsantrasyon
s	Saniye
ΔM	Toplam ağırlık değişimi
β	Regresyon katsayısı
Y	Bağımlı değişken
X_i	Bağımsız değişken
X_j	Bağımsız değişken

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
<i>P</i>	İstatistiki anlamlılık seviyesi
AU	Pik alanı
db	Kuru ağırlık üzerinden
w	Ağırlık
v	Hacim
nm	Nanometre
mV	Milivolt
μ	Mikro
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>

GAE	Gallik asit eşdeğer
KE	Kateşin eşdeğer
AAS	Atomik absorpsiyon spektrofotometre
SHK	Siyah havuç suyu konsantresi
TFM	Toplam fenolik madde
TF	Toplam flavonoid
TA	Toplam antosiyanin
AK	Antioksidan kapasite

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
ANOVA	Varyans analizi
RH	Bağıl nem
RSM	Yanıt yüzey metodu
PEF	Vurgulu elektrik alan
MS	Kütle spektrometresi
AA	Askorbik asit
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
RID	Refraktif indeks dedektör
FAO	Gıda ve tarım organizasyonu
KOB	Koloni Oluşturan Birim

1. GİRİŞ

Vakumlu emdirim tekniği, meyve ve sebzelerin gözenekli yapılarının vitamin, mineral, antimikrobiyal madde, fenolik madde, organik asit gibi maddelerle zenginleştirilmesinde ve fonksiyonel ürün geliştirmede kullanılan faydalı bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Mao et al., 2016; Castagnini et al., 2015). Vakumlu emdirim tekniğinin gıda teknolojisinde uygulaması ikiye ayrılmaktadır. Birincisi, diğerine göre daha eskiye dayanan ozmotik dehidrasyon işlemini hızlandırma amaçlı olan uygulamadır. İkincisi ise, gözenekli yapıya sahip meyve ve sebzelerin amacına uygun maddelerle zenginleştirilmesidir (Zhao and Xie, 2004). Bu kapsamda yapılan çalışmaların özellikle son yıllarda gerçekleştirildiği ve sınırlı sayıda yayınlanmış çalışma bulunduğu anlaşılmaktadır.

Vakumlu emdirim, işlem olarak meyve ya da sebzenin emdirim çözeltisine daldırıldıktan sonra belirli vakum altında bir süre bekletildikten sonra atmosferik basınca dönülmesi ve bu aşamada da bir süre bekletilmesi aşamalarından oluşmaktadır (Tappi et al., 2016). Bu aşamalarda gerçekleşen kütle transferi ve kütle transferini etkileyen parametrelerin etkileri ‘hidrodinamik mekanizma’ ve ‘deformasyon gevşeme olayları’ teorilerine dayandırılarak açıklanmaktadır (Fito et al., 1996). Vakumlu emdirim işleminde hücreler arası boşluktan gaz çıkışının gerçekleşmesi ve bu boşlukları emdirim çözeltisinin doldurmasından ötürü herhangi bir antimikrobiyal madde kullanılsa dahi mikrobiyal gelişimin bu teknikle üretilen ürünlerde daha sınırlı olduğu rapor edilmektedir (Hironaka et al., 2011).

Literatür incelendiğinde, meyve ve sebzelerin farklı maddeler kullanılarak vakumlu emdirim işlemine tabi tutulduğu ve ürün üzerine etkilerinin analiz edildiği çalışmalara rastlanılmaktadır, ancak emdirim çözeltisinde yer alan maddelerin konsantrasyonunun yani emdirim çözeltisi formülasyonunun nasıl belirlendiğine ve formülasyonda yer alan maddelerin son ürüne nasıl etki gösterdiğini belirten net bilgi ve yorumlara ulaşılamamaktadır. Benzer şekilde, vakumlu emdirim işlem parametrelerinin (vakum basıncı, vakum süresi, vakum sonrası restorasyon süresi) neye göre belirlendiği ve bu işlem parametrelerinin maddelerin geçişine ya da ürün mikro yapısına etkisini gösteren sınırlı sayıda çalışma olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, vakumlu emdirim işlemine eş anlı ultrases uygulaması içeren herhangi bir çalışma halihazırda bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, Türkiye’de en çok yetiştiriciliği yapılan elma çeşidi olan *Starking* çeşidi elma dilimlerinin siyah havuç suyu kullanılarak doğal renk maddesi ve fenolik maddeler ile zenginleştirilmesidir. Bu kapsamda, elma dokusuna siyah havuç suyunun ve kalsiyumun aktarılması amaçlanmıştır. Emdirim çözeltisine eklenecek maddeler olarak izotonik çözeltinin hazırlanmasında kullanılmak üzere manitol, renk maddesi olarak siyah havuç konsantresi, doku yumuşamasını önlemek amacıyla Ca-laktat, siyah havuç suyu antosiyaninlerinin pH stabilitesi için laktik asit belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında emdirim çözeltisinde yer alan maddelerin farklı konsantrasyonlarının, vakumlu emdirim işlem parametrelerinin ve vakumlu emdirim işlemine eş anlı uygulanan ultrases işleminin maddelerin elma dilimlerine geçişine ve ürünün genel fiziksel, kimyasal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Tez kapsamında en uygun emdirim çözeltisi formülasyonu ve işlem parametreleri belirlenmiştir. Depolama analizleri ile ürünün raf ömrünün belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Elma, Üretim Durumu, Bileşimi

2.1.1. Elma meyvesi

Elma (*Malus domestica* L.) *Rosaceae* familyasına ait dünya üzerinde çok geniş yetiştirme alanı bulan bir meyvedir (Ghafir et al., 2009). Elma, ılıman (özellikle soğuk ılıman) iklimde ve tropik bölgelerin yüksek rakımlarında yetiştiriciliği yapılan ve orta boylu ağaçlarda yetişen bir meyvedir (Nas, 2016; Yılmaz, 2015; Seymen, 2015). Dünyadaki elma çeşidi sayısının günümüzde 10.000'in üzerinde olduğu belirtilmektedir (Nas, 2016).

Ülkemizde her bölgede yetiştirilen elma, Ege Bölgesinde 500 metrede, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin sıcak ve kurak yerlerinde 800 metrenin daha üstü yüksekliklerde yetişmektedir (Yılmaz, 2015). Yetiştirme mevsiminin uzun bir periyotta olması ve depolamada gelişen teknikler sayesinde, elma her mevsim taze olarak market raflarında yerini almaktadır. Elma, içeriğinde bulunan doğal şeker ve organik asitlerin dengeli olması sayesinde tüketiciye kendine has lezzet sunmakta ve insan beslenmesinde önemli bir yer tutmaktadır (Özbek, 1978). Elma, her sezon marketlerde bulunması ve sağlığa olan olumlu etkilerinin bilinmesinden ötürü dünya genelinde en çok tüketilen meyvelerden birisidir.

2.1.2. Dünyada ve Türkiye'de elma üretimi ve elma pazarı

Dünyada elma üretimi her geçen yıl artmaktadır. Dünya genelinde 1990'da toplam 21 milyon ton elma üretilmişken, 2014 yılında bu rakam 57 milyon tona ulaşmıştır. Dünyanın en büyük elma üretici ülkesi Çin'dir. Çin elma üretiminde 1990'da oransal olarak ABD'nin ardında yer almasına rağmen, son 20 yılda elma yetiştiriciliği oldukça artmış ve günümüzde 40 milyon tona yakın üretim yapan lider ülke haline gelmiştir. Çizelge 2.1 incelendiğinde, Çin'i 5,2 milyon ton ile ABD, 3,2 milyon ton ile Polonya takip etmektedir. Türkiye ise Hindistan ve İtalya ile birlikte yıllık 2,5 milyon ton üretim miktarına sahiptir. Türkiye, elma üretiminde dünyanın önde gelen ilk altı ülke arasında yer almaktadır.

Ülkemizde üzümünden sonra en çok üretimi yapılan meyve elmadır. Ülkemizde yetiştirilen elmanın yaklaşık %25'i elma suyuna ağırlıklı olarak da

konsantreye işlenmektedir. Bu sebepten elma ülkemiz için endüstriyel bir meyvedir. Elma, aynı zamanda, meyve suyuna işlenen meyveler arasında yaklaşık %50'lik pay ile Türkiye'de ilk sırada gelmektedir. Konsantreye işlenen meyveler değerlendirildiğinde bu oran %60'a çıkmaktadır (Anonim, 2012). Türkiye 2011 yılında toplam 53 bin ton elma konsantresi ihracatını yaklaşık 105 milyon dolar ile gerçekleştirmiştir.

Dünya ihracatına bakıldığında, elma suyunun portakal sularının ardında ikinci sırada yer aldığı görülmektedir (ITC, 2017). Dünya ticaretinde elma önemli bir yere sahiptir. Elma konsantresinin haricinde, taze elma ve kurutulmuş elma da ülkemiz için ihracat ürünü olarak yer almaktadır.

Çizelge 2.1 1990, 2000 ve 2014 yıllarına ait ülkelerin elma üretimi (FAOSTAT, 2016)

1990		2000		2014	
Ülke	Elma üretimi (x 1000 ton)	Ülke	Elma üretimi (x 1000 ton)	Ülke	Elma üretimi (x 1000 ton)
SSCB	6034	Çin	20437	Çin	40923
ABD	4380	ABD	4682	ABD	5185
Çin	4319	Almanya	3137	Polonya	3195
Fransa	2326	Türkiye	2400	Hindistan	2498
Almanya	2222	İtalya	2232	Türkiye	2480
İtalya	2050	Fransa	2157	İtalya	2474
Toplam	21331	Toplam	35045	Toplam	56755

Türkiye'de elma üretiminin en çok yapıldığı il Isparta'dır. Isparta'yı sırasıyla Karaman, Antalya, Niğde ve Denizli takip etmektedir. Elmanın ülkemizde 500'den fazla bilinen çeşidi olmasına rağmen en çok üretilen çeşit %55 ile *Starking* çeşididir (Karamürsel, 2009). Bu çeşidi sırasıyla Golden Delicious ve Granny Smith çeşitleri izlemektedir (Şekil 2.1).



Starking Delicious



Golden Delicious



Granny Smith

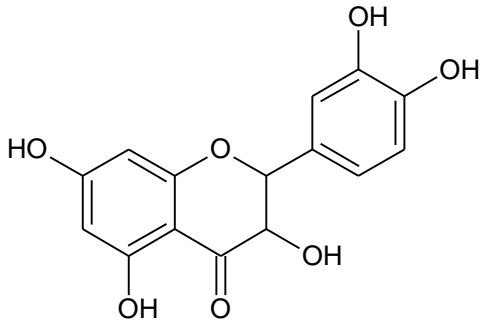
Şekil 2.1 Türkiye'de en çok yetiştiriciliği yapılan üç elma çeşidi.

2.1.3. Elmanın bileşimi, elmada bulunan fenolik maddeler, antioksidan kapasite ve sağlık üzerine etkileri

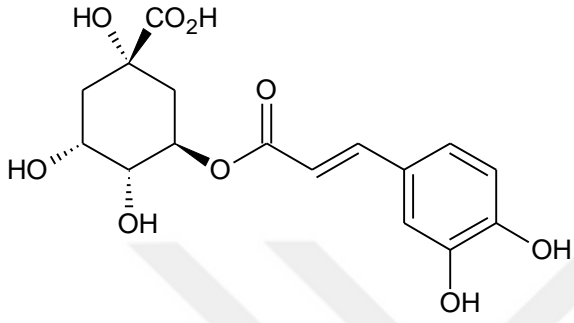
Elma dünya üzerinde en çok bilinen ve tüketilen meyveler arasındadır. Elma, fenolik madde, pektin, şeker, makro ve mikro bileşenlerce zengin bir meyvedir. Son yıllarda gerçekleştirilen epidemiyolojik çalışmalar, elma tüketiminin kronik rahatsızlıkları azaltmada etkisini ortaya koymaktadır. Elmanın sağlık üzerine olumlu etkisinin içeriğinde bulunan vitamin ya da diğer bileşenlerden ziyade fenolik maddelerin antioksidan etkilerinden kaynaklandığı vurgulanmaktadır (Tsao et al., 2003; Kalinowska et al., 2014). Çünkü C vitamininin, elmanın antioksidan aktivitesini yalnızca %0,4'e kadar etkilediği, antioksidan aktivitede en önemli etkinin fenolik bileşenlerden kaynaklandığı bildirilmiştir (Drogoudi et al., 2007).

Elma tüketiminin daha çok kalp – damar rahatsızlıklarını, akciğer organ yetmezliğini azaltmada ve özellikle prostat, karaciğer, kolon ve akciğer kanseri riskini azaltmada etkili olduğu yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Elma tüketimi ile kalp – damar rahatsızlıklarının ilişkilendirildiği ve 40000 kadının yer aldığı bir çalışmada, beslenmesinde elma tüketimine ağırlık veren kadınlarda kalp – damar hastalığına yakalanma riskinin tüketmeyenlere kıyasla %13 ila 22 arasında daha az olduğu bulgulanmıştır (Sesso et al., 2003).

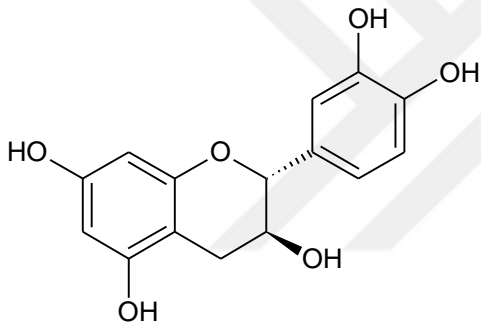
Elmanın bileşiminde polifenollerin bilinen altı alt grubuna (hidroksibenzoik asitler, hidrokisinsamik asitler ve türevleri, flavonoller, flavanoller, dihidrokalkonlar ve antosiyanidinler) ait fenolik maddeler bulunmaktadır. Elmada bulunan fenolik maddelerin çeşidi ve miktarı elmanın çeşidine, yetiştirilme şekline, sezona, hasat olgunluğuna ve diğer bazı faktörlere göre değişim gösterse de elmada en çok bulunan fenolik maddeler klorojenik asit, kuarsetin, kateşin, epikateşin ve siyanidin'dir (Awad et al., 2000). Söz konusu fenolik maddelerin kimyasal yapıları Şekil 2.2'de verilmiştir.



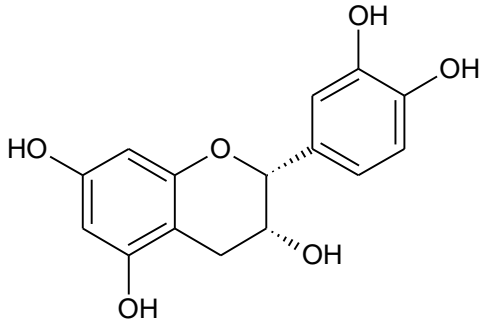
kuarsetin



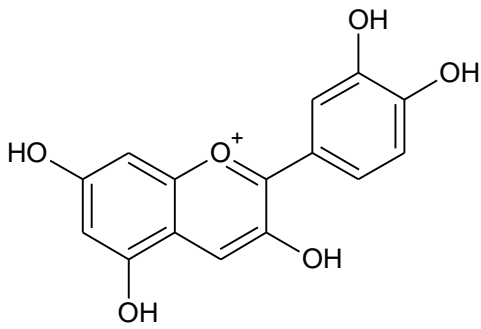
klorojenik asit



kateşin



(-) epikateşin



siyanidin

Şekil 2.2 Elmada bulunan baskın fenolik maddeler.

Elmada bulunan söz konusu fenolik bileşenlerin şekerlerle glikozidik bağ yaptığı bilinmektedir. Elma fenolikleriyle en çok glikozidik bağ yapan şeker galaktozdur ve bunu sırasıyla glukoz, ramnoz, ksiloz, arabinoz ve disakkaritlerden rutinoz izlemektedir (Tsao et al., 2003).

Ozturk et al (2010) ülkemizde en çok yetiştiriciliği yapılan ticari olgunluktaki Starking, Golden Delicious ve Granny Smith elma çeşitlerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2 Farklı elma çeşitlerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri (Aynı satırda farklı harfler çeşitler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir; Ozturk et al., 2010)

Fiziksel Özellik	Golden Delicious	Starking Delicious	Granny Smith
Nem (%)	86,68 ± 0,13 ^a	85,13 ± 0,19 ^b	85,14 ± 0,21 ^b
Meyve Boyu (mm)	70,89 ± 1,45 ^c	74,88 ± 2,82 ^b	80,02 ± 1,79 ^a
Meyve Genişliği (mm)	64,53 ± 2,35 ^c	70,94 ± 3,35 ^b	72,68 ± 2,85 ^a
En/Boy Oranı (%)	91,06 ± 3,78	94,77 ± 3,54	90,87 ± 3,96
Çap (mm)	66,57 ± 1,70 ^c	72,22 ± 2,93 ^b	5,03 ± 2,08 ^a
Küresellik (%)	93,93 ± 2,59 ^b	96,47 ± 2,41 ^a	93,80 ± 2,72 ^b
Yüzey Alanı (cm ²)	139,30 ± 7,09 ^c	164,10 ± 13,43 ^b	177,00 ± 9,82 ^a
İzdüşüm Alanı (cm ²)	40,65 ± 1,66 ^c	45,85 ± 2,31 ^b	49,60 ± 2,57 ^a
Meyve Ağırlığı (g)	145,96 ± 7,22 ^c	172,44 ± 17,36 ^b	201,75 ± 11,82 ^a
Meyve Hacmi (cm ³)	148,80 ± 8,97 ^c	181,10 ± 26,51 ^b	233,40 ± 8,07 ^a
Meyve Yoğunluğu (kg m ⁻³)	948,56 ± 28,72 ^a	950,87 ± 11,37 ^a	887,82 ± 12,74 ^b
Yığın Yoğunluğu (kg m ⁻³)	465,47 ± 7,52 ^a	469,53 ± 20,79 ^a	440,47 ± 17,31 ^b
Yoğunluk Oranı (%)	49,10 ± 1,44	49,40 ± 2,54	49,62 ± 1,89
Gözeneklilik (%)	50,90 ± 1,44	50,60 ± 2,54	50,39 ± 1,89
Kabuk Kalınlığı (mm)	0,18 ± 0,02 ^c	0,30 ± 0,02 ^b	0,35 ± 0,04 ^a
Meyve Sıkılığı (MPa)	1,39 ± 0,17 ^c	2,49 ± 0,35 ^b	2,92 ± 0,13 ^a
Kimyasal Özellik			
Toplam Fenolik Madde (mg GAE/g db)	31,46 ± 3,31 ^a	40,96 ± 4,46 ^a	25,69 ± 1,48 ^c
Antioksidan Kapasite (%)	63,03 ± 2,02 ^c	74,39 ± 2,91 ^b	79,26 ± 2,36 ^a
Toplam Çözünür Kuru Madde (%)	12,50 ± 1,35	14,32 ± 1,18	13,09 ± 1,46
Asitlik (%)	0,573 ± 0,024 ^b	0,409 ± 0,018 ^c	0,780 ± 0,044 ^a
pH değeri	3,83 ± 0,05 ^b	4,11 ± 0,05 ^a	3,38 ± 0,02 ^c

Çizelge 2.2 Farklı elma çeşitlerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri (Aynı satırda farklı harfler çeşitler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir; Ozturk et al., 2010) (devam ediyor)

Kimyasal Özellik	Golden Delicious	Starking Delicious	Granny Smith
C Vitamini (mg/100 g)	11,34 ± 0,95 ^b	15,30 ± 0,38 ^a	11,30 ± 0,16 ^b
Renk Değerleri			
L*	72,98 ± 1,70 ^a	40,57 ± 4,14 ^c	64,61 ± 2,04 ^b
a*	-14,91 ± 1,29 ^b	30,22 ± 3,62 ^a	-19,30 ± 1,13 ^c
b*	51,18 ± 1,70 ^a	19,84 ± 3,58 ^c	39,75 ± 2,16 ^b
Hue	106,25 ± 1,54 ^b	33,30 ± 7,00 ^c	115,90 ± 0,68 ^a
Kroma	53,32 ± 1,58 ^a	36,39 ± 2,69 ^c	44,19 ± 2,38 ^b
Mekanik Özellikler			
Kopma kuvveti (N)	26,75 ± 2,68 ^a	37,36 ± 5,54 ^b	63,26 ± 7,13 ^a
Kopma anında deformasyon (mm)	2,90 ± 0,60 ^a	3,03 ± 0,40 ^a	3,14 ± 0,41 ^a
Absorbe edilen enerji (N mm)	39,14 ± 10,53 ^c	56,97 ± 13,54 ^b	100,02 ± 21,63 ^a
Dayanım (mJ cm ⁻³)	0,53 ± 0,15 ^c	0,64 ± 0,15 ^b	0,86 ± 0,19 ^a

Çizelge 2.2 incelendiğinde, elma çeşitlerinin birçok fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri açısından istatistiki açıdan önemli farkları bulunmaktadır. Starking, Golden Delicious ve Granny Smith çeşidi elmaların ağırlıkları ortalama 146, 172 ve 202 g olarak ölçülmüş ve çeşitler arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlı bulunmuştur. Benzer şekilde, elma hacmi, yüzey alanı, yoğunluğu, kabuk kalınlığı ve küresellik özelliklerinde de farklılıklar bulunmaktadır. Mekanik özelliklerinden kopma özelliği, absorbe edilen enerji ve dayanım (toughness) özelliklerinin istatistiki açıdan her üç elma arasında farklı olduğu görülmüş; ancak kopma anındaki deformasyon değerlerinde ise istatistiki açıdan farklılık görülmemiştir. Elmaların asitlik ve pH değerleri incelendiğinde, Starking elma çeşidinin daha az asidik olduğu ve en yüksek pH değerine sahip olduğu görülmektedir. Toplam çözünür kuru maddenin de en yüksek Starking elma çeşidine (%14,32) ait olduğu görülmektedir. Toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve C vitamini değerlerinin de diğer çeşitlere kıyasla en yüksek Starking elma çeşidine ait olduğu görülmektedir.

2.2. Tüketime Hazır Taze Meyve

Tüketime hazır taze meyveler, tüketicilerin talepleri ve hazır gıdalara olan rağbetin artmasıyla marketlerde daha çok görülmektedir. Bu tip ürünler ilk olarak

ABD’de görülmüş ve günümüzde ABD’de 10-15 milyar dolarlık pazarıyla önemli ekonomisi olmuştur (Cook, 2009). Uluslararası Tüketime Hazır Taze Ürün Derneği (IFPA)’nin tanımına göre tüketime hazır taze ürün; meyve ve sebzelerin kabuklarının soyularak, dilimlenerek, ambalajlanarak, dolayısıyla tazeliğini koruyarak, ulaşımı kolay ve tadı güzel ürün olarak servis edilmesidir. Tüketiciler bu ürünleri kolay ulaşılabilirliği, tazeliği, besinsel içeriği, güvenilir olması gibi sebeplerle tercih etmektedir. Ayrıca bu tip ürünler evsel atığı da azaltarak atık ürünlerin endüstride değerlendirilmesi için fırsat yaratmakta; dolayısıyla atık problemini azaltmaya yardımcı olmaktadır.

Tüketime hazır taze meyveler aynı zamanda ‘az işlenmiş ürün’ ‘minimal işlenmiş ürün’ şeklinde de telaffuz edilmektedir. İşlem olarak; meyvenin yıkanması, kabuk soyma, dilimleme, kimyasal maddelerle muamele ve ambalajlama adımlarını içermektedir (IFPA, 2001; FAO, 2011).

Tüketime hazır taze meyvelerin üretiminde iki önemli hedef bulunmaktadır: Birincisi, ürün tazeliğini korurken aynı zamanda besinsel kalitesinin kaybolmaması, ikincisi ise, ürünün tüketiciye ulaşana dek kalitesini koruyacak şekilde raf ömrüne sahip olmasıdır. Tüketime hazır taze meyvelerin mikrobiyolojik, duyu ve besinsel içeriği göz önünde bulundurularak raf ömrünün en az 4 ila 7 gün olması gerekliliğinden bahsedilmektedir (Perera, 2007). Tüketime hazır taze meyvelerin kalite özellikleri iç, dış ve saklı olmak üzere üç şekilde sınıflandırılmaktadır. Dış kalite, tüketicinin ürünle ilk karşılaştığı görünümü; iç kalite, ürünün aroması, tadı ve dokusu; saklı kalite ise sağlık etkisi, besin içeriği ve mikrobiyolojik güvenliğidir (FAO, 2011).

Tüketime hazır taze meyvelerin depolama süresince meyvelere özgü farklı depolama koşulları bulunmaktadır. Elmanın 0-5 °C, %90-95 bağıl nemde ve %1’den az oksijen içeren ortamda depolanması gerekliliğinden bahsedilmiştir (Hui, 2006).

Tüketime hazır taze meyve ve sebze üretiminde göz önünde bulundurulması gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır (Laurila and Ahvenainen, 2002):

- Hammaddenin doğru seçimi (uygun çeşidin, türün kullanılması),
- Hammaddenin doğru şekilde hasadı ve işlemlerden önce uygun şekilde depolanması,

- Hijyen ve ‘İyi Üretim Uygulamaları’na azami hassasiyetin gösterilmesi, HACCP gibi kalite kontrol yöntemlerinin uygulanması,
- İşlemler esnasında düşük sıcaklığın olması,
- Kabuk soyma işleminden önce ve sonra yıkama işleminin titizliğine dikkat edilmesi,
- Yıkama işleminde kullanılan suyun kalitesinin iyi olması (pH, mikrobiyolojik),
- Yıkamanın ardından hassas bir şekilde suyun meyveden uzaklaştırılması,
- Kabuk soymada hassas olunması,
- Kesme – doğrama işlemlerinin hassas olması,
- Uygun ambalaj malzemesinin seçimi ve ambalajlama şeklinin seçimi,
- Dağıtım ve raf ömrü süresince uygun sıcaklığın ve nem değerinin ayarlanması.

Kabuk soyma, dilimleme gibi ön işlemler uygulandıktan, kesilmiş meyvelerde biyokimyasal reaksiyonlar hız kazanmakta ve mikrobiyal bozulmalar başlamaktadır. Bunun sonucunda ürün renginde, yapısında ve tadında istenmeyen değişimler olmaktadır. Bunlar da taze meyve sebze üreticileri için en önemli sorun olarak görülmektedir. Tüketime hazır taze meyvelerde gözlenen kalite kayıplarının azaltılmasında genellikle kullanılan yöntemler oksijenin meyveyle olan temasını engellemek, antioksidan özellikli maddeler ilave etmek ya da sorumlu enzimleri inhibe etmektir (Robles-Sánchez et al., 2009).

Tüketime hazır taze meyvelerin piyasasında son yıllarda çok ciddi artış söz konusudur. Gıda endüstrisi de bu talebe yaratıcı ürün geliştirme, yeni ürün tasarımları ve inovatif teknoloji kullanarak karşılık vermektedir (FAO, 2011). Tüketime hazır taze ürünlerin raf ömrünün artırılması için yapılan çalışmalar ürünün mikrobiyolojik kalitesinin korunmasında ağırlık kazanmış durumdadır.

Ürünün duyuşal, besinsel içeriğinin zenginleştirilmesine yönelik çalışmalara daha az rastlanılmaktadır.

Tüketime hazır taze meyveler, ABD haricinde günümüzde Kanada, İngiltere gibi ölkelerde Avrupa'da ise İtalya'da popüler durumdadır. Ülkemizde bu tip ürünlerin üretimi ve pazarı için sınırlı sayıda firmalar bulunmakta; ancak her geçen yıl talebin arttığı ve özellikle büyükşehirlerde ve turistik bölgelerde tüketilen bir ürün olduğu bildirilmektedir. Ekim 2013'te Antalya'da düzenlenen '6. Uluslararası Dilimlenmiş Taze Meyve Sebze Ürünleri alıştayı'nda ölkelerin bu ürünleri tüketim durumları ve ölkemizdeki tüketim durumu dile getirilmiş; üreticilerin iç talebi karşılayamadığı da bildirilmiştir (Anonim, 2014).

2.2.1. Tüketime hazır taze elma

Tüketime hazır taze elma, her ne kadar ölkemizde olmasa da gelişmiş ölkelerde marketlerde yaygın olan bir üründür. Tüketime hazır taze elma ayrıca restoranlarda, okullarda, petrol istasyonlarında servis edilen atıştırmalık bir üründür. Tüketime hazır taze elma kabuklu ya da kabuğu soyularak dilimlenmiş şekilde düşük oksijen geçirgenliğine sahip polimerik ambalajlarda ya da kapaklı çift çeneli (clamshell) ambalajlarda satışı sunulmaktadır.

Tüketime hazır taze elmalarda gözlenen kalite kayıpları ise doku yumuşaması, kararma, fermente aroma oluşumu, çürüme ve mikrobiyal bozulmadır (Zhuang et al., 2011). Tüketime hazır taze elmalarda esmerleşme problemini önlemek için askorbik asit veya sodyum izoaskorbatın kalsiyum klorür ile birlikte kullanıldığı bilinmektedir (Buta et al., 1999). Son yıllarda yapılan çalışmalarda da esmerleşme probleminin çözümüne yönelik çalışmaların daha yoğun olduğu görölmektedir. Çünkü esmerleşmenin raf ömrünün ilk günlerinde önemli oranda gerçekleştiği bildirilmektedir (Kim et al., 1993). Elma dilimlerinin hazırlanmasında farklı enzim inhibitörlerinin, farklı antimikrobiallerin kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Röbke et al., 2010). Taze elma dilimlerinin yenilebilir filmlerle kaplandığı alışmalar (Moreira et al., 2015; McHugh and Senesi, 2000; Rojas-Graü et al., 2007) ve bazı yeni teknolojilerle (ör. vurgulu elektrik alan, düşük doz iyonize radyasyon) muamele edildiği çalışmalar da bulunmaktadır (Moreira et al., 2015; Fan et al., 2005). Bu çalışmalarda elma dilimlerinin esmerleşme özelliklerinin yanında diğerk fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinin incelendiği de görölmektedir.

2.3. Vakum Teknolojisi

Amerikan Vakum Derneği (American Vacuum Society) 'nin tanımına göre vakum, gazla dolu belirli bir boşluğun atmosferik basıncın altında bulunmasıdır. Bir sistemin mutlak basıncının ölçülmesi o sistemin vakum derecesi ile ilişkilidir. Vakumlu ortamda moleküllerin yoğunluğu $2,5 \times 10^{19}$ molekül/cm³'ten daha azdır. Vakum dereceleri; *düşük*, *orta*, *yüksek* ve *ultra yüksek* vakum dereceleri olarak sınıflandırılmaktadır. Düşük ve orta vakum dereceleri atmosferik basınçtan 10^{-2} Torr'a kadar olan basınç aralığını (1 Torr = 0.133kPa), yüksek vakum derecesi 10^{-3} ile 10^{-7} Torr basınç aralığını ve ultra yüksek vakum derecesi de 10^{-7} ile 10^{-16} Torr basınç aralığını simgelemektedir. Her bir vakum derecesi farklı fiziksel durumlara karşılık gelmektedir. Bu durumların tanımlanması için de 'moleküler yoğunluk', 'ortalama serbest yol' ve 'tek katman oluşturmak için zaman katsayısı' terimlerinden yararlanılmaktadır (Roth, 1990). Bu terimler basınçla ilişkili olduğu gibi gazın çeşidi ve sıcaklığıyla da ilişkilidir. Vakum teknolojisinin kullanıldığı bazı alanlar, kullanım amacı ve vakumun fiziksel durumu Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Gıda endüstrisinde kurutma, konsantrasyon, dondurarak kurutma, gaz alma ve emdirim gibi işlemlerde vakumun işlevi çözünen ya da emilen gazın ortamdaki uzaklaştırmasıdır ve fiziksel durumu ise 'düşük moleküler yoğunluk' terimi ile ilişkilendirilmektedir (Roth, 1990).

Çizelge 2.3 Vakum teknolojisinin farklı alanlarda kullanım amacı ve vakumun fiziksel durum tanımları

Uygulama	Amaç	Fiziksel Durum
<ul style="list-style-type: none"> • Taşıma (pnömatik vs) • Filtrasyon • Kaldırma 	Basınç farkı yaratmak	Düşük Basınç
<ul style="list-style-type: none"> • Termal izolasyon • Elektrik izolasyonu 	Enerji transferini düşürmek	Düşük moleküler yoğunluk
<ul style="list-style-type: none"> • Kütle spektrofotometrisi • Elektron mikroskobu • Moleküler distilasyon 	Moleküler çarpışmayı engellemek	Yüksek ortalama serbest yol
<ul style="list-style-type: none"> • Kurutma • Dondurarak kurutma • Gaz alma • Emdirim 	Çözünen ya da var olan gazı uzaklaştırmak	Düşük moleküler yoğunluk

Gıdalarda atmosferik ortamda oluşan bozulmaya neden olan reaksiyonları önlemek için *vakumlu ambalajlama*; meyve suyu gibi gıda ürünlerinin kuru maddelerinin artırılması amacıyla *vakumlu konsantrasyon* uzun yıllardır gıda

endüstrisi tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Vakumlu konsantrasyon veya vakumlu kurutma işlemlerinde gıdadan suyun uzaklaştırılması için yüksek ısı gerekmediğinden gıdaların ısıya bağlı olarak besin değerlerindeki azalma önlenmektedir. Örneğin, reçel üretiminde açık kazanda üretime kıyasla vakumlu kazanda üretilen reçellerin enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları minimize edilmekte, bunun yanı sıra ısıl işlem koşullarına bağlı olarak oluşum hızı artan hidroksimetil furfural (HMF) gibi kanserojen olduğu bilinen sağlığa zararlı maddelerin oluşumu engellenmektedir. Vakumlu kurutma işleminin de güneşte kurutma, fırında kurutma gibi yaygın olarak kullanılmakta olan diğer kurutma yöntemlerine kıyasla meyve ve sebzelerin kuruma akısını ve hızını artırdığı gibi besin değerlerini yüksek oranda koruduğu da yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Orikasa et al., 2014; Wu et al., 2007).

2.4. Vakumlu Emdirim

2.4.1. Vakumlu emdirim tekniği

Vakumlu emdirim, meyve ve sebze gibi gözenekli yapıya sahip gıdanın kapiler yapı ile bir sıvı arasında kütle transferinin gerçekleştiği bir temel işlemdir. Vakumlu emdirim işleminde ‘hidrodinamik mekanizma’ ve ‘deformasyon gevşeme olayları’ ile açıklanan birtakım süreçler gerçekleşmektedir ve bu süreçlerde basınç farkından kaynaklanan kapiler yapının şişmesi, büzülmesi ile gaz çıkışı ve sıvı geçişi gerçekleşmektedir.

Vakumlu emdirim, her ne kadar başlangıçta ozmotik dehidrasyonu hızlandıran bir işlem olarak ortaya çıkmış olsa da, son yıllarda meyve ve sebzelerin dokularının zenginleştirilmesinde kullanılan oldukça popüler bir yöntem olmuştur. Vakumlu emdirim, meyve ve sebzelere mineral, vitamin, fenolik madde, antimikrobiyal, esmerleşmeyi önleyici madde, enzim vb. maddelerin aktarılmasında kullanılan faydalı bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır.

2.4.2. Ozmotik dehidrasyon ve vakumlu emdirim işlemi

Vakumlu emdirim işlemi, meyve ve sebzelere uygulanan ‘ozmotik dehidrasyon’ işlemine alternatif olarak geliştirilmiş yeni bir teknoloji olarak nitelendirilmektedir. Ozmotik dehidrasyon, ozmotik çözelti içerisinde bitki dokusundan suyun belli oranlarda uzaklaştırılması için kullanılan yaygın bir

yöntemdir ve dondurma, dondurarak kurutma, mikrodalga kurutma, havalı kurutma, vakumlu kızartma gibi işlemler uygulanacak meyve ve sebzelere besinsel, duyuşsal ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek ve bütünlüklerini korumak için uygulanan ön işlemdir (Maran et al., 2013). Ozmotik işlemdede, gıdadan ozmotik çözeltiye su geçişi ve çözeltiden gıdaya çözünen geçişi olmak üzere karşılıklı bir akış söz konusudur. Bunların haricinde, üçüncü akış olarak da gıdadan çözeltiye şeker, organik asit, renk maddesi, mineral ve vitaminler geçebilir; ancak bu geçişler oransal olarak önemsiz görülmektedir (Zhao and Xie, 2004).

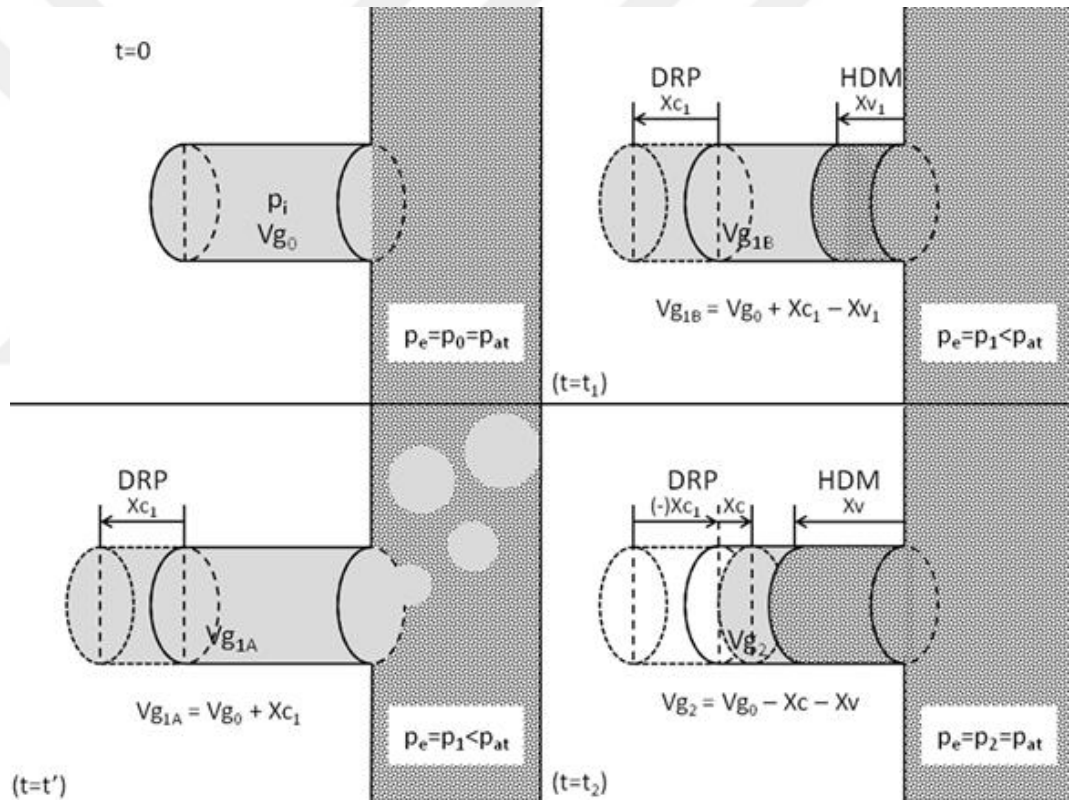
Vakumlu emdirim tekniğı, ozmotik dehidrasyon işleminin belirli bir süre vakum altında gerçekleştirilmesidir. Bu teknik sayesinde ozmotik dehidrasyon işleminin verimliliğinin arttığı; böylece işlem süresinin kısaldığı bilinmektedir (Fito and Chiralt, 2000). Vakumlu emdirim tekniğinde işlem, gıda maddesi çözeltiye daldırıldıktan sonra iki adımda gerçekleşmektedir. İlk adımda, sistem kapatılır ve vakum bir süre için uygulanır. Böylece, ürün içerisindeki gazın genişlemesi ve ürün dışına çıkışı kolaylaşır. İkinci adımda, vakum kesilir ve kapalı sistem atmosferik basınçta bir süre bekletilir. Bu aşamada kalan gaz sıkışır ve gözeneklerde yer alan gazın hacminde hızlı bir azalma meydana gelir, böylece dışarıdaki sıvının gözenekli yapıya geçişi gerçekleşir (Derossi et al., 2013; Perez-Cabrera et al., 2011). Bu olaylar hidrodinamik mekanizma (HDM) ve deformasyon – gevşeme olaylarına (DRP) göre gerçekleşmektedir (Fito et al., 2001a).

Vakumlu emdirim işleminin ozmotik dehidrasyona kıyasla avantajı, katı-sıvı ara faz yüzey alanının artması sonucu her iki fazda kütle transferinin hızlanmasıdır (Lombard et al., 2008; Mujica-Paz et al., 2003). Ayrıca, uçucu bileşenlerin ve ürün renginin kaybı daha azdır ve kütle transfer hızı yüksektir (Zhao and Xie, 2004).

2.4.3. Hidrodinamik mekanizma ve deformasyon gevşeme olayı

Vakumlu emdirim işleminde, gıda maddesi emdirim çözeltisine daldırıldığında kapiler yapı içindeki ve dışındaki basınç atmosferik basınca eşit durumdadır. Bu anda kapiler yapının içi gazla doludur. İlk durumda, basıncın düşmesiyle basınç farklılığı oluşması sonucu kapiler yapıdaki gaz dışarı çıkar. Basıncın düşmesi, aynı zamanda kapiler yapının deformasyonuna ve genişlemesine neden olur. Bu olay, deformasyon – gevşeme olayının (DRP) ilk

aşamasıdır. Kapiler yapının hacmi artar ve bu durum basınç dengelenene dek devam eder. Sonrasında, hidrodinamik mekanizma (HDM) sonucu kapiler yapı yavaş yavaş sıvı ile dolmaya başlar, kapiler yapının iç basıncı yavaşça yükselir ve serbest hacim azalır. Vakumlu emdirim işleminde vakum kesilip atmosferik basınca dönüldüğünde, DRP gevşeme aşamasına geçilmiş olur. Kapiler yapı büzülmeğe başlar ve bu büzülme sonucu oluşan hacim, gıdanın ilk andaki kapiler yapı hacminden daha düşük seviyelere gelir. Bu anda, kapiler yapı iç basıncının yükselmesi ve büzülme sonucu, dışardan içe doğru yoğun şekilde sıvı akışı meydana gelir (Şekil 2.3). Gevşeme olayı, uygulama açısından çok önemlidir; çünkü maddelerin emdirimi bu aşamada gerçekleşmektedir. Vakumun kesilmesi bir anda çok hızlı olmamalıdır; aksi halde kapiler yapının sıkışıp kapanması sonucu HDM gerçekleşemeyebilir (Radziejewska-Kubzdela et al., 2014).



Şekil 2.3 Vakumlu emdirim işleminde hidrodinamik mekanizma (HDM) ve deformasyon gevşeme olayları (DRP)'nin süreci (Radziejewska-Kubzdela et al., 2014) (t-süre; t'-iç ve dış basıncın eşit olması için geçen süre; t₁-vakum süresi; t₂-restorasyon süresi; P₀-ilk basınç; P₁-vakum basıncı; P₂-son basınç; P_i-iç basınç; P_e-dış basınç; P_{at}-atmosferik basınç; V_{g0}-kapiler boru içindeki gazın ilk hacmi; V_{g1A}, V_{g1B}, V_{g2}-vakumlu emdirimin farklı aşamalarında kapiler boru içindeki gazın hacmi; X_{C1}-DRP sonucu kapiler boru içindeki gaz hacmindeki artış; X_C- DRP sonucu kapiler boru içindeki gaz hacmindeki azalma; X_{V1}-HDM sonucu kapiler boru içindeki gaz hacmindeki kısmi azalma; X_V-HDM sonucu kapiler boru içindeki gaz hacminde azalma)

2.4.4. Vakumlu emdirim işlemini etkileyen parametreler

Vakumlu emdirim işleminin uygulanması aşamasında, işlem verimliliğini ve işlemler sonunda gıda maddesinin kalitesini etkileyen faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Vakumlu emdirim işleminde meyve sebzenin türü, gözenek yapısı dışında işlem parametrelerinin de etkileri bulunmaktadır. Literatürde vakumlu emdirim konusunda yapılan çalışmalar derlendiğinde, hem vakumlu emdirim işlemini hem de son ürün özelliklerini etkileyen aşağıdaki faktörlerden söz edilmektedir:

- Meyve sebzenin gözenek yapısı (kapiler genişlikleri ve dağılımı),
- Meyve ve sebzenin çeşidi ve türü,
- Meyve ve sebzenin yüzey alanı, kalınlığı ve şekli,
- Emdirim çözeltisinin konsantrasyonu (izotonik, hipertonic veya hipotonik),
- Emdirim çözeltisinde kullanılan çözgenin çeşidi ve moleküler ağırlığı,
- Emdirim çözeltisinin viskozitesi ve sıcaklığı,
- Karıştırma işlemi,
- Emdirim çözeltisi/gıda oranı,
- Vakum basıncı değeri,
- Vakum uygulama süresi,
- Vakum sonrası restorasyon süresi.

Öncelikle, meyve ve sebzenin gözenek yapısı vakumlu emdirim işleminin uygulanmasında en önemli parametredir, çünkü işlemin amacına ulaşması için emdirim çözeltisinin kapiler yapıya geçişinin olması gerekmektedir. Meyve ve sebzelerin kapiler yapısının çaplarının genellikle et, balık, peynir gibi gıdalara kıyasla çok daha geniş olması onların vakumlu emdirim işleminde

kullanılmalarına olanak sağlamaktadır. Kütle transfer hızını etkilediği bilinen yüzey alanı ve yüzey kalınlığı, vakumlu emdirim işlemini etkileyen faktörlerdendir. Bu sebepten meyve sebzelerin işlem öncesi hazırlanmasında vakumlu emdirim işleminin amacına yönelik bu faktörlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Çalışmalarda aynı zamanda meyve sebzelerin mekanik özelliklerinin de emdirim işlemini en az gözenek yapısı kadar etkilediğine vurgu yapılmaktadır (Salvadori et al., 1998). Gras et al. (2003), emilim oranının dokunun yapısal ve mekanik özelliklerine bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Vakumlu emdirim işleminde diğer bir faktör de emdirim çözeltisinin konsantrasyonudur. İzotonik; çözeltide yer alan çözünenin konsantrasyonunun, çözelti içinde bulunan gıdanın hücre içindeki konsantrasyonu ile aynı olmasıdır. Hipotonik; çözeltide yer alan çözünenin konsantrasyonunun, hücre içi konsantrasyonundan daha düşük olmasıdır. Hipertonik ise; çözeltide yer alan çözünenin konsantrasyonunun, hücre içi konsantrasyonundan daha yüksek olmasıdır. İzotonik çözeltide, hücrede değişim gözlenmezken; hipotonik çözeltide suyun hücre içine girmesi ile hücre şişer ve hipertonik çözeltide ise hücre su kaybederek büzülür. Dolayısıyla, vakumlu emdirim işleminde kullanılması gereken emdirim çözeltisinin seçimi ve amacına yönelik konsantrasyonunun hazırlanması da önemlidir. Ozmotik dehidrasyon işleminde hipertonik çözelti kullanılırken, zenginleştirme işlemlerinde ise gıda maddesinden emdirim çözeltisine geçişin sınırlandırılması amacıyla izotonik çözelti tercih edilmektedir (Panarese et al., 2013; Perez-Cabrera et al., 2011).

Meyve ve sebzelerin işlenmesinde vakumlu emdirim işleminde daha çok düşük moleküler ağırlıklı karbonhidratlar seçilir, çünkü çözünenler daha hızlı emilebilmektedir. Örneğin, sakarozun difüzyon hızı glikozdan düşüktür, çünkü glikozun moleküler ağırlığı sakarozun yaklaşık yarısı kadardır. Sakaroz, mısır şurubu, meyve suyu konsantreleri meyve ve sebzelerin vakumlu emdirim işleminde en yaygın kullanılan emdirim çözeltilerdir. Emdirim çözeltisine belirli miktarda tuz eklenmesi de ozmotik dehidrasyon işleminde meyve ve sebzelerde maksimum su kaybını ve minimum çözücü emilimi sağladığı gösterilmiştir (Zhao and Xie, 2004).

Fito and Pastor (1994) hücreler arası boşluğun yani gözenek yapısının emilim oranını çok etkilediğini rapor etmişlerdir. Bu sebeplerden, farklı meyve ve sebzeler yapıcı farklılık gösterdiği için vakumlu emdirim tekniğine uygunlukları

incelenmekte ve optimum işlem koşulları belirlenmektedir. Vakumlu emdirim işleminde vakum basıncı, vakum süresi ve vakum sonrası restorasyon süresi gıdaya emdirilen madde(ler)in miktarını, emdirim sonrası gıdanın hücre yapısını ve gıdanın işlem sonrası fiziksel, kimyasal kalite özelliklerini etkileyen önemli işlem parametreleridir. Bu parametrelerin birbiriyle ilişkili olduğu vurgulanmaktadır. Vakum basıncı ile vakum süresinin özellikle son ürün özelliklerini ve ürün hücre yapısını etkilemede etkili olduğu bildirilmektedir (Mujica-Paz et al., 2003; Panarese et al., 2013); dolayısıyla her iki parametrenin optimum şekilde ayarlanarak vakumlu emdirim işlemlerinde değerlerinin belirlenmesi önemlidir. Ürün gözeneklerine emdirim çözeltisinin geçişinin olduğu DRP aşamasının vakum sonrası atmosferik basınçta gerçekleşen restorasyon süresinde gerçekleştiği bildirilmektedir (Hironaka et al., 2011).

Literatür incelendiğinde, elma, şeftali, armut gibi gözenekli yapıya sahip meyvelerin kullanıldığı vakumlu emdirim işlemlerinde vakum basıncının genellikle 100 – 650 mmHg basınç aralığında, vakum süresinin 1 – 10 dakika ve vakum sonrası restorasyon süresinin de 5 – 30 dakika aralığında seçildiği görülmektedir (Park et al., 2015; Perez-Cabrera et al., 2011; Castagnini et al., 2015). Bazı çalışmalarda bu aralıkların çok daha ötesinde sürelerin seçildiğine de rastlanılmaktadır. Derossi et al. (2013) mantarın pH değerini düşürmede toplam 720 dakika restorasyon süresini denemiştir. Hironaka et al. (2011) da bütün patates diliminin askorbik asit ile zenginleştirilmesinde 180 dakikaya kadar restorasyon süresini denemiştir.

2.4.5. Vakumlu emdirim tekniğinin meyve ve sebzelerin dokularının zenginleştirilmesi işleminde kullanılması

Vakumlu emdirim işlemi, ilk kez ozmotik dehidrasyon işlemini hızlandıran bir teknik olarak ortaya çıkmıştır (Fito, 1994). Vakumlu emdirim tekniği, aynı zamanda, gözenekli yapıya sahip gıdaların zenginleştirilmesinde kullanılan faydalı bir teknik olarak tanımlanmaktadır (Fito et al., 2001a). Vakumlu emdirim tekniği fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesinde ve az işlem görmüş gıdaların muhafazasında meyve ve sebzelerin canlı hücrelerine antimikrobiyal madde, esmerleşmeyi önleyici ajan, vitamin, mineral, fenolik maddeler vb. maddelerin aktarılmasında denenmiş ve başarılı sonuçlar alınmış bir teknolojidir. Literatür incelendiğinde, vakumlu emdirim tekniği kullanılarak meyve ve sebzelere çeşitli vitaminlerin, minerallerin, probiyotik bakterilerin, pH düşürücü ajanların, aroma maddelerinin, fenolik maddelerin, enzimlerin, antimikrobiyal maddelerin,

kriyoprotektanların başarıyla aktarıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Hironaka et al., 2011; Derossi et al., 2013; Guillemain et al., 2006; Comandini et al., 2010; Perez-Cabrera et al., 2011; Park et al., 2005; Martínez-Monzó et al., 1998; Rößle et al., 2010).

Vakumlu emdirim tekniği kullanılarak ilk önce meyve ve sebzelerin mineral maddeler ile zenginleştirilmesi çalışmalarına rastlanılmaktadır (Fito et al., 2001b). Vakumlu emdirim işlemi kullanılarak meyve ve sebzelere çeşitli maddelerin aktarımının olduğu çalışmalara özellikle son yıllarda hız verildiği görülmektedir (Yurttaş et al., 2014; Castagnini et al., 2015; Neri et al., 2016). Yapılan çalışmalarda fonksiyonel ürün geliştirme ve tüketime hazır taze meyvelerin vakumlu emdirim işlemi ile hazırlanması çalışmalarına daha sık rastlanılmaktadır (Bellary and Rastogi, 2014; Schulze et al., 2012). Vakumlu emdirim işlemi ile meyve ve sebzelerin çeşitli maddeler ile zenginleştirilmesinin ardından kurutma işlemi uygulanarak atıştırmalık kurutulmuş meyve cipsleri de üretilebilmektedir (Castagnini et al., 2015; Karacaoğlu vd., 2016).

Tüketime hazır taze meyve ve sebzelere pozitif etkisi olabilecek ve onların sınırlı olan raf ömürlerini uzatabilecek antimikrobiyal, esmerleşme önleyici ya da pH düşürücü maddelerin vakumlu emdirim işlemi ile meyve sebzelere aktarılması da pratik bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Tüketime hazır taze meyve ve sebzelerin kabuk soyma, dilimlenme gibi işlemleri olduğundan esmerleşme ve mikrobiyal bozulma riskleri bulunmaktadır. Aynı zamanda, dokuda istenmeyen bozulmalar meydana gelebilmektedir. Söz konusu olumsuzlukları azaltmak amacıyla, vakumlu emdirim tekniği ile meyve sebzelere esmerleşmeyi önleyici ajanlar, antimikrobiyal maddeler ve dokunun korunmasını sağlayacak kalsiyum tuzları aktarılmaktadır. Tüketime hazır taze meyve ve sebzelere aktarılan maddeler yalnızca raf ömrünü uzatmak amacıyla değil aynı zamanda besin değerini ya da fonksiyonel özelliğini artırmaya yönelik de olabilmektedir. Vitaminler, mineraller, aroma maddeleri, probiyotik bakteriler, fenolik maddeler bunlara örnektir (Park et al., 2005; Comandini et al., 2010; Schulze et al., 2012). Burada ürünün taze olması ve hücrenin de canlı olmasından dolayı işlem parametrelerinden özellikle vakum basıncı ve vakum süresinin kontrollü uygulanması gerekmektedir.

Meyve ve sebzelerin dokularına çeşitli maddelerin aktarıldığı çalışmalara ait temel veriler Çizelge 2.4'te verilmiştir. Çizelge 2.4'te ürün çeşidi, emdirilmesi amaçlanan madde(ler), emdirim çözeltisi özelliği ve işlem koşulları incelenmiştir.

Çizelge 2.4 Vakumlu emdirim tekniği ile meyve ve sebzelere çeşitli maddelerin aktarıldığı literatür çalışmaları

Hammadde	Emdirilen madde	Emdirim Çözeltisi / Çözelti : ürün oranı	İşlem koşulları	Sonuç	Kaynak
Elma Çilek Ahududu	Pektinmetilesteraz (PME) ve kalsiyum klorür (CaCl ₂ .2H ₂ O)	%35 sakaroz çözeltisi içerisinde %0,6 PME ve %1 CaCl ₂ .2H ₂ O / 1:1	50 mmHg vakum basıncı, 2 dk vakum süresi + pastörizasyon	PME ve CaCl ₂ sinerjik etki ile ürünlerin sıklığını artırmıştır	Degraeve et al., 2003
Çilek (Totem)	Kriyoprotektanlar: Yüksek fruktozlu mısır şurubu (YFMS) ve Yüksek metoksi pektin (YMP); ayrıca mineraller (kalsiyum ve çinko)	1. % 50 YFMS içinde %12 kalsiyum glukonat – kalsiyum laktat karışımı ve %0,04 çinko laktat 2. %3 YMP içinde %12 kalsiyum glukonat – kalsiyum laktat karışımı ve %0,04 çinko laktat / 3:1	Vakum basıncı = 50 mmHg Vakum süresi = 15 dk Restorasyon süresi = 30 dk	Dondurulmuş çözündürülmüş çileğin dokusal özelliklerinin korunmasında etkili olmuştur. Mineraller de besinsel içeriğin artırılmasında etkili olmuştur.	Xie and Zhao 2004
Elma (Fuji)	E vitamini ve mineraller (kalsiyum ve çinko)	1. %20 YFMS içinde %7,5 kalsiyum glukonat – kalsiyum laktat karışımı, %0,04 çinko laktat ve %0,4 α tokoferol asetat 2. %1 kalsiyum kazeinat içinde %7,5 kalsiyum glukonat – kalsiyum laktat karışımı, %0,04 çinko laktat ve %0,4 α tokoferol asetat 2,67:1	Vakum basıncı = 100 mmHg Vakum süresi = 15 dk Restorasyon süresi = 30 dk	E vitamini 100 kat, kalsiyum ve çinko içeriği de 50 kat artmıştır. Duyusal analiz sonuçlarına göre 1 no'lu formülasyon daha çok beğenilmiştir.	Park et al., 2005
Elma (Malus pumila)	Kalsiyum tuzları	%10,9 glukoz + 5266 ppm kalsiyum tuzları (Ca ²⁺ lactate, Ca ²⁺ glukonat) + 1500 ppm potasyum sorbat + pH:3,5 için sitrik asit / -	Vakum basıncı = 730 mmHg Vakum süresi = 10 dk Restorasyon süresi = 10 dk	1150 – 2050 ppm kalsiyum emdirimi gerçekleştirilmiştir.	Anino et al., 2006

Çizelge 2.4 Vakumlu emdirim tekniği ile meyve ve sebzelere çeşitli maddelerin aktarıldığı literatür çalışmaları (devam ediyor)

Hammadde	Emdirilen madde	Emdirim Çözeltisi / Çözelti : ürün oranı	İşlem koşulları	Sonuç	Kaynak
Elma (<i>Granny Smith</i>)	Pektinmetilesteraz (PME)	(27 U g ⁻¹ PME) / 6,25:1	Vakum basıncı = 37,5 mmHg Vakum süresi = 0,5 dk Restorasyon süresi = 5 dk	Vakum emdirim yöntemi, daldırma yöntemine kıyasla dokuya enzim geçişini hızlandırmıştır ve meyve suyu sanayi için yeni bir potansiyel yöntem olduğu bildirilmiştir.	Guillemin et al., 2006
Elma (<i>Granny Smith</i> ve <i>Stark delicious</i>)	Dekstroz, sakaroz, askorbik asit, kalsiyum klorür, NaCl	%37,9 dekstroz, %15,2 sakaroz, %1 askorbik asit, %0,25 kalsiyum klorür ve %0,25 NaCl / 11:1	Vakum basıncı = 75 mmHg Vakum süresi = 30 dk Restorasyon süresi = 5 dk	Her iki çeşit elmada da işlem sonunda fenolik madde ve antioksidan kapasitede düşüş gözlenmiştir. <i>Granny smith</i> çeşidi duyuusal analizde birçok parametrede daha yüksek puanlanmıştır.	Blanda et al., 2008
Trabzon hurması (<i>Diospyros kaki L.</i>)	-	24 °Bx sakaroz çözeltisi / -	Vakum basıncı = 722,5 mmHg Vakum süresi = 5 dk Restorasyon süresi = 5 dk	Duyusal, mekanik ve optik özelliklerinde olumlu değişim gözlenmiştir.	Igual et al., 2008
Elma (<i>Golden delicious</i>)	Aroma maddeleri	14 – 15 °Bx izotonik fruktoz şurubu + %0,5 askorbik asit + %0,5 yeşil elma aroması / 17:1	Vakum basıncı = 210 mmHg Vakum süresi = 5 dk Restorasyon süresi = 1,5 dk restorasyon süresi + ultrases uygulaması ya da restorasyon süresinin devamı (2,5, 5 ve 12,5 dk; 35 kHz)	En yüksek aroma emdirimi 5 dk restorasyon süresince ya da 5 dk ultrases uygulamasında gerçekleşmiştir.	Comandini et al., 2010
Biber	Laktik asit	Suyun pH değerini 2,70'e düşürecek kadar laktik asit ilavesi / 5:1	Vakum basıncı = 460 ve 610 mmHg Vakum süresi = 2 ve 5 dk Restorasyon süresi = 10, 15 ve 30 dk	pH değişim değeri (RpH) 460 ve 610 mmHg vakum basınçları için sırasıyla 0,929 ve 0,894 olarak bulgulanmıştır. Vakum uygulanmadığında bu değer 0,968 olarak kalmıştır.	Derossi et al., 2010

Çizelge 2.4 Vakumlu emdirim tekniği ile meyve ve sebzelere çeşitli maddelerin aktarıldığı literatür çalışmaları (devam ediyor)

Hammadde	Emdirilen madde	Emdirim Çözeltisi / Çözelti : ürün oranı	İşlem koşulları	Sonuç	Kaynak
Patates	Askorbik asit (AA)	%10 AA / %3 (patatesin çözelti içinde oranı)	Vakum basıncı = 700 mmHg Vakum süresi = 0-60 dk Restorasyon süresi = 180 dk	Vakum süresi ve vakum sonrası restorasyon süresi emdirimde etkili faktördür. 100 g bütün patatese 150 mg AA emdirilebilmektedir.	Hironaka et al., 2011
Kabak (<i>Cucurbita pepo</i> , L.)	Kalsiyum klorür (CaCl ₂)	%10 maltodekstrin çözeltisi içerisinde %0 – 5 NaCl ve 0 – 1000 mM CaCl ₂ / 3,3:1	Vakum basıncı = 741,25 mmHg Vakum süresi = 10 dk Restorasyon süresi = 30 dk	Örneklere çözünen madde ve su geçişi hızlanmıştır. Kalsiyum sayesinde doku korunmuştur.	Occhino et al., 2011
Armut (<i>Pirus comunis</i> , cv. Blanquilla)	Esmerleşme önleyici maddeler (trisodyum sitrat, sodyum L-askorbat, EDTA, 4-hexylresorcinol Citrate) ve kalsiyum laktat	14 °Bx sakaroz (Esmerleşme önleyici maddeler farklı oranlarda ve kombinasyonlarda eklenmiştir) / 20:1	Vakum basıncı = 722,25 mmHg Vakum süresi = 5 dk Restorasyon süresi = 10 dk	Raf ömrü süresince renk, dokusal ve mikrobiyolojik olarak en uygun madde askorbat belirlenmiştir. Kalsiyum laktat dokuyu korumada etkili olmuştur.	Perez-Cabrera et al., 2011
Elma (<i>Granny smith</i>)	Bal, Natureseal ® AS1	%50 bal çözeltisi/ 3:1	Vakum basıncı = 525 mmHg Vakum süresi = 10 dk Restorasyon süresi = 10 dk	Esmerleşme önleyici maddenin kullanılması üründe farklılık sağlamıştır; ayrıca ürünün toplam fenolik ve antioksidan kapasitesi düşmüştür.	Röble et al., 2011
Elma (<i>Malus domestica</i>)	Elma kabuğundan izole edilmiş kuarsetin	%0,3 elma kabuğu ekstraktı içeren 11.1 °Bx elma suyu (%0, 0,8 ve 1,2 pektin ilavesi) / -	Vakum basıncı = 75 – 600 mmHg Vakum süresi = 5 dk Restorasyon süresi = 10 dk	Elma çeşidi ve vakum basıncı kuarsetin emdiriminde önemli parametredir. Emdirim çözeltisi viskozitesi de emdirimi etkilemiştir.	Schulze et al., 2012
Mantar (<i>Agaricus bisporus</i>)	Laktik asit	Suyun pH değerini 3,05'e düşürecek kadar laktik asit ilavesi / 8:1	Vakum basıncı = 460 ve 610 mmHg Vakum süresi = 2 dk Restorasyon süresi=20 ila 720 dk	Vakum basıncı, pH değerinin değişiminde ve ürün porositesinde etkili parametredir.	Derossi et al., 2013

Çizelge 2.4 Vakumlu emdirim tekniği ile meyve ve sebzelere çeşitli maddelerin aktarıldığı literatür çalışmaları (devam ediyor)

Hammadde	Emdirilen madde	Emdirim Çözeltisi / Çözelti : ürün oranı	İşlem koşulları	Sonuç	Kaynak
Muz (<i>Musa cavendish</i>)	Kurkumin (zerdeçal renk maddesi)	%10 NaCl + %0,5 kurkumin çözeltisi / 5:1	Vakum basıncı = 150 mmHg Vakum süresi = 30 dk Restorasyon süresi = 300 dk (restorasyon süresince ultrases uygulaması: 35kHz, 5 dk açık; 25 dk kapalı)	Restorasyon süresince ultrases uygulaması emdirim miktarını artırmış ve ürünün fiziksel, kimyasal özellikleri diğer yöntemlere kıyasla farklılık göstermiştir.	Bellary and Rastogi, 2014
Mantar (<i>Agaricus bisporus</i>)	Kitosan, askorbik asit, sitrik asit, kalsiyum laktat	1. 0,5 g/100 g asetik asit + 1 g/100 g kalsiyum laktat + 1 g/100 g kitosan (suda) 2. 2 g/100 g askorbik asit + 1 g/100 g kitosan (suda) 3. 2 g/100 g sitrik asit + 1 g/100 g kitosan (suda) 4. 1 g/100 g kitosan (suda)	Vakum basıncı = 635, 660, 685 ve 710 mmHg Vakum süresi = 5 ve 10 dk Restorasyon süresi = 5 ve 10 dk (işlem sonunda elektron ışınlama)	Raf ömrünü uzatmada en uygun 2 no'lu formülasyon belirlenmiştir. En uygun işlem parametreleri olarak da 710 mmHg, 5 dk vakum ve 5 dk restorasyon süresi belirlenmiştir.	Yurttas et al., 2014
Elma (<i>Granny Smith</i>)	Yaban mersini suyu	Yaban mersini suyu / -	Vakum basıncı = 722,25 mmHg Vakum süresi = 10 dk Restorasyon süresi = 10 dk	100 g taze elmaya 22 mL yaban mersini suyu emdirilebilmiştir, böylece antioksidan kapasite de artmıştır.	Castagnini et al., 2015
Elma (<i>Golden delicious</i>)	Sorbitol, glikoz, sakaroz, trehaloz, maltoz	İlk aşama: saf su İkinci aşama: %13'lük farklı izotonik çözeltiler (sorbitol, glikoz, sakaroz, trehaloz ve maltoz) / her iki aşamada da 4:1	İlk aşama: 642,8 ve 37,5 mmHg arasında değişen vakum basınçları (10 s vakum süresi) ve 642,8, 553,5 ve 464,3 mmHg vakum basınçları (100 ve 1000 s vakum süresi) İkinci aşama: 553,5 mmHg vakum basıncı, 10 s vakum süresi 1 dk restorasyon süresi (her aşamada)	553,5 mmHg vakum değeri ve 10 s vakum süresi en az çözünen kaybının olduğu ve renk değerlerinin en iyi olduğu işlem koşulu olarak belirlenmiştir. İzotonik karbonhidratların kullanımının (özellikle sorbitol, trehaloz ve sakaroz) ürün duyuşsal özellikleri ve raf ömrünü artırmada katkıları olmuştur.	Neri et al., 2016

Perez-Cabrera et al. (2011), az işlem görmüş şeftalileri bazı kararmayı önleyici ajanlarla (trisodyum sitrat, sodyum L-askorbat, EDTA, 4-heksilresorkinol sitrat) vakumlu emdirim işlemine tabi tutmuşlar ve kontrole kıyasla bu ürünlerin mikrobiyolojik, duyuusal, mekanik özelliklerinin ve raf ömrünün yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Raf ömrü süresince renk, dokusal ve mikrobiyolojik olarak en uygun ajan maddeyi de askorbat olarak belirlemişlerdir. Panarese et al. (2013) vakumlu emdirim tekniğinde kütle transferinin ve gaz çıkışının gerçekleşmesinde basınç eşliğinin belirlenmesi için mikroskopik yöntem geliştirmişlerdir.

Derossi et al. (2010, 2013) biberin ve mantarın laktik asit ile pH derecelerini düşürebilmek amacıyla vakumlu emdirim tekniğinden yararlanmışlar ve vakumlu emdirim tekniğinin meyve ve sebzelerin asitliğinin artırılmasında kullanılabilecek bir yöntem olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada farklı vakum dereceleri (460-610 mmHg), vakum süreleri (2 ve 5 dakika) ve restorasyon süreleri (10, 15 ve 30 dakika) denenmiş ve vakum düzeyinin asitlendirme işleminde çok önemli bir parametre olduğu rapor edilmiştir.

Schulze et al. (2012), atık olarak görülen elma kabuklarından ekstrakte ettikleri kuarsetin türevlerinin kabuğu soyulmuş elmanın paranzima hücrelerine geçişini sağlamak amacıyla vakumlu emdirim tekniğini uygulamışlar ve uygun işlem koşullarında (75 mmHg basınç, 0,03 °Bx emdirim çözeltisi, %0 pektin) vakumlu emdirim tekniğinin elmanın kuarsetinle zenginleştirilmesinde etkili bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Blanda et al. (2008), Granny Smith ve 300 Stark Delicious çeşidi elmalara vakumlu emdirim işlemi uygulanmasının ardından elma dilimlerinin özelliklerini incelemiştir. Vakum basıncının 75 mmHg, vakum süresinin 30 dk ve restorasyon süresinin 5 dk olarak belirtildiği işlemler, dekstroz (%37,9), sakaroz (%15,2), askorbik asit (%1), kalsiyum klorid (%0,25) ve sodyum kloridin (%0,25) bulunduğu emdirim çözeltisinde gerçekleştirilmiştir. İşlemlerin sonunda Granny ve Smith çeşidi elmaların HPLC-DAD ile belirlenmiş toplam fenolik madde miktarlarının sırasıyla %26,86 ve %21,57 düştüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca, Smith çeşidine kıyasla Granny çeşidinin duyuusal değerlendirme puanlarının ve tekstür parametrelerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Park et al. (2005), Fuji çeşidi elma dilimlerine farklı emdirim çözeltileri kullanarak (Bkz. Çizelge 2.4), E vitamini, kalsiyum ve çinko aktarmışlardır. Vakum basıncı 100 mmHg, vakum süresi 15 dk ve restorasyon süresi 30 dk olarak

belirtilmiştir. Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma örneklerinin taze elmaya kıyasla yaklaşık 100 kat yüksek E vitamini ve 20 kat yüksek kalsiyum ve çinko içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yedi gün soğukta depolamanın sonunda 1 gram elmada toplam canlı sayısını 2,6 log Koloni Oluşturma Birimi (KOB) olarak tespit etmişler ve bu değer endüstriyel standartların çok altında olduğunu rapor etmişlerdir. Vakumlu emdirim işleminin 3 haftalık soğukta depolama süresince elmalarda toplam renk değişimini önemli oranda azalttığı; ayrıca elmaların sıklık değerini korumada yardımcı olduğu rapor edilmiştir.

Vakumlu emdirim işleminin her ne kadar birçok avantajı bulursa da, işlemler sonunda meyve ve sebzelerin fenolik madde miktarında dolayısıyla ürün antioksidan kapasitesinde emdirim çözeltisinin özütlemesinden kaynaklı azalma meydana gelebilmektedir (Röble et al., 2011; Blanda et al., 2008). Bu durumu göz önünde bulundurarak meyve ve sebzelerin fenolik maddeler ile zenginleştirilmesi çalışmaları da bulunmaktadır (Bellary and Rastogi, 2014). Literatürde ayrıca bu konuda sınırlı sayıda çalışma olduğu anlaşılmaktadır.

Yine vakumlu emdirim işlemine tabi tutulan meyve ya da sebzelerin çözeltiyle teması sonucu dokuda istenmeyen değişimler de gözlenmektedir. Buna çözüm olarak da emdirim çözeltisine kalsiyum tuzları eklenmektedir. Kalsiyum tuzlarının dokuya aktarılarak pektin moleküllerini çapraz bağlayarak dokunun yumuşaması önlenmektedir. Kalsiyum tuzları olarak kalsiyum glukonat, kalsiyum klorür, kalsiyum laktat, kalsiyum kazeinat kullanılmaktadır; ancak bunlar arasında çözünürlüğünün yüksek olması ve üründe istenmeyen tat değişimine neden olmadığı için kalsiyum laktat daha çok tercih edilmektedir (Moraga et al., 2009; Anino et al., 2006).

Meyve ve sebzelerin özellikle mikro yapısına bağlı olarak vakumlu emdirim işlem parametreleri değişmektedir. Dolayısıyla, vakumlu emdirim işleminin farklı meyve ve sebzelere, hatta bir meyve ya da sebzelerin farklı türlerine etkisi değişim göstermektedir. Vakumlu emdirim işlemini etkileyen ayrıca vakum basıncı, süresi ve vakum sonrası restorasyon süresi gibi dış faktörler de bulunmaktadır. Vakumlu emdirim işleminde etkili birçok parametrenin bulunması ve son ürün özelliklerinin de bu parametrelerden etkilendiğinin bilinmesinden ötürü konuyla ilgili daha çok çalışmanın yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

2.4.6. Vakumlu emdirim ile birlikte ya da eş anlı uygulanan yeni teknolojiler

Vakumlu emdirim uygulamalarında ön işlem ya da son işlem olarak birlikte uygulanan ya da vakumlu emdirim işlemi esnasında eş anlı uygulanan teknolojilerin yer aldığı çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, yeni (novel) teknolojilerin vakumlu emdirim işleminin etkinliğini artırmada etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Vakumlu emdirim ile birlikte ohmik ısıtma, vurgulu elektrik alanı, elektron demeti ışınlama ve ultrases teknolojilerinin kullanıldığı görülmektedir. Konuyla ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunsa da, söz konusu teknolojilerin vakumlu emdirim işleminin etkinliğini artırmada oldukça etkili oldukları görülmektedir.

Çalışmaların tamamının son yıllarda gerçekleştirildiği ve her çalışmanın sonucunda da eş anlı işlemlerin etkisini gösteren ve açıklayan çok daha fazla çalışmanın yapılması gerektiği vurgulanmaktadır (Comandini et al., 2010; Yurttas et al., 2014).

Moreno et al. (2012), çileklerin ozmotik dehidrasyonu aşamasında vakumlu emdirim işlemine eş anlı olarak ohmik ısıtmanın etkisini incelemiştir. Bu çalışmada, ozmotik dehidrasyon/ohmik ısıtma ve vakumlu emdirim/ohmik ısıtma işlemleri uygulanmış ve son ürünlerin su aktivitesi, renk, sıklık ve mikro yapısı dikkate alınarak eş anlı uygulanan işlemler karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca, 50 günlük depolama süresince mikrobiyal değişim de incelenmiştir. Ohmik ısıtma; 70, 100 ve 130 V değerlerine karşılık gelen 9,2, 13 ve 17 V/cm elektrik alan kuvvetlerinde uygulanmıştır. En yüksek çözünen geçişi, dokuda en az kayıp ve en az renk kaybı 13 V/cm vakumlu emdirim/ohmik ısıtma işleminin uygulandığı ozmotik dehidrasyon işleminde gözlenmiştir. Aynı işlemin sonunda elde edilen ürünlerin 5 °C'de depolanması ile raf ömrünün kontrole kıyasla 12 günden 25 güne uzadığı bulgulanmıştır. Ohmik ısıtmanın vakumlu emdirim işlemi ile eş anlı uygulanmasında, ohmik ısıtmanın elektrik alan yaratarak ozmotik çözümlerden çözünen geçişini artırdığı düşünülmektedir.

Moreno et al. (2011) armutların ozmotik dehidrasyonunda ohmik ısıtmanın (100 V) vakumlu emdirim işlemi ile eş anlı uygulanmasının dehidrasyon kinetiği ve ürün mikro yapısına etkisini incelemiştir. Ohmik ısıtmanın vakumlu emdirim ile eş anlı uygulanması işlem süresini %40'lara kadar kısaltmış ve ürün dokusunda sıklığın çok daha az kaybolduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ohmik ısıtma

uygulamasının hücreye madde geçirgenliğini artırdığı ve böylece işlem süresinin kısaldığı yorumu yapılmıştır.

Donma dayanıklılığını artırmak amacıyla bir kriyoprotektan olan trehalozun vakumlu emdirim ile ıspanağa aktarılması çalışmasında, ön işlem olarak vurgulu elektrik alan (Pulsed electric field; PEF) uygulaması yapılmış ve yalnızca vakumlu emdirim işlemi uygulamasına kıyasla farkı değerlendirilmiştir (Phoon et al., 2008). PEF uygulaması ile hücre duvarının etkilenmesi sağlanmış (iyon sızıntısı değeri artmış), dolayısıyla trehalozun hücre içine geçişi sağlanmıştır. Yalnızca vakumlu emdirim uygulanması ile trehalozun yalnızca hücreler arası boşluğa aktarıldığı gözlenmiştir. Bundan dolayı, yalnızca vakumlu emdirim uygulanmasına kıyasla PEF ön işleminin ıspanakların donma dayanımını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Dilimlenmiş mantarlara farklı esmerleşme önleyici ajanlar vakumlu emdirim tekniği ile aktarılmış ve işlem sonunda elde edilen mantarlar iki gruba ayrılarak bir grup mantara ‘elektron demeti ışınlama’ işlemi uygulanmış; diğer grup ise ‘kontrol’ olarak değerlendirilmiştir. Kontrol örneklerinin ışınlama işlemi görmüş örneklere kıyasla depolama süresince dokusal kayıplara uğradıkları gözlenmiştir. Depolama sonunda, yalnızca ışınlama işlemi uygulanmış mantar dilimlerinin kabul edilebilir renge sahip olduğu bildirilmiştir. Işınlama ile mikrobiyal gelişim sınırlandırıldığından, ışınlama işlemi görmüş mantar dilimleri duyu analizi panelistlerince beğenilmiştir (Yurttas et al., 2014).

Vakumlu emdirim işleminde vakum sonrası restorasyon süresince ultrases uygulamasının elma dokusuna aroma maddelerinin aktarılmasına etkisinin incelendiği bir çalışmada (Comandini et al., 2010), ultrasesin uygulandığı durumda restorasyon süresinin 5. dakikasında en yüksek aroma emdiriminin gerçekleştiği bulgulanmıştır.

Vakumlu emdirim işleminde restorasyon süresince ultrasesin uygulandığı diğer bir çalışmada, muz dilimlerine kurkumin renk maddesinin (zerdeçalın pigmenti) aktarılmasında, kontrole kıyasla ultrases uygulamasının daha çok kurkumin aktarımına, örneklerin daha az sıkıştırıcı basınç değerine sahip olmasına ve en yüksek toplam renk farkı değerine sahip olmasını sağlamıştır. Ayrıca, ultrases varlığında örneklerin dehidrasyonunda kurkuminin daha çok korunduğu rapor edilmiştir (Bellary and Rastogi, 2014).

Literatürde, vakumlu emdirim işlemi ile ultrases işleminin birlikte uygulandığı yalnızca iki çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalarda da ultrases vakum süresince değil; yalnızca atmosferik basınçta gerçekleşen restorasyon süresince uygulanmıştır. Konuyla ilgili sınırlı sayıda çalışmanın bulunduğu söylenebilir.

2.5. Ultrases Teknolojisi

Ultrases, 20 kHz ile 10 MHz aralığında ve insanın işitemeyeceği frekansa sahip ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır (Pingret et al., 2013). Ultrases, basınç elektriği (piezoelektrik) ile veya yüksek enerji titreşimleri oluşturan manyetik sıkıştırılmalı dönüştürücüler (transducer) ile üretilir.

Gıda teknolojisinde ultrases teknolojisinden iki farklı şekilde yararlanılmaktadır: Birincisi, yüksek frekanslı ve düşük enerjili (kontrollü) ultrases (<1 W/cm²; >100 kHz), ikincisi ise düşük frekanslı ve yüksek enerjili (güçlü) ultrases (10-1000 W/cm²; 20-100 kHz)'dir. Kontrollü ultrases, yüzey temizliği, enzim inaktivasyonu, kristalizasyon, emülsifikasyon, filtrasyon, dondurma, etlerin tenderizasyonu gibi uygulamalarda; güçlü ultrases ise deaerasyon, protein - biyoaktif madde ekstraksiyonu, enzim inaktivasyonu, hücre parçalama, tanecik boyutu küçültme ve dekontaminasyon gibi uygulamalarda yararlanılmaktadır (Yüksel, 2013).

Ultrasesin sıvı ortamda oluşturduğu etki 'kavitasyon' ile açıklanmaktadır. Sıvı içerisine gönderilen ses dalgaları, sıvı içinde bulunan moleküllerin titreşimini ve bu titreşimlerin komşu moleküllere aktararak devam etmesini sağlar. Bu şekilde enerjinin aktarımı ile moleküllerde sıkışma ve gevşemeler oluşmaktadır. Sıkışma sırasında moleküller birbirine yaklaşırken, gevşeme sırasında moleküller birbirinden uzaklaşmaya başlar. Moleküller arasında meydana gelen çekim sonucu kabarcıklar oluşur. Moleküllerin birbirinden uzaklaşmasından birbirine yaklaşması evresine geçerken seri devam eden osilasyon sonucu meydana gelen kabarcıklar, birbirine yaklaşan moleküller arasında ani olarak patlar. Bu patlama ile kabarcığın etrafında anlık olarak 5500 °C'ye ulaşan sıcaklık ve 5000 atm'ye ulaşan bir basınç oluşur. Bu ani patlama, kavitasyon bölgesinde yüksek bir etkiye ve türbülansın oluşmasına neden olur (Demirdöven and Baysal, 2009; Knorr et al., 2004).

2.6. Siyah Havuç ve Renk Maddesi Olarak Kullanımı

Siyah (kara) havuç (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) Orta Doğu ve Uzak Doğunun bazı bölgelerinde ve lkemizde doğal yetişme alanı bulan bir sebzedir (Schwarz et al., 2004). Siyah havuç, turuncu havuçtan botanik olarak farklıdır. Turuncu havuç karoten grubu pigmentleri içerirken siyah havuç antosiyanin grubu renk maddelerini içermektedir (Kammerer et al., 2004a). Siyah havuç, lkemizde geleneksel bir ürünümüz olan şalgam suyu üretiminde kullanılmaktadır. Benzer şekilde, Hindistan'da geleneksel bir içecek olan ve şalgam suyuna benzeyen 'kanji' üretiminde kullanıldığı bildirilmektedir (Turker et al., 2004).

Doğal renk maddelerine olan ilginin artmasıyla birlikte antosiyanince zengin siyah havuç, renk maddesi üretiminde yoğun olarak kullanılan bir hammadde haline gelmiştir. Ticari olarak antosiyanin üretiminde en çok kullanılan hammaddeler zm posası, mürver meyvesi, siyah havuç, kırmızı lahana ve mor patatestir (Kırca et al., 2006; Downham and Collins, 2000). Siyah havuç antosiyaninleri daha çok açillenmiş yapıya sahip olduğundan diğer kaynaklardan elde edilen antosiyaninlere kıyasla yüksek sıcaklıklara ve geniş pH aralığına dayanıklı yapıya sahiptir. Siyah havuç, ayrıca antosiyanince zengin bir sebzedir. Dolayısıyla siyah havuç, hem nispi olarak daha fazla antosiyanin içerir hem de açillenmiş yapıya sahip daha kararlı antosiyanin içeriğine sahiptir.

Siyah havucun 100 gramında 111 mg antosiyanin, 446 mg toplam fenolik madde (gallik asit eş değeri), 240 mg toplam flavonoid (kateşin eş değer) olduğu belirlenmiştir (Bilek et al., 2017). Siyah havuta HPLC/MS ile belirlenmiş siyanidin beş farklı türevi olan antosiyanidin bulunmaktadır (Suzme et al., 2014). Ayrıca, siyah havuta en baskın renksiz fenolik madde klorojenik asittir, bunu sırasıyla neoklorojenik asit ve kafeik asit takip etmektedir (Bilek et al., 2017; Suzme et al., 2014).

Literatür incelendiğinde, siyah havuç ekstraktının antimikrobiyal aktivite, anti kanserojen, anti inflamatuvar etkiler gösterdiği ve yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu anlaşılmaktadır (Day et al., 2009; Degirmenci et al., 2012; Netzel et al., 2007). Yüksek miktarda ve kararlı yapıya sahip antosiyanin içeriğinden ve sağlığa olan olumlu etkilerinin bilinmesinden dolayı, siyah havuç antosiyaninleri gıda sanayinde daha çok tercih edilen renk maddesi olmuştur (Witrowa-Rajchert et al., 2009; Kammerer et al., 2004b).

Siyah havuç antosiyaninlerine olan ilginin artmasıyla siyah havuç yetiştiriciliği ve siyah havuçtan renk maddesi üretimi son yıllarda oldukça artmıştır. lkemizde en çok yetiştiriciliği yapılan Konya'nın Ereğli ilçesinde 2005 yılından 2010 yılına siyah havuç üretimi 18.000'den 46.000 tona artmıştır. (MEYED, 2011). lkemizde 2013 yılında yaklaşık 13000 ton siyah havuç konsantresinin (~65 Bx) retildiği ve İtalya, Danimarka, Fransa, Çin, Almanya ve Japonya başta olmak üzere çeşitli ülkelere ihracatının gerçekleştiği bildirilmiştir (O.K. Yılmaz, 2013, sözlü görüşme).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Uygulamalarda Kullanılan Elmaların Temini ve Depolanması

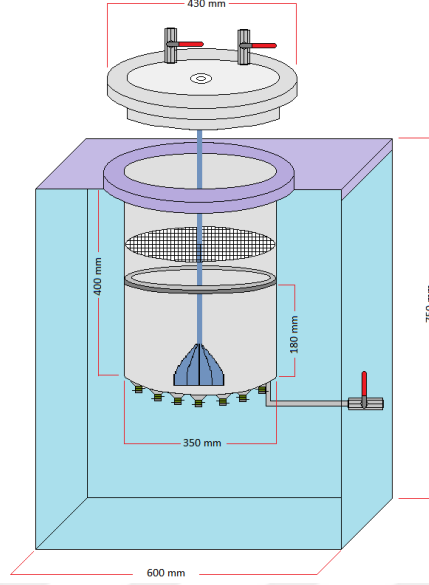
Starking çeşidi elmalar (*Malus domestica* var. *Starking*), 2015 ve 2016 yıllarının Ekim ayında Isparta ili Eğirdir ilçesi Balkırı Köyünden temin edilmiştir. Hasat zamanında temin edilen elmalar, uygulamalarda kullanılabilecek tazeliğini mümkün mertebe koruyabilmesi amacıyla, soğuk hava deposuna ya da kontrollü atmosfer deposunda bekletilmiştir. 2015 yılında temin edilen elmalar toplandıktan sonra toplamda üç gruba ayrılarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır:

- Soğuk havada depolama: Yaklaşık 80 kg elma Aydın ili Sultanhisar ilçesinde faaliyet gösteren soğuk hava deposuna (Sultar Ltd.) taşınmış ve 5 °C, %90 nemde depolanmaya bırakılmıştır (toplam 2 ay bekletilmiştir). Bu gruptaki elmalar, izotonik çözeltinin hazırlanmasında kullanılacak maddelerin konsantrasyonlarının belirlenmesi (emdirim çözeltisinin formülasyonu) çalışmasında kullanılmıştır.
- Kontrollü atmosfer depolama: Yaklaşık 80 kg elma Eğirdir ilçesinde faaliyet gösteren bir kontrollü atmosfer deposuna (S.S. Balkırı Köyü Kooperatifi) bırakılmıştır. Depo 2016 yılının Şubat ayında açılmış ve örnekler Adnan Menderes Üniversitesi'ne (Aydın) taşınmıştır. Bu gruptaki elmalar işlem parametrelerinin optimizasyonu çalışmasında kullanılmıştır.
- İlk analizler ve denemeler için laboratuvar örnekleri: Yaklaşık 20 kg elma fiziksel, kimyasal analizleri yapılmak üzere ayrıca ilk denemelerin yapılması amacıyla laboratuvara taşınmış ve buzdolabında (3 – 5 °C) depolanmıştır.

2016 yılının Ekim ayında temin edilen yaklaşık 80 kg elma soğuk hava deposunda bekletilmiş (5 °C, %90 RH) ve laboratuvar çalışması için gereksinim duyuldukları depodan Adnan Menderes Üniversitesi'ne (Aydın) taşınmıştır. Bu gruptaki elmalar, vakumlu emdirim işlemine eş anlı ultrases işleminin etkisinin belirlenmesi ve raf ömrü çalışmalarında kullanılmıştır.

3.2. Vakumlu Emdirim Cihazı

Çalışmalarda kullanılan vakumlu emdirim cihazı tasarlanmış ve Ermaksan Makine ve Ultrasonik Yıkama Sistemleri A.Ş. (İstanbul)'ye yaptırılmıştır. Cihaza ait görseller Şekil 3.1 ve 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Cihazın 3 boyutlu kesit görünümü.



Şekil 3.2 Vakumlu Emdirim Cihazı.

Cihazın bileşenleri ve bazı özellikleri şunlardır:

- Cihazın toplam iç hacmi 38,5 L'dir.
- Cihaza vakum sağlayan bir adet vakum pompası ve kabin iç basıncını gösteren manometre bulunmaktadır.
- Ultrases: 35 kHz frekansta ve değişen güçlerde (96, 130, 158, 198, 242, 286 ve 330 W/L) ultrases sisteme entegre şekilde yer almaktadır.

3.3. Kimyasal ve Sarf Malzemeler

Uygulamalarda kullanılan siyah havuç konsantresi (63,25 °Bx) Erkon Konsantre A.Ş. (Ereğli, Konya)'den temin edilmiştir. Gıda üretiminde kullanılabilir manitol ve kalsiyum laktat Hylen Ltd. (Qingdao, Çin)'den, laktik asit ise Smart Kimya Ltd. (İzmir)'den temin edilmiştir. Sakaroz, D-(+)-glikoz, D-(-)-früktoz, D-manitol, laktik asit, siyanidin-3-glikozit, kalsiyum, kateşin ve gallik asit standartları Sigma (St. Louis, Mo, ABD)'dan temin edilmiştir. HPLC saflıkta su ve asetonitril ise Merck (Darmstadt, Almanya)'den temin edilmiştir. Diğer kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

3.4. Emdirim Çözeltisi Konsantrasyonunun Belirlenmesi

Emdirim çözeltisi içerisinde çözüldürülecek olan manitol, kalsiyum laktat, laktik asit ve siyah havuç konsantrasyonunun konsantrasyonları aşağıda ayrıntılarıyla verilen uygulamalar ile belirlenmiştir.

3.4.1. İzotonik çözelti konsantrasyonunun belirlenmesi

İzotonik çözelti konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla, 500 mL hacimde hazırlanmış 0,1; 0,2 ve 0,3 M manitol çözeltileri içerisinde kabuğu soyulmuş, dilimlenmiş elmaların ağırlık değişimi 10'ar dakika aralıklarla toplam 60 dakika boyunca ölçülmüştür. Bu kapsamda, elmalar 1/20 (w/v; elma/çözelti) oranında manitol çözeltileri içerisine daldırılmış, belirli zaman aralıklarında alınan örnekler kağıt havlu üzerine serilerek çözelti suyundan uzaklaştırılmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Toplam ağırlık değişimi (ΔM) eşitlik (1) ile hesaplanmıştır (Derossi et al., 2010):

$$\Delta M = (m_i/m_o) \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

m_i : Uygulama sonrasında ağırlık

m_o : Uygulama öncesinde ağırlık

3.4.2. Ca-laktat konsantrasyonuna bağlı laktik asit değişiminin belirlenmesi

Emdirim çözeltisinde farklı oranlarda (%1,5; 3,0 ve 4,5 w/v) Ca-laktat ve Ca-laktat miktarına bağlı olarak laktik asit kullanılması gerektiğinden ön deneme yapılmıştır. Bu denemenin amacı, emdirim çözeltisi pH değerini 3,0 – 3,5'e düşürecek laktik asit miktarını belirlemektir. Bu amaçla 500 mL 0,2 M manitol çözeltisi üç farklı oranda Ca-laktat (%1,5; 3 ve 4,5) eklenerek hazırlanmış ve laktik asit ilavesi ile hedeflenen pH değerine ulaşmak için denemelerde eklenmesi gereken laktik asit miktarları belirlenmiştir.

3.4.3. Emdirim çözeltisinin hazırlanması, konsantrasyonların belirlenmesi

Vakumlu emdirim işleminde izotonik çözelti içerisinde çözündürülen farklı oranlarda siyah havuç konsantresi (ağırlık hacimce %0; 0,4; 0,8 ve 1,2), Ca-laktat (ağırlık hacimce %1,5; 3 ve 4,5) ve laktik asitin (ağırlık hacimce %2, 3 ve 4) son ürüne etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Toplam deneme sayısı '12' olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Emdirim çözeltisi formülasyonunun belirlenmesine yönelik deneme planı

Ca-laktat konsantrasyonu (%; w/v)	Laktik asit konsantrasyonu (%; w/v)	Siyah havuç konsantresi konsantrasyonu (%; w/v)
1,5	2,0	0,0
		0,4
		0,8
		1,2
3,0	3,0	0,0
		0,4
		0,8
		1,2
4,5	4,0	0,0
		0,4
		0,8
		1,2

Bu aşamada vakum basıncı 650 mmHg, vakum süresi 10 dakika ve vakum sonrası restorasyon süresi 30 dakika olarak sabit tutulmuştur. Bu işlem parametrelerine, literatür incelenerek ve yapılan ön denemeler sonucunda karar verilmiştir. Her bir deneme iki kez tekrar edilmiştir. Deneme sonunda elma dilimlerine renk analizi, tekstür analizi, toplam fenolik madde, toplam flavonoid, antioksidan kapasite, laktik asit analizi, kalsiyum miktarı analizi ve duyusal analiz yapılmıştır. Gerekli analizler ve ekstraksiyon işlemleri denemelerin hemen sonunda gerçekleştirilmiştir.

3.5. Elmaların Hazırlanması ve Vakumlu Emdirim İşlemi

Vakumlu emdirim işlemlerinin hepsinde 5 litre 0,2 M manitol çözeltisi ve deney planına göre oranları değişen Ca-laktat, laktik asit ve siyah havuç suyu konsantresi (SHK) kullanılmıştır. Elmalar 'elma soyucu, dilimleyici' ile hazırlanmıştır. Elma dilimlerinin kalınlığı, dış çapı ve iç boşluk çapı kumpas ile ölçülmüştür. Buna göre elmanın kalınlığı $6,14 \pm 0,24$ mm, dış çapı $62,37 \pm 2,68$ mm ve iç boşluk çapı ise $20,26 \pm 1,15$ mm olarak ölçülmüştür. Elmalar bütün işlemlerde 1/20 (elma/çözelti oranı; g/mL) oranında kullanılmış ve elmaların çözelti içerisinde yüzmesini engellemek amacıyla perfore paslanmaz çelik engel kullanılmıştır. İşlemler sonunda elmalar hızla analiz edilmiş, analiz edilmek üzere ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuş ya da cam kavanoz içerisinde 0°C 'de saklanmıştır.

3.6. Yanıt Yüzey Metodu (RSM) ile Vakumlu Emdirim İşlem Parametrelerinin Etkisinin Belirlenmesi

Vakumlu emdirim işleminde işlem parametrelerinin etkisini ve optimum işlem parametrelerini belirlemek amacıyla yanıt yüzey yöntemi (RSM) kullanılmıştır. Programda üç bağımsız değişkenli, beş düzeyli 'merkezi tümleşik tasarım' ile deney planı oluşturulmuştur. Deney planı üçü merkez noktası olmak üzere toplam 17 denemeden oluşmuştur. Bağımsız değişkenler olarak *vakum basıncı*, *vakum süresi* ve *vakum sonrası restorasyon süresi*; bağımlı değişkenler olarak ise a^* renk değeri ve *iyon sızıntısı* değerleri belirlenmiştir. Bağımsız değişkenlerin en düşük (- alfa) ve en yüksek (+ alfa) değerleri vakum süresi için 100 ve 650 mmHg, vakum süresi 1 ve 10 dk ve vakum sonrası restorasyon süresi için 0 ve 30 dk olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.2). Modellerin uyumu programın çıktıları olan uyum katsayısı (R^2), ayarlanmış uyum katsayısı ($\text{Adj-}R^2$), Fisher test değeri (F) ve uyum eksikliği (lack of fit) değerlerine göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.2 Yanıt yüzey yöntemine ait deneme deseni

Parametre	- alfa	+ alfa
Vakum basıncı (mmHg)	100	650
Vakum süresi (dk)	1	10
Vakum sonrası restorasyon süresi (dk)	0	30

DeneySEL veriler ikinci derece polinom modeline (2) örtüştürölmüş ve regrasyon katsayıları çoklu doğrusal regrasyon ile elde edilmiştir:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=2}^k \beta_{ij} X_i X_j \dots \dots \dots (2)$$

Burada Y tahmin edilen bağımlı değişken; X_i ve X_j , Y değerini etkileyen bağımsız değişkenler ($i \neq j$); β_0 , β_i , β_{ii} , β_{ij} sırasıyla kesişim, doğrusal, ikinci dereceden ve etkileşim terimlerinin regrasyon katsayılarıdır; k ise değişken sayısını ifade etmektedir.

3.7. Vakumlu Emdirim ile Ultrases İşlemlerinin Eş Anlı olarak Kullanılması

Vakumlu emdirim işleminde kullanılacak emdirim çözeltilisinin formölasyonu ve vakumlu emdirim işleminin için optimum işlem parametrelerinin belirlenmesinin ardından ultrasesin vakumlu emdirim işlemine etkisini belirlemek amacıyla ayrı bir deneme yapılmıştır. Bu kapsamda, vakumlu emdirim işlemine eş anlı olarak 96, 130, 158, 242 ve 286 W/L güçlerinde uygulanan ultrases işlemlerinin madde geçişine ve elma dilimlerinin fiziksel – kimyasal özelliklerine etkilerinin belirlenmesi çalışılmıştır. Ayrıca, ultrases işleminin vakumlu emdirim ile eş anlı olarak kullanıldığı bu işlemlerde, kontrol örneği olarak siyah havuç konsantresi eklenmeden de üretimler gerçekleştirilmiş ve siyah havuç konsantresi varlığının deneme sonuçlarına etkisi belirlenmiştir.

Denemeler süresince ultrases uygulaması, hem vakum süresince hem de vakum sonrası restorasyon süresince sürekli olacak şekilde uygulanmıştır. Ayrıca, en uygun ultrases gücünün belirlenmesinin ardından, vakum süresince ve restorasyon süresince ultrasesin açık ya da kapalı olmasının etkisi de araştırılmıştır.

3.8. Depolama İşlemi

Ultras ses işleminin etkisinin belirlenmesinin ardından hem siyah havuç konsantresi eklenen hem de eklenmeyen formülasyonlarda üretimler gerçekleştirilmiştir. Üretilen elma dilimleri poliamid/polietilen (PA/PE) ambalajda vakumlanmış ve +4 °C’de depolanmıştır. Ayrıca taze elma dilimleri de (hiçbir işleme tabi tutulmadan, kontrol) aynı şekilde ambalajlanarak depolanmıştır. Her bir ambalaja bir adet elma dilimi yerleştirilmiştir.

Tez çalışmasının temel adımlarını içeren akım şeması Şekil 3.3’te verilmiştir.

3.9. Analizler

3.9.1. Toplam kuru madde

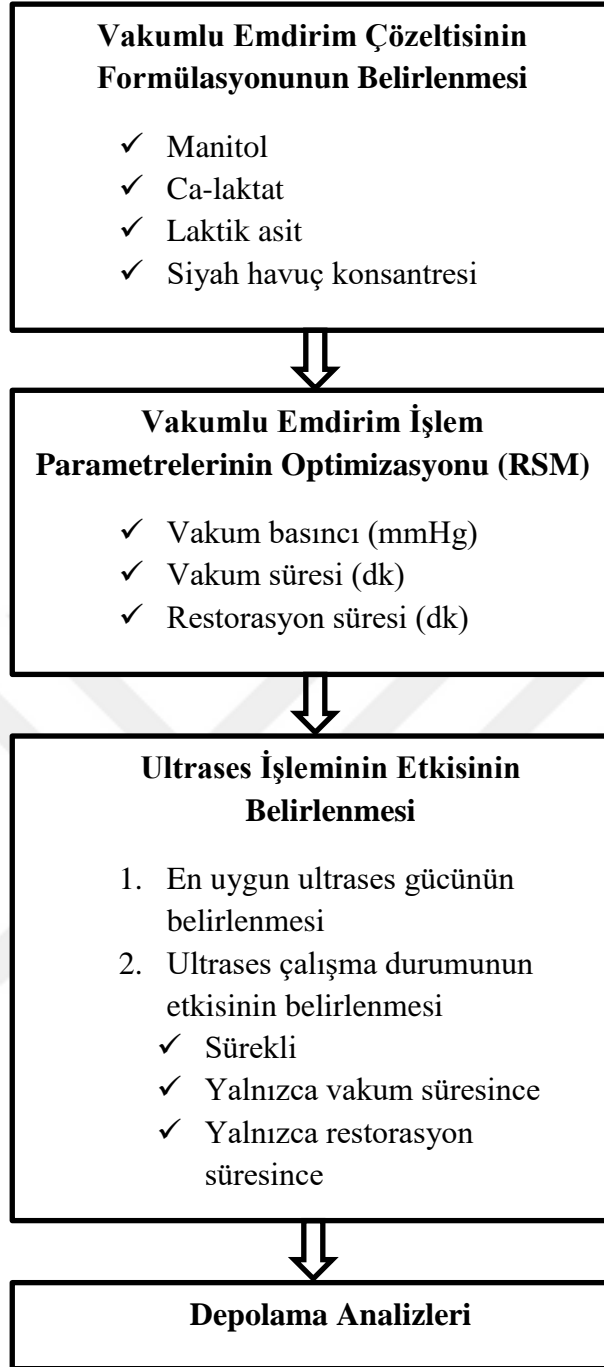
Elma örneklerinden 2-3 g tartılarak 70 °C’de sabit tartıma gelinceye kadar vakumlu etüvde (515-775 mmHg) kurutma yapılmıştır (AOAC, 1990).

3.9.2. Suda çözünür kuru madde miktarı

Elma örnekleri parçalanarak homojen hale getirilmiştir. Homojenattan alınan damlaların suda çözünür kuru madde içeriği Abbe refraktometresi (Kern ORT-1, Almanya) ile ölçülmüştür (Cemeroğlu, 2010).

3.9.3. pH değeri

Elma örnekleri parçalanarak homojen hale getirilmiştir. Cam pH elektrodu doğrudan homojen örneğin içine daldırılarak ölçüm yapılmıştır. pH metredeki (Inolab 7110, WTW, Almanya) okunan değer sabitlendiği andaki değeri kaydedilmiştir (Cemeroğlu, 2010).



Şekil 3.3 Genel çalışma planı akım şeması.

3.9.4. Titrasyon asitliği

Elma örneklerinin kabukları soyularak parçalanmış ve homojen hale getirilmiştir. Hazırlanan homojenattan 10 g örnek tartılmış ve 100 mL'ye saf su ile seyreltilmiştir. Seyreltilmiş örnekten 10 ml alınarak 0,1 N NaOH ile pH 8,1'e kadar titre edilmiş ve sarfiyat kaydedilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

Titrasyon asitliği:

$$\text{Titrasyon asitliği, g/100 g} = \frac{V \times E \times 100}{M} \dots \dots \dots (3)$$

V: Harcanan 0,1 N NaOH miktarı, ml

E: 1 ml 0,1 N NaOH'in eşdeğeri asit miktarı, g (malik asit için E:0,006705 g)

M: Titre edilen örneğin gerçek miktarı, g

3.9.5. Tekstür analizi

İşlem görmemiş ve vakumlu emdirim işlemine tabi tutulmuş elmaların tekstür analizi TA-XT plus tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, UK) ile gerçekleştirilmiştir. Çapı 2 mm olan P/2 probu kullanılarak gerçekleştirilen analizde, toplam 2 mm'lik mesafede ön test hızı 2 mm/saniye, test hızı 0,50 mm/sn, son test hızı 4 mm/sn ve trigger kuvveti ise 0,049 N olarak belirlenmiştir. Her üretimin ardından en az iki farklı numune ile toplam 12 ölçüm yapılmıştır. Tekstür analizi sonunda elde edilen kuvvet (N) - zaman (sn.) grafiğindeki +y eksenindeki en yüksek pik noktası 'sertlik', -y ekseninde en düşük pik noktası 'yapışkanlık' değeri olarak belirlenmiş, sonuçlar N olarak kaydedilmiştir (Castagnini et al., 2015).

3.9.6. Renk analizi

Elma dilimlerinin L*, a* ve b* renk değerleri Chroma ölçer (Konica Minolta, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler üç farklı elma diliminin en az üç farklı noktasından yapılmış, ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır (Neri et al., 2016). Toplam renk farkı ise (ΔE) eşitlik (4) ile hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{[(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2]} \dots \dots \dots (4)$$

3.9.7. İyon sızıntısı analizi

İyon Sızıntısı Analizi Ersus and Barrett'e (2010) göre gerçekleştirilmiştir. İşlem görmüş ya da taze elma diski, bıçak ile tek parça 5 gram olacak şekilde dikey kesilmiş ve 0,2 M, 100 mL manitol içeren behere aktarılmıştır. Elma içeren çözeltinin elektriksel iletkenliği ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 180 dk süresince ölçülmüştür (Hanna HI8633, Romanya). Toplam iletkenlik, yani % 100 hücresel hasara uğramış örnek temsili için, $-80\text{ }^\circ\text{C}$ 'de dört kez dondurulup çözündürülmüş elma örneği kullanılmıştır. İyon sızıntısı eşitlik (5) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{İyon sızıntısı (\%)} = \frac{(\text{Örneğin iletkenliği} - \text{Taze örneğin iletkenliği})}{\text{Toplam iletkenlik}} \dots\dots(5)$$

3.9.8. Kalsiyum miktarının belirlenmesi

Analiz için 2 gram elma örneği alınmış, 20 mL sülfürik asit çözeltisi ile birlikte teflon numune kabı entegreli basınçlı yakma kabına aktarılmıştır. Etüvde $150\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 4 saat yakma işlemi ve soğutmanın ardından elde edilen berrak çözelti ultra saf su ile 50 mL'ye tamamlanmıştır.

Hazırlanan örnekler ve kalsiyum standartları alevli atomik absorpsiyon spektrofotometrede (Thermo Scientific ICE 3000) analiz edilmiş ve sonuçlar mg/kg (ppm) olarak ifade edilmiştir.

3.9.9. Laktik asit analizi

Her işlem için 10 gram elma örneği behere alınmış, öncelikle 30 mL %4,5'lik metafosforik asit çözeltisi ilave edilerek ultratüraks (IKA T18, Almanya) ile 2 dakika süresince parçalanmıştır. Karışım balon jodge 50 mL'ye aynı çözelti ile tamamlanmış, ardından $0,45\ \mu\text{m}$ 'lik filtreden (Sartorius RC, Goettingen, Almanya) geçirilmiş ve HPLC'ye enjekte edilmek üzere viallere aktarılmıştır. Örnekler ve hazırlanan laktik asit standartları HPLC'ye (Shimadzu Prominence LC-20A) enjekte edilmiştir. Cihazın çalışma koşulları aşağıdaki gibidir (Andres et al., 2015):

Kolon: Inertsil ODS-3 kolonu; 250 mm x 4,60 mm x 5 μm (GI Sciences Inc, Japonya)

Dedektör: UV/Vis dedektör (Shimadzu SPD-20A)

Dalga boyu: 215 nm

Mobil faz: 12 M sülfürik asit ile pH değeri 2,55'e ayarlanmış HPLC saflıkta su

Kolon sıcaklığı ve akış hızı: 25 °C ve 0,9 mL/min

Enjeksiyon: Manuel enjeksiyon

3.9.10. Toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antioksidan kapasitesi analizleri için ekstraksiyon işlemi

Ekstraksiyon işlemi Serra et al.'un (2010) önerdiği yönteme göre gerçekleştirilmiştir. Her işlemin ardından 10 g örnek tartılmış ve 20 mL ekstraksiyon çözeltisi (Aseton/su/asetonitril; 79/20/1; v/v/v) ilave edilerek 1 dakika süreyle ultratıraksta (6000 rpm) parçalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Karışım 4800 x g'de 3 dakika santrifüj (Centurion Scientific, K241, UK) edildikten sonra süzüntü alınmış ve posa tekrardan 20 mL ekstraksiyon çözeltisi ile ultratıraksta parçalanmış ve santrifüj edilmiştir. Süzüntüler 50 mL balon jodede toplanmış ve hacim çizgisine kadar ekstraksiyon çözeltisiyle tamamlanmıştır.

3.9.11. Toplam fenolik madde analizi

Toplam fenolik madde miktarı gallik asit standardı kullanılarak Folin-Ciocalteu metoduna göre belirlenmiştir (Singleton and Rossi, 1965). Test tüpüne (2.37 mL saf su içeren) önce 30 µL ekstrakt, sonra 150 µL Folin-Ciocalteu ayracı eklenmiş ve tüp vortekslendikten sonra 8 dakika karanlıkta tutulmuştur. Sonra 0,45 mL doymuş sodyum karbonat eklenerek tüpler tekrar vortekslendikten sonra 40 °C'de 30 dakika bekletilmiştir. Aynı işlem kör hazırlamak üzere uygulanmış; 30 µL ekstrakt yerine saf su kullanılmıştır. Örneklerin absorpsiyon değerleri 750 nm'de köre karşı spektrofotometrede okunmuştur. Kalibrasyon eğrisi için farklı konsantrasyonlarda gallik asit çözeltileri (50, 100, 200, 300, 400, 500 mg/L) hazırlanmış ve aynı işlemler bu çözeltiler için de uygulanarak gallik asit standart eğrisi çizilmiştir. Sonuçlar kuru madde üzerinden mg gallik asit eşdeğer/ 100 g elma (mg GAE/100 g elma, db) olarak ifade edilmiştir.

3.9.12. Toplam flavonoid analizi

Toplam flavonoid analizi Kim et al.'un (2003) yöntemine göre yapılmıştır. Kateşinin standart olarak kullanıldığı yöntemde 1 mL ekstrakt falkon tüpünde 0,3 mL %5'lik NaNO₂ ile karıştırılmış ve 5 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Sonrasında 0,3 mL %10'luk AlCl₃.6H₂O ilave edilmiş ve 1 dakika beklendikten sonra 2 mL 1 M NaOH eklenmiştir. Hemen ardından 2,4 mL distile su eklenerek karışım vortekslenmiş ve 510 nm'de absorbans okunmuştur. Standart eğriyi oluşturmak için etanolde çözüldürülmüş 5 – 160 ppm aralığında kateşin çözeltileri hazırlanmış ve aynı işlemler bu çözeltiler için de uygulanmıştır. Sonuçlar kuru madde üzerinden mg kateşin eşdeğer/100 g elma (mg CE/100 g elma, db) olarak ifade edilmiştir.

3.9.13. HPLC ile antosiyanin analizi

Suzme et al.'un (2014) belirttiği metoda göre yapılmıştır. Ekstraktlar önce 0,45 µm Polivinilidin diflorür (PVDF) filtreden geçirilerek HPLC (Shimadzu)'ye enjekte edilmek üzere viallere alınmıştır. Cihazın çalışma koşulları aşağıda belirtildiği gibidir:

Kolon: Ters Faz C18 kolonu (Inertsil ODS-3; 250 mm x 4,60 mm x 5 µm)

Kolon sıcaklığı: 25 °C

Dedektör: UV/Vis dedektör (Shimadzu SPD-20A)

Dalga boyu ve akış hızı: 520 nm, 1 mL/dk

Enjeksiyon: Manuel enjeksiyon

Mobil faz: %0,1 trifloroasetik asit içeren su (A) ve %0,1 trifloroasetik asit içeren asetonitril (B)

Mobil faz akış diyagramı Çizelge 3.3'te verildiği gibidir:

Çizelge 3.3 Antosiyanin analizi HPLC mobil faz diyagramı.

Süre (dakika)	A (%)	B (%)
0	95	5
45	65	35
47	25	75
54	95	5

3.9.14. Antioksidan kapasite (DPPH) analizi

Antioksidan kapasite analizi Blois'e (1958) göre gerçekleştirilmiştir. Örnek ekstraktları veya standartlardan 0,1 mL alınarak 2,9 mL 0,1 mM etanolde çözülmüş, DPPH çözeltisi ile karıştırılmış ve karanlıkta 30 dakika bekletilmiştir. Karışımın absorbansı 517 nm'de etanole karşı okunmuştur. Sonuçlar mg askorbik asit eşdeğer/100 g örnek olarak hesaplanmıştır.

3.9.15. HPLC ile şeker bileşiminin belirlenmesi

Şeker bileşiminin belirlenmesinde 10 g elma dilimi bir behere alınmış ve üzerine 30 mL %25 EtOH çözeltisi ilave edilerek ultratüraks ile 6000 rpm'de 2 dakika parçalanmıştır. Karışım daha sonra 50 mL'lik balon jøjeye aktarılmış ve %25 EtOH çözeltisi ile hacim çizgisine tamamlandıktan sonra 0,45 µm'lik filtreden (Sartorius RC, Goettingen, Almanya) geçirilmiş ve HPLC'ye enjekte edilmek üzere viallere aktarılmıştır.

Örnekler ve hazırlanan standartlar HPLC'ye (Shimadzu Prominence LC-20A) enjekte edilmiştir. Cihazın çalışma koşulları aşağıdaki gibidir (Rupérez and Toledano, 2003):

Kolon: Aminex HPX-87P karbonhidrat kolonu (300 x 7,8 mm)

Dedektör: Refraktif indeks dedektör (RID)

Mobil faz: HPLC saflıkta su

Kolon sıcaklığı ve akış hızı: 80 °C ve 0,6 mL/dk

Enjeksiyon: Manuel enjeksiyon

3.9.16. Hücre yapısının incelenmesi

Örneklerden stereo mikroskop ile jilet yardımıyla alınan ince kesitler ışık mikroskobu (Leica DM500, Almanya) kullanılarak 10X büyütme ile fotoğraflanmıştır.

3.9.17. Duyusal analiz

Duyusal değerlendirmede toplam 10 panelist yer almıştır. Vakumlu emdirim yöntemi ile üretilmiş elma dilimlerinin duyusal analizi, duyusal analiz formunun örnekler eşliğinde panelistlere sunulmasıyla gerçekleştirilmiştir. Sunulan her örneğe üç haneli rakamdan oluşan farklı kodlar verilmiştir. Elmalar üretildikleri anda panelistlere sunulmuştur. Duyusal analizde panelistlerden ürünlerin ‘yeni ürün olarak renk’, ‘sertlik’, ‘tazelik’, ‘ekşilik’, ‘elma tadı’ ve ‘genel kabul edilebilirlik’ olmak üzere altı farklı açıdan 1 – 10 puan skalasında değerlendirmeleri istenmiştir. 1 ‘çok kötü’; 10 ise ‘mükemmel’ olarak belirlenmiştir. Duyusal analizde panelistler ürünü, *yeni ürün olarak renk* (ürünün tüketici gözünde albenisi ve renkte tekdüzelik), *sertlik* (üretimin tüketime uygun dokuda olup olmadığı ve ağızda dağılma özelliği), *tazelik* (çiğnemeye başladığında kolay parçalanma özelliği), *ekşilik* (elmanın tüketime uygun ekşilik düzeyine sahip özelliği), *elma tadı* (elma tadının alınıp alınmadığı ve aroma açısından tat özellikleri), *genel kabul edilebilirlik* (tüm örneklerin göz önünde bulundurulmasıyla değerlendirilmesi) özellikleri bakımından değerlendirmiştir (Lawless and Heymann, 2010).

3.9.18. Mikrobiyolojik analizler

Ambalaj içerisinde yer alan elma dilimlerinin ağırlığı kaydedildikten sonra steril havan yardımıyla ezilmiş ve alkali peptonlu su ile 1/10 oranında homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler ile seri dilüsyonlar hazırlanıp yayma plaka yöntemi ile agarlı besi ortamlarına ekilmiştir.

3.9.18.1. Psikrofilik bakteri sayısı

Psikrofilik bakteri sayısı yayma plaka yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Petriler 20 °C’de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Sonuçlar Koloni Oluşturan Birim (KOB)/g olarak ifade edilmiştir.

3.9.18.2. Mezofilik bakteri sayısı

Aerobik mezofilik bakteri sayısı yayma plaka yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Petriler 37 °C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Sonuçlar Koloni Oluşturan Birim (KOB)/g olarak ifade edilmiştir.

3.9.18.3. Maya ve küf sayısı

Maya ve küf sayısı analizi yayma plaka yöntemi ile dikloran rose bengal chloramphenicol (DRBC) agar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Petriler 25 °C'de 72 saat inkübasyona bırakılmıştır. Sonuçlar Koloni Oluşturan Birim (KOB)/g olarak ifade edilmiştir.

3.10. İstatistiksel Analizler

Verilerin istatistiksel değerlendirilmesi SPSS paket programı (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) ile yapılmıştır. Elde edilen verilerde, sonuçlar üzerine parametrelerin etkisi varyans analizi ile tespit edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılık ($P<0,05$) Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Optimizasyon, Design-Expert (versiyon 7.0, Statease Inc., Minneapolis, MN, USA) adlı istatistik programı kullanılarak yanıt yüzey metodu (Response Surface Methodology, RSM) uygulanarak yapılmıştır. Elde edilen her bir bağımlı değişken için çoklu regrasyon analiz yöntemi ile bir matematiksel model oluşturularak modeldeki anlamlı değişkenler varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Modelin doğruluğu programın ANOVA çıktıları olan uyum eksikliği (lack of fit), uyum katsayısı (R^2) ve Fisher test değerine (F-değeri) göre değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Uygulamalarda Kullanılan Elmaların Analizi

Uygulamalarda kullanılmak üzere 2015 ve 2016 yıllarına ait iki ayrı sezonda iki ayrı hasat ürünü elma temin edilmiştir. 2015 yılında temin edilen elmalar üç gruba ayrılmış (2015 ilk hasat, soğuk hava deposu ve kontrollü atmosfer depolama), 2016 yılında temin edilen ise tek grup olarak soğuk havada (5 °C, %90 RH) depolanmış ve uygulamalarda kullanılmıştır. Laboratuvara taşınan elmalar uygulamalardan önce analizlere tabi tutulmuş ve numuneler arasındaki farklılık tespit edilmeye çalışılmıştır. Numunelere kuru madde, suda çözünür kuru madde, pH değeri, asitlik ve tekstür analizi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Uygulamalarda kullanılan elmaların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Analiz	2015 ilk hasat (Ekim)	Soğuk hava deposu	Kontrollü atmosfer depolama	2016 hasat (Ekim)
Toplam Kuru Madde (%)	16,22 ± 0,78	15,78 ± 0,64	16,30 ± 0,42	17,05 ± 0,61
Suda Çözünür Kuru Madde (°Bx)	15,13 ± 1,18	14,90 ± 0,47	15,50 ± 0,14	15,82 ± 0,37
pH değeri	4,18 ± 0,05	4,30 ± 0,08	4,21 ± 0,11	4,20 ± 0,08
Asitlik (g/100 g; malik asit cinsinden)	0,12 ± 0,01	0,10 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,11 ± 0,02
Sertlik (N)	2,38 ± 0,18	2,18 ± 0,20	2,34 ± 0,32	2,32 ± 0,15
Yapışkanlık (N)	-0,13 ± 0,03	-0,11 ± 0,02	-0,13 ± 0,03	-0,10 ± 0,02

Çizelge 4.1 incelendiğinde, elmaların genel fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır, ancak hem soğuk hava hem de kontrollü atmosfer depolamada elma örneklerinin asitlik değerinin bir miktar azaldığı, pH değerinin de arttığı görülmüştür. Depolama süresince elmanın asitliğinin azaldığı, pH değerinin ise arttığını rapor eden çalışmalar bulunmaktadır (Bai et al., 2005; Klein and Lurie 1990).

2015 yılında hasat edilen elmaların depolama süresince toplam kuru madde ve suda çözünür kuru madde değerlerinin önemli oranda değişmediği görülmektedir. Literatürde depolamanın uygun şekilde gerçekleştirilmesi durumunda meyvelerin kuru madde ve suda çözünür kuru madde miktarının değişmediğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Patthamakanokporn et al., 2008). Buna rağmen, 2016 yılında hasat edilen elmaların bir önceki sezona

kıyasla daha yüksek toplam kuru madde ve suda çözümlü kuru madde değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu farklılığın, yıllar arasındaki iklim farklılıklarından veya zirai uygulamalardaki değişimden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Elma dilimlerine uygulanan tekstür analiz sonuçlarına göre, sertlik ve yapışkanlık değerlerinin örnekler arasında önemli derecede farklılık göstermediği; ancak soğuk havada depolama sonunda elde edilen elmaların ortalama sertlik değerinin diğer örneklerle kıyasla daha düşük olduğu anlaşılmaktadır.

4.2. Emdirim Çözeltisi Konsantrasyonunun Belirlenmesi

Vakumlu emdirim işleminde emdirim çözeltisinde kullanılacak maddeler olarak Ca-laktat, laktik asit ve siyah havuç suyu konsantresi olarak belirlenmiştir.

Ca-laktat işlemler sonunda doku kaybının önlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Ca-laktat, dokuya aktarılarak pektin moleküllerini çapraz bağlayarak doku yumuşamasını engelleyebilmektedir. Kalsiyum glukonat, kalsiyum klorür gibi farklı kalsiyum tuzları da benzer amaçla kullanılıyor olsa da suda çözünürlüğünün yüksek olması ve daha nötral tada sahip olmasından dolayı Ca-laktat daha çok tercih edilmektedir (Moraga et al., 2009; Anino et al., 2006).

Laktik asit, SHK antosiyaninlerinin stabilitesini sağlamak için emdirim çözeltisinin pH değerini düşürmek amacıyla formülasyona dahil edilmiştir. Kırca et al. (2007), siyah havuç antosiyaninlerinin pH değerinin 2,5 – 4,0 aralığında en yüksek stabiliteye sahip olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada da emdirim çözeltisinin pH değerinin 3,4 – 3,6'ya düşürülmesi, gıda endüstrisinde en çok uygulanan organik asitlerden olan laktik asit kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

SHK ise meyve dokusunun SHK antosiyaninlerince zenginleştirilmesi ve ürünün fenolik ve antioksidan kapasitesinin artırılması amacıyla formülasyona dâhil edilmiştir.

4.2.1. İzotonik çözelti konsantrasyonunun belirlenmesi

Vakumlu emdirim tekniği ile meyve ve sebzelerin dokularının zenginleştirilmesinde, maddelerin bir çözelti içinde çözündürülmesi gerekmektedir. Emdirim çözeltisi olarak adlandırılan bu çözeltinin üründen en az

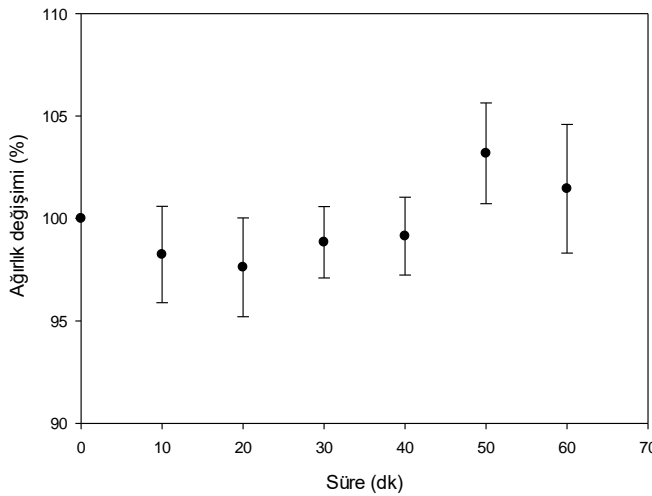
kaybın olmasını sağlamak amacıyla izotonik olması gerektiği bildirilmektedir (Schulze et al., 2012).

Bu çalışmada dokuya aktarılması istenen maddelerin çözündürüldüğü izotonik emdirim çözeltisinin hazırlanmasında manitol kullanılmıştır. Manitol, bitki hücre duvarından kolaylıkla geçemeyen, böylece hücre içi (protoplast) için stabil ozmotik ortam sağlayan bir maddedir (Razdan, 2003) ve doku bilimciler tarafından tercih edilen izotonik çözelti çözünendir (Ersus and Barrett, 2010).

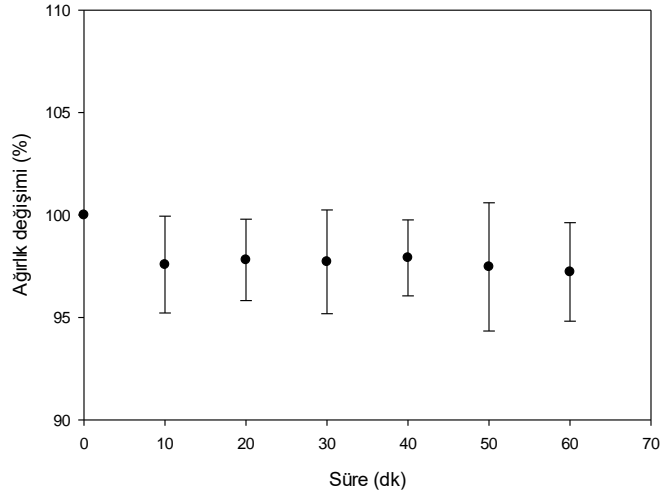
Elma dilimlerinin 0,1; 0,2 ve 0,3 M manitol konsantrasyonlarında zamana bağlı yüzde ağırlık değişimleri Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Manitol konsantrasyonunun 0,1 M olduğu denemede elma dilimlerinin 40. dakikadan sonra ağırlıklarında artış olduğu görülmektedir. Manitol konsantrasyonunun 0,3 M olduğu denemede ise elma dilimlerindeki yüzde ağırlık değişimlerinin en fazla olduğu ve ağırlık kaybının diğer konsantrasyonlara kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir.

Elma dilimlerinin, 0,2 M manitol çözeltisinde bekletilmesi esnasında zamana bağlı yüzde ağırlık değişiminin önemli olmadığı görülmüştür (Bkz. Şekil 4.2). Yalnızca elmanın çözeltiyle ilk temasının ardından dokuda meydana gelen bazı küçük dağılmalar sonucu ağırlıkta azalma görüldüğü anlaşılmaktadır.

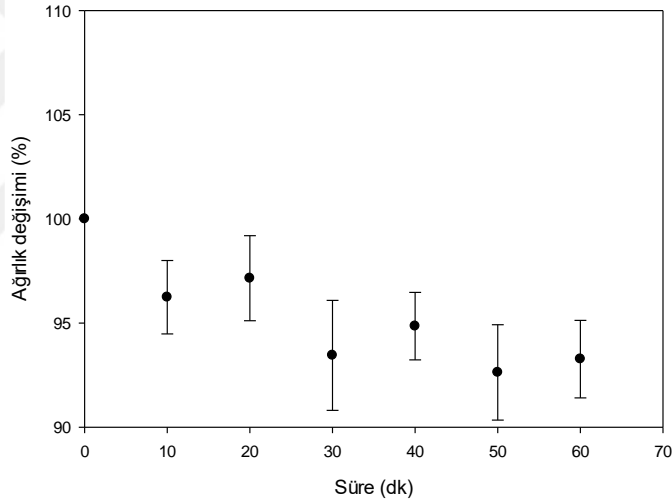
Denemenin sonuçları değerlendirildiğinde, vakumlu emdirim işlemlerinde kullanılan izotonik emdirim çözeltisi 0,2 M manitol olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1 Elma dilimlerinin 0,1 M manitol çözeltisinde % ağırlık değişimi.



Şekil 4.2 Elma dilimlerinin 0,2 M manitol çözeltisinde % ağırlık değişimi.

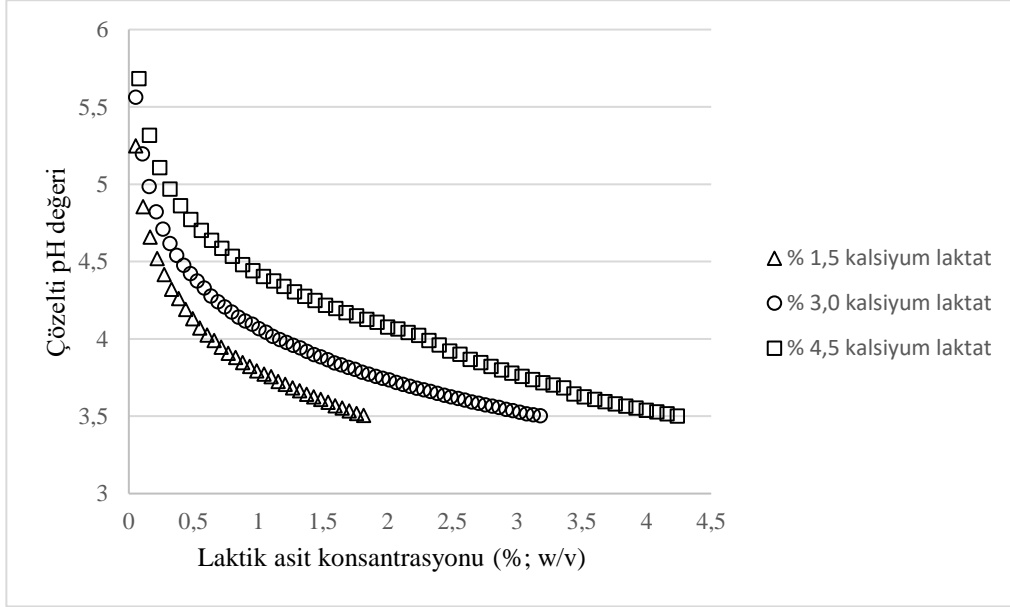


Şekil 4.3 Elma dilimlerinin 0,3 M manitol çözeltisinde % ağırlık değişimi.

4.2.2. Ca-laktat konsantrasyonuna bağlı laktik asit değişiminin belirlenmesi

Emdirim çözeltisinin pH değerini düşürmek için eklenmesi gereken laktik asit miktarı Ca-laktat miktarına bağlı olarak değişmiştir. Bu durumun sebebi 'Le Chatelier' ilkesi ile açıklanabilmektedir. Ca-laktat konsantrasyonu arttıkça ortamda laktat iyonu miktarı artmakta, dolayısıyla reaksiyonun dengesi tersine sürmekte ve daha fazla laktik asit ilave edilmesi gerekmektedir (Kubantseva and Hartel, 2002). Emdirim çözeltisinin hazırlanmasında kullanılması gereken laktik asit konsantrasyonları ağırlık hacimce %1,5, 3,0 ve 4,5 Ca-laktat

konsantrasyonları için sırasıyla %2, 3 ve 4 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4). Bu denemenin ardından belirlenen konsantrasyonlar kullanılarak denemenin doğruluğu ayrıca test edilmiştir.



Şekil 4.4 Emdirim çözeltisi pH değerini düşürmek için gerekli Ca-laktat miktarına bağlı laktik asit konsantrasyonu.

4.2.3. Emdirim çözeltisinin hazırlanması, konsantrasyonların belirlenmesi

Vakumlu emdirim çözeltisinde çözündürülmesi gereken miktarların belirlenmesi amacıyla farklı oranlarda maddelerin olduğu emdirim çözeltileri hazırlanmış ve elma dilimlerine farklı formülasyonlarda vakumlu emdirim işleminin son ürün üzerine etkisi belirlenmiştir. Bu aşamada elde edilen analiz sonuçları değerlendirilerek sonraki aşamalarda kullanılması gereken en uygun formülasyon belirlenmiştir. Bu aşamada işlem parametreleri 650 mmHg vakum basıncı, 10 dakika vakum süresi ve 30 dakika vakum sonrası restorasyon süresi olarak sabit tutulmuştur. Sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

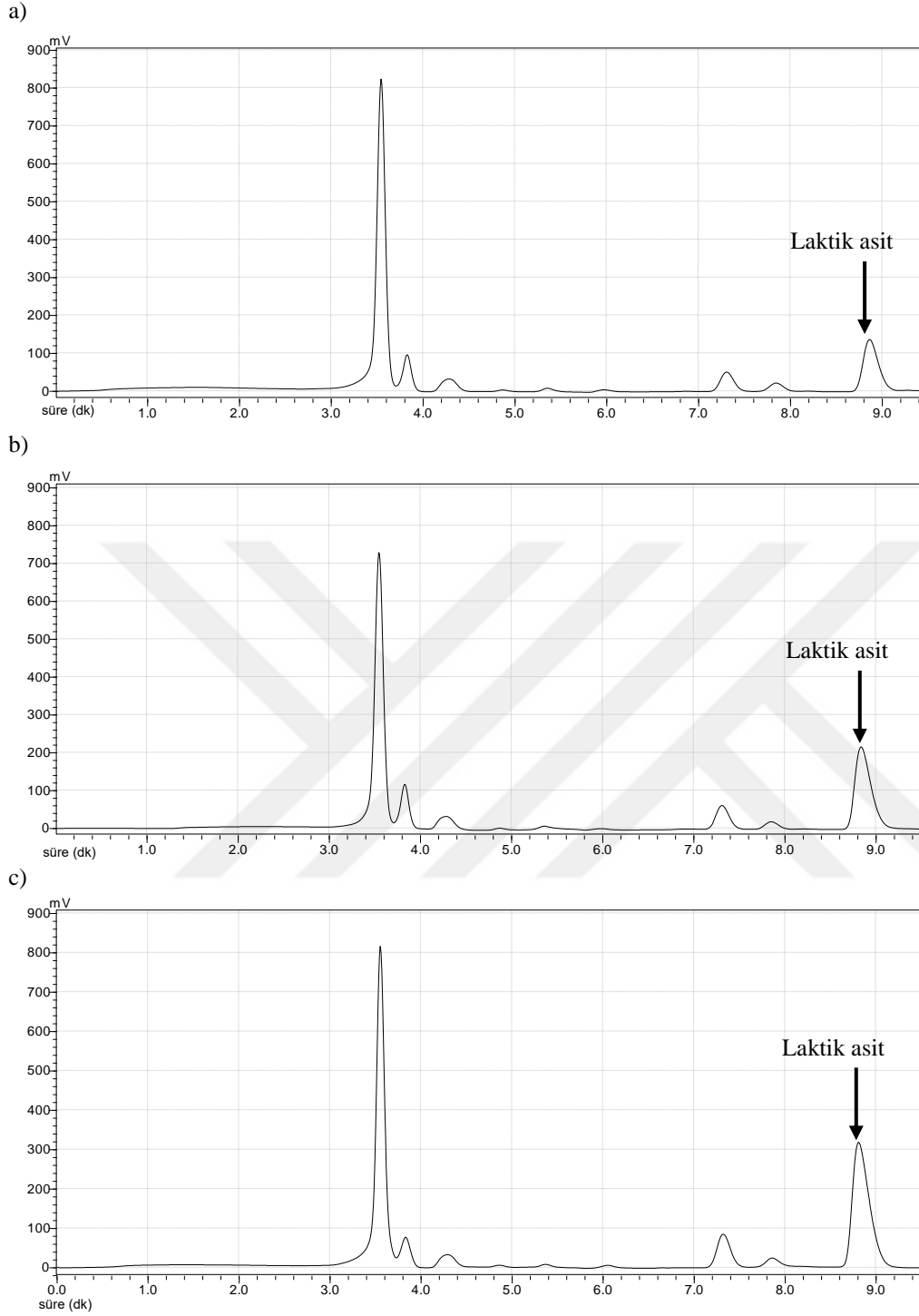
Taze elmanın kalsiyum miktarı 12,03 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Emdirim çözeltisine %1,5; 3,0 ve 4,5 Ca-laktat eklenmesi ve vakumlu emdirim işlemi uygulanması sonucunda elma dilimlerinin kalsiyum miktarı sırasıyla ortalama 51,13; 55,26 ve 61,32 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Elma dilimlerinin kalsiyum miktarının 4 ile 5 kat arasında arttığı belirlenmiştir. Vakumlu emdirim işlemi meyvelerde istenmeyen doku yumuşamalarına sebep

olmaktadır (Perez-Cabrera et al., 2011). Bu nedenle, emdirim çözeltisine Ca-laktat ilave edilerek doku yumuşamasının önlenmesi amaçlanmıştır. Kalsiyum, meyvenin doku yumuşamasını engellemesinin haricinde insan sağlığına faydalı ve tüketilmesi gereken bir mineraldir (Gras et al., 2003). Kalsiyumun yeterli miktarda besinlerle alınamaması durumunda osteoporoz başta olmak üzere çeşitli rahatsızlıkların ortaya çıktığı bildirilmektedir (Cashman, 2002). Bunun için kalsiyum ile zenginleştirilmiş gıdaların geliştirilmesi çalışmaları da gerekli görülmektedir (Selgas et al., 2009). Moraga et al (2009), emdirim çözeltisini %2 Ca-laktat ilave ederek hazırlamış ve 722,5 mmHg vakum basıncı, 10 dk vakum süresi ve 10 dk vakum sonrası restorasyon süresi ile vakumlu emdirim işlemi sonunda greyfurt dilimlerinin kalsiyum miktarının 17'den 52,3 mg/100 g'a yükseldiğini bildirmişlerdir. Anino et al. (2006) da elma dilimlerinin kalsiyum miktarının vakumlu emdirim işleminde kullanılan vakum basıncına bağlı olarak 11 ppm'den 1150 ve 2050 ppm'e yükseldiğini göstermiştir.

Çizelge 4.2 Emdirim çözeltisi formülasyonuna bağlı elma dilimlerinin laktik asit ve kalsiyum içerikleri ile sertlik, a* değeri ve toplam renk farkı (ΔE) değerleri (SHK: Siyah havuç konsantresi, t.e.: tespit edilememiştir, \pm : standart sapma)

%Ca-laktat/ %laktik asit	%SHK	Laktik asit (g/100 g)	Ca (mg/100 g)	Sertlik (N)	a*	ΔE
1,5/2,0	0,0	1,20 \pm 0,24	51,34 \pm 0,57	1,16 \pm 0,19	-4,06 \pm 0,21	24,36 \pm 2,73
	0,4	1,18 \pm 0,18	50,98 \pm 1,04	1,48 \pm 0,21	12,11 \pm 1,33	32,80 \pm 1,95
	0,8	1,13 \pm 0,23	51,09 \pm 0,72	1,52 \pm 0,20	18,87 \pm 1,95	41,88 \pm 3,44
	1,2	1,18 \pm 0,21	51,13 \pm 1,96	1,34 \pm 0,22	23,44 \pm 1,67	49,61 \pm 3,08
3,0/3,0	0,0	1,91 \pm 0,26	55,28 \pm 3,60	2,32 \pm 0,35	-4,71 \pm 0,18	26,80 \pm 2,41
	0,4	1,70 \pm 0,22	54,46 \pm 1,36	2,24 \pm 0,28	13,91 \pm 1,09	31,89 \pm 2,83
	0,8	1,86 \pm 0,31	56,34 \pm 3,16	2,18 \pm 0,31	19,02 \pm 1,23	40,51 \pm 2,23
	1,2	1,80 \pm 0,25	54,96 \pm 3,97	2,37 \pm 0,33	24,62 \pm 2,14	46,17 \pm 4,61
4,5/4,0	0,0	2,59 \pm 0,23	60,87 \pm 3,15	2,71 \pm 0,37	-5,91 \pm 0,19	23,59 \pm 1,52
	0,4	2,63 \pm 0,14	61,58 \pm 2,48	3,03 \pm 0,35	10,27 \pm 2,18	34,51 \pm 3,90
	0,8	2,69 \pm 0,19	62,28 \pm 3,71	2,89 \pm 0,37	17,68 \pm 2,33	41,94 \pm 4,01
	1,2	2,66 \pm 0,20	60,56 \pm 3,32	2,96 \pm 0,38	23,08 \pm 1,75	50,01 \pm 2,66
Taze elma	t.e.		12,03 \pm 1,84	2,34 \pm 0,32	-5,16 \pm 0,86	-

Vakumlu emdirim işlemi sonunda elma dilimlerinin laktik asit miktarı HPLC ile belirlenmiştir. UV dedektörle 215 nm'de tespit edilen laktik asitin kromatogramda alıkonma süresi 8,9 dk olarak tespit edilmiştir. Emdirim çözeltisine Ca-laktat oranına bağlı olarak eklenen laktik asit miktarı arttıkça, elma dilimlerindeki ortalama laktik asit miktarının da arttığı görülmüştür. Emdirim çözeltisinde %2, 3 ve 4 (w/v) oranlarında olmak üzere üç farklı konsantrasyonda laktik asit kullanılmıştır. Bu üç farklı laktik asit konsantrasyonu kullanılarak üretilen elma dilimlerinin laktik asit kromatogram görüntüleri Şekil 4.5'te yer almaktadır. Emdirim çözeltisinde %2, 3 ve 4 (w/v) oranlarında laktik asit bulunması elma dilimlerine sırasıyla ortalama 1,17; 1,82 ve 2,64 g/100 g laktik asit geçişini sağlamıştır.



Şekil 4.5 Elma dilimlerine HPLC ile laktik asit analizine ait kromatogram görüntüleri: Emdirim çözeltilisinde %2 (w/v) laktik asit (a), %3 (w/v) laktik asit (b), %4 (w/v) laktik asit (c).

Vakumlu emdirim işlemi, elma dilimlerinin sertlik değerini emdirim çözeltilisinde bulunan Ca-laktat miktarına bağlı olarak etkilemiştir. Emdirim çözeltilisinde %1,5 (w/v) Ca-laktat'ın olduğu üretimlerde sertlik değerinin oldukça düşük olduğu görülmüştür. Taze elma diliminin sertlik değeri 2,34 N iken %1,5

Ca-laktat'ın bulunduğu formülasyonlar sonucu üretilen elma dilimlerinde ise ortalama 1,38 N sertlik değeri ölçülmüştür. Formülasyonda %3 (w/v) Ca-laktat miktarı ise elma dilimlerinin ortalama 2,28 N sertlik değerine sahip olmasını sağlamıştır. Ayrıca, taze elma dilimleri ile formülasyonda %3 Ca-laktat kullanılmış elma dilimlerinin sertlik değeri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($P>0,05$). Formülasyonda kullanılan en yüksek Ca-laktat oranı (%4,5), sertlik değerinin taze elmadan da yüksek olmasına neden olmuştur. Bu ürün grubunun ortalama sertlik değeri ise 2,90 N olarak belirlenmiştir. Vakumlu emdirim işlemi sonucu elma dilimlerinin ölçülen kalsiyum miktarları ile ürünlerin sertlik değerinin doğrusal değiştiği görülmüştür ($R^2 = 0,94$).

Literatür incelendiğinde, vakumlu emdirim işleminde kullanılan kalsiyum tuzlarının farklı oranlarının denendiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada ise vakumlu emdirim işleminde üç farklı konsantrasyonda Ca-laktat kullanımının, hem son ürünün kalsiyum miktarını hem de mekanik özelliğini belirlemede öneme sahip olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, vakumlu emdirim işleminde kullanılacak kalsiyum tuzu miktarının meyve sebzenin çeşidine ve gözenek yapısına göre deneysel olarak belirlenmesinin önemli olduğu yorumu yapılabilir.

Elma dilimlerinin doğal renk maddesi ile zenginleştirilmesi amacıyla çözeltiye dört farklı oranda SHK (%0; 0,4; 0,8 ve 1,2) eklenmiştir. Formülasyonda yer alan %0,4; 0,8 ve 1,2 SHK oranlarının elma dilimlerinin a^* (kırmızılık) değerlerinin sırasıyla ortalama 12,10; 18,52 ve 23,71 olmasını sağlamıştır. Formülasyonda yer alan SHK oranının artmasıyla a^* değerinin arttığı; dolayısıyla daha fazla antosiyanin geçişinin gözlemlendiği sonucuna varılmıştır. Kroma renk ölçer ile elma dilimlerinin L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülerek toplam renk farkı (ΔE) da hesaplanmış ve %0; 0,4; 0,8 ve 1,2 için sırasıyla ortalama 24,92; 33,07; 41,44 ve 48,60 olarak bulunmuştur.

Vakumlu emdirim çözeltisinde yer alan farklı oranlardaki maddelerin son ürünün duyuusal özelliklerine etkisi duyuusal analiz ile belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Formülasyonda %1,5 Ca-laktat kullanılarak elde edilen elma dilimlerinin sertlik ve tazelik özelliklerinin en az puan aldığı; %4,5 Ca-laktat kullanılan formülasyonun ise panel tarafından en yüksek puan aldığı görülmüştür. Bu iki duyuusal özelliklere (sertlik ve tazelik) ait panel sonuçlarının tekstür analiz sonucu olan 'sertlik' değerleri ile ilişkili olduğu da görülmektedir. Diğer yandan, 'ekşilik' ve 'elma tadı' özelliklerinin %4,5 Ca-laktat kullanılarak elde edilen elma

dilimlerinde en düşük puanlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun sebebi olarak, Ca-laktatın oranına bağlı olarak laktik asitin en yüksek oranda kullanılması sonucu elma tadını olumsuz etkilediği düşünülmektedir.

Çizelge 4.3 Emdirim çözeltisi formülasyonunun ürünlerin duyuşal özelliklerine etkisi (SHK: Siyah havuç konsantresi; \pm : standart sapma)

%Ca-laktat/%laktik asit	%SHK	Yeni ürün olarak renk	Sertlik	Tazelik	Ekşilik	Elma tadı	Genel kabul edilebilirlik
1,5/2,0	0,0	5,3 \pm 1,1	2,0 \pm 0,6	3,6 \pm 0,9	6,5 \pm 0,6	8,1 \pm 0,9	2,6 \pm 0,7
	0,4	6,2 \pm 1,0	2,1 \pm 0,7	4,2 \pm 0,7	6,1 \pm 0,6	8,6 \pm 0,6	1,8 \pm 0,3
	0,8	6,6 \pm 0,7	1,4 \pm 0,5	3,7 \pm 0,6	5,9 \pm 0,7	8,3 \pm 0,7	2,4 \pm 0,8
	1,2	3,7 \pm 0,8	1,7 \pm 0,7	3,6 \pm 0,8	6,0 \pm 0,9	7,6 \pm 1,1	2,0 \pm 0,5
3,0/3,0	0,0	4,8 \pm 0,7	6,4 \pm 1,0	5,9 \pm 1,0	5,8 \pm 0,7	7,7 \pm 0,8	7,1 \pm 0,9
	0,4	6,8 \pm 0,9	5,8 \pm 1,3	6,6 \pm 0,8	5,6 \pm 0,9	8,3 \pm 0,9	7,4 \pm 0,8
	0,8	6,6 \pm 1,0	6,0 \pm 1,0	5,8 \pm 0,7	5,2 \pm 1,0	8,7 \pm 0,4	7,0 \pm 1,3
	1,2	4,1 \pm 0,9	6,6 \pm 1,1	6,2 \pm 0,6	6,3 \pm 0,8	7,9 \pm 1,0	5,8 \pm 0,9
4,5/4,0	0,0	5,5 \pm 0,8	7,8 \pm 0,6	6,4 \pm 0,7	3,7 \pm 0,9	5,9 \pm 0,8	4,8 \pm 0,8
	0,4	6,4 \pm 0,8	8,2 \pm 1,3	6,9 \pm 0,8	3,1 \pm 0,6	7,3 \pm 0,7	5,2 \pm 0,9
	0,8	7,0 \pm 0,8	6,5 \pm 0,8	6,3 \pm 1,0	4,8 \pm 0,7	6,6 \pm 0,6	5,6 \pm 1,1
	1,2	4,2 \pm 1,2	7,3 \pm 1,0	6,8 \pm 0,7	2,7 \pm 0,5	6,1 \pm 0,9	6,3 \pm 0,9

Duyusal analizler sonucunda, %1,5 Ca-laktat oranı ile hazırlanan ürünlerin elma tadını en çok yansıtan oran olduğu anlaşılmaktadır. Bunun sebebi olarak kullanılan laktik asit oranının en düşük seviyede olması gösterilebilir. Duyusal analiz özelliklerinden ‘yeni ürün olarak renk’ sonuçları incelendiğinde, SHK’nin %1,2 oranında kullanıldığı formülasyon hariç (hiç eklenmediği durum dahil) diğer tüm oranlarda üretilen elma dilimlerinin kabul edilebilir düzeyde puanlandığı sonucuna ulaşılmıştır (≥ 5).

Duyusal analiz sonuçlarına göre, ‘yeni ürün olarak renk’ özelliğinde en yüksek puanların %0,4 ve %0,8 SHK oranlarında üretilen elma dilimlerine ait olduğu bulgulanmış ve bu özellik bakımından iki oran arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($P > 0,05$). Bu ürünlerin a^* (kırmızılık) değerlerinin 10,27 – 19,02 arasında değiştiği görülmektedir (Bkz. Çizelge 4.2).

Panelistlerin genel değerlendirmeleri dikkate alındığında ise %3’lük Ca-laktat ile hazırlanan ürünlerin diğer oranlara kıyasla daha çok beğenildiği anlaşılmıştır. Sonuç olarak, panelistlerin %0; 0,4 ve 0,8 SHK, %3 Ca-laktat ve %3 laktik asit formülasyonları ile üretilen elma dilimlerine daha yüksek beğeni puanları verdikleri anlaşılmıştır.

Taze elma diliminin (işlem uygulanmamış) ve farklı formülasyonlarda vakumlu emdirim işleminin uygulandığı elma dilimlerinin toplam fenolik madde (TFM), toplam flavonoid (TF) miktarları ve antioksidan kapasiteleri (AK)

belirlenmiştir. İşlem uygulanmamış taze elmanın 576,01 mg GAE/100 g (db) TFM ve 290,65 mg CE/100 g (db) TF'ye sahip olduğu spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmiştir. Taze elmanın ayrıca 89,67 mg AA eşdeğer/100 g AK'ye sahip olduğu belirlenmiştir.

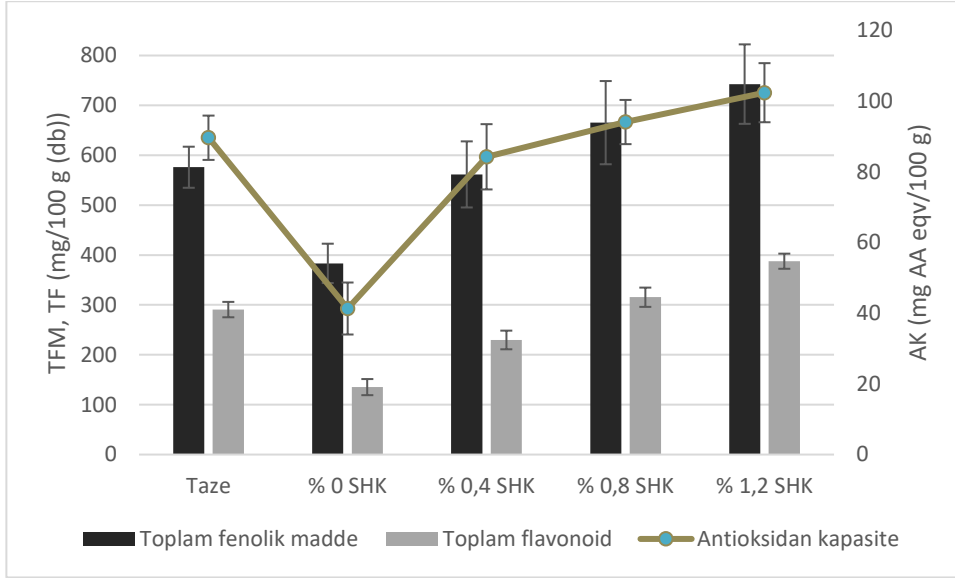
Vakumlu emdirim çözeltisinde yer alan farklı oranlardaki Ca-laktat ve laktik asit konsantrasyonlarının elma dilimlerinin TFM, TF ve AK değerlerini etkilemediği bulgulanmıştır ($P>0,05$). Bundan dolayı farklı konsantrasyonlarda SHK'nin emdirim çözeltisine ilave edilmesinin son üründe TFM, TF ve antioksidan kapasiteye etkisi Şekil 4.6'da verilmiştir. Şekil 4.6, dört farklı SHK konsantrasyonunda üç farklı Ca-laktat – laktik asit oranına ait üretimlerin (12) ortalamaları ile elde edilmiştir.

Formülasyonda SHK'nin kullanılmadığı durumda (%0 SHK), vakumlu emdirim işlemi uygulanmış elma dilimlerinin işlem görmemiş taze elmaya kıyasla TFM, TF ve AK değerlerinin sırasıyla %33,45; 53,48 ve 53,91 azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Elma dilimlerinde biyoaktif maddelerin azalışlarının sebebi olarak hidrodinamik mekanizma sonucu minör maddelerin kaybı ve vakumlu emdirim ile birlikte kapilerlere antioksidan özelliği olmayan çözeltinin geçişi gösterilebilir. Vakumlu emdirim işlemi sonucunda biyoaktif maddelerde düşüşü gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Blanda et al. (2008) iki farklı çeşit elma kullanarak vakumlu emdirim işlemi uygulamış ve TFM'nin %21,57 ve %26,86 azaldığını rapor etmişlerdir. Blanda et al. (2008), vakumlu emdirim işlemi ile gözlenen TFM düşüşünün elma dokusundan çözeltiye ters yönde bir fenolik madde kütle transferinden kaynaklanabileceği yorumunu yapmıştır. Röble et al. (2011) da vakumlu emdirim işlemi sonunda kontrole kıyasla TFM ve AK'de azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, vakumlu emdirim işleminde SHK kullanılması ile hem elma diliminin doğal renk maddesi antosiyanin ile zenginleştirilmesi hem de vakumlu emdirim ile gözlenen TFM, TF ve AK'deki azalmanın engellenmesi sağlanmıştır. Elma dilimlerinin TFM, TF ve AK değerlerinin SHK kullanılmadığı durumda önemli oranda düştüğü; en az %0,4 konsantrasyonun kullanılması durumunda bu bileşenlerin kuru madde üzerinden taze elmaya en yakın değerlere ulaştığı anlaşılmaktadır (Bkz. Şekil 4.6).

Formülasyonda %0,8 ve %1,2 SHK kullanılması durumunda elma dilimlerinin taze elmaya kıyasla daha yüksek TFM, TF ve AK değerlerine sahip

olduğu bulgulanmıştır. Formülasyonda kullanılan SHK konsantrasyonunun %0,8 ve %1,2 olması durumunda elma dilimlerinde taze elmaya kıyasla TFM'nin %15,5 ve %28,9; TF'nin %8,5 ve %33,4 ve AK'nin de %5 ve %14,2 arttığı bulgulanmıştır.



Şekil 4.6 Emdirim çözeltisi formülasyonunda farklı konsantrasyonlarda yer alan siyah havuç konsantresi (SHK)'nin elma dilimlerinde toplam fenolik madde (TFM), toplam flavonoid (TF) ve antioksidan kapasitesi (AK)'ye etkisi.

Formülasyona bağlı sabit işlem parametrelerinde (650 mmHg, 10 dk vakum ve 30 dk restorasyon süresi) gerçekleştirilen üretimler ve ürün özellikleri birlikte ele alındığında emdirim çözeltisinin hazırlanmasında kullanılacak konsantrasyonlar, Ca-laktat, laktik asit ve SHK için sırasıyla %3, %3 ve %0,8 olarak belirlenmiştir.

4.3. Vakumlu Emdirim İşlem Parametrelerinin Etkisinin Belirlenmesi ve Optimizasyon

Vakumlu emdirim işlem parametreleri olan vakum basıncı, vakum süresi ve vakum sonrası restorasyon süresinin SHK renk maddesinin elma dokusuna aktarım miktarına ve hücre yapısına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Vakumlu emdirim işlemi ile 4.2'de belirlenen en uygun emdirim çözeltisi konsantrasyonu kullanılarak yeni uygulamalar ile işlem parametrelerinin etkisi belirlenmiş; ayrıca optimizasyon çalışması ile en uygun işlem parametreleri belirlenmiştir.

4.3.1. Vakum basıncı, vakum süresi ve restorasyon süresinin a* renk değeri ve iyon sızıntısı değerine etkisi

Vakumlu emdirim işlemine vakum basıncının, vakum süresinin ve vakum sonrası restorasyon süresinin (bağımsız değişkenler) etkileri RSM ile belirlenmiştir. Bu bağımsız değişkenlerin etkilerinin belirlenmesi amacıyla a* (kırmızılık) renk değeri ve iyon sızıntısı (%) bağımlı değişkenler olarak seçilmiştir, çünkü çalışmanın amacı elma dokusuna en yüksek oranda SHK antosiyaninlerinin geçişini sağlamak ve aynı zamanda elmanın hücre yapısını mümkün olan en az şekilde deforme olmasını sağlamaktır. Elektriksel iletkenlik ölçümü ile elde edilen iyon sızıntısı analizi hücreler arası boşlukta meydana gelen değişimleri ve hücre yapısının ne derecede bozulduğunu gösteren pratik bir ölçüm yöntemi olarak nitelendirilmektedir (Wiktor et al., 2016).

Merkezi tümleşik tasarıma göre programın belirlediği toplam 17 deney için bağımsız değişkenlerin değeri ve deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde a* değerinin 6,14 ile 18,08 arasında değiştiği; iyon sızıntısı (%) sonuçlarının ise 49,84 ile 80,51 arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.4 İşlem parametrelerinin etkisini belirlemede kullanılan merkezi tümleşik tasarım ve uygulamalar sonucu elde edilen a* ve iyon sızıntısı değerleri

Deney No ⁱ	Bağımsız değişkenler			Bağımlı değişkenler	
	Vakum basıncı (mmHg)	Vakum süresi (dk)	Restorasyon süresi (dk)	a*	İyon sızıntısı (%)
1	211	3	6	6,14	52,36
2	650	5,5	15	17,60	80,51
3	375	5,5	15	14,89	68,05
4	539	8	24	17,42	79,63
5	375	5,5	0	11,36	65,61
6	375	5,5	15	13,61	66,35
7	100	5,5	15	6,30	49,84
8	211	3	24	9,91	53,54
9	375	5,5	30	18,08	67,90
10	375	1	15	11,34	58,95
11	375	10	15	14,96	74,37
12	211	8	6	9,21	60,69
13	539	8	6	17,19	77,63
14	539	3	6	16,69	74,91
15	539	3	24	17,86	76,70
16	211	8	24	13,76	62,02
17	375	5,5	15	14,39	67,31

i: Harmanlanmış sıra

Deneysel tasarıma ait model regresyon katsayıları ile tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 4.5’te verilmiştir. Uyum katsayısı (R²)

değerleri, a^* için 0,983 ve iyon sızıntısı için 0,988 olarak bulunmuştur. ‘Uyum eksikliği’ (Lack of fit) testi deneysel verinin uygunluğunu doğrulamak için göz önünde bulundurulmuş bir testtir (Silva et al., 2007). Bir model önemli düzeyde uyum eksikliği içeriyorsa bu model üzerinden sonuçların yorumlanamayacağı bildirilmektedir (Yağcı and Göğüş, 2008). Uyum eksikliğinin hem a^* değeri hem de iyon sızıntısı (%) bağımlı değişkenleri için önemsiz ($P>0.05$) olduğu görülmektedir; bu da modelin deneysel veri için yeterli düzeyde uygunluğunu göstermektedir.

Çizelge 4.5 incelendiğinde, her üç işlem parametresinin, yani vakum basıncı ($P<0,001$), vakum süresi ($P<0,01$) ve restorasyon süresinin ($P<0,001$) a^* değerini etkilediği görülmektedir. Doğrusal etkilerin haricinde *vakum basıncı x vakum süresi* ile *vakum basıncı x restorasyon süresi*’nin a^* değeri üzerinde etkileşimli etkilerinin negatif olarak istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$).

Çizelge 4.5 Yanıt yüzey metoduna ait istatistiksel analiz sonuçları ve model katsayıları

Model parametreleri	Katsayı	a^*	% iyon sızıntısı
Kesişim	β_0	-10,78560***	28,39438***
Doğrusal			
Vakum basıncı, A	β_1	0,063036***	0,088818***
Vakum süresi, B	β_2	1,62196**	2,44549***
Restorasyon süresi, C	β_3	0,31742***	7,76692x10 ⁻³
Etkileşimli			
Vakum basıncı x Vakum süresi, A x B	β_{12}	-1,96411x10 ^{-3*}	-3,18962x10 ^{-3*}
Vakum basıncı x Restorasyon süresi, A x C	β_{13}	-5,93563x10 ^{-4*}	1,09415x10 ⁻⁴
Vakum süresi x Restorasyon süresi, B x C	β_{23}	-8,31002x10 ⁻⁴	1,82083x10 ⁻³
İkinci derece			
Vakum basıncı x Vakum basıncı, A ²	β_{11}	-2,84432x10 ^{-5*}	-1,85137x10 ⁻⁵
Vakum süresi x Vakum süresi, B ²	β_{22}	-0,046877	4,31380x10 ⁻³
Restorasyon süresi x Restorasyon süresi, C ²	β_{33}	-2,74236x10 ⁻³	8,15590x10 ⁻³
R²		0,983	0,988
Ayarlanmış R²		0,961	0,972
p-değeri		<0,0001	<0,0001
F-değeri		44,76	62,62
Uyum eksikliği (Lack of fit)		0,4189	0,1871

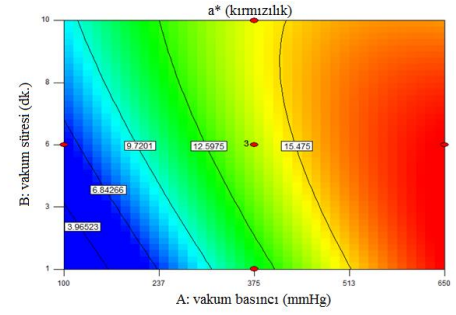
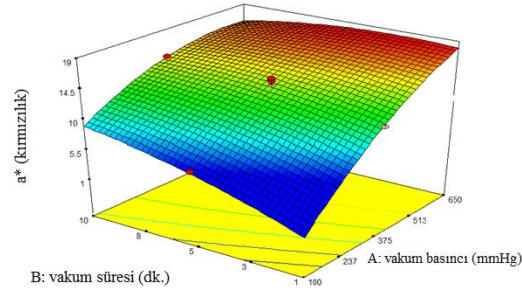
Önem düzeyleri: * $P<0,05$; ** $P<0,01$; *** $P<0,001$

Model denklemi: $Y = \beta_0 + \beta_1A + \beta_2B + \beta_3C + \beta_{12}(AxB) + \beta_{13}(AxC) + \beta_{23}(BxC) + \beta_{11}A^2 + \beta_{22}B^2 + \beta_{33}C^2$

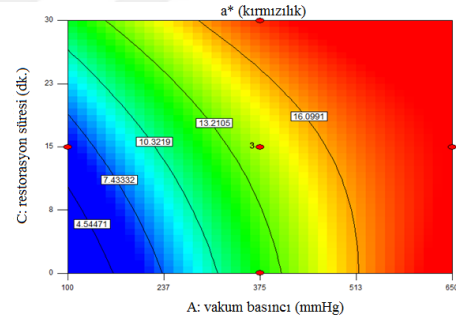
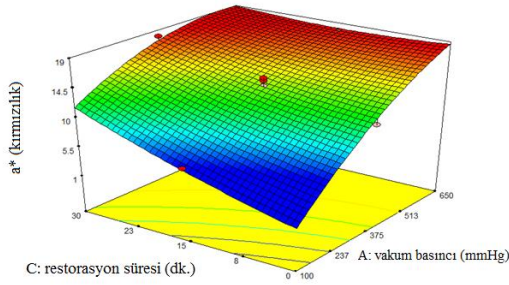
Bağımsız değişkenlerin a^* değeri üzerine etkileri Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Şekil 4.7-A incelendiğinde, vakum basıncının ve vakum süresinin artmasıyla a^* değerinin arttığı görülmektedir. Vakum süresinin a^* değerinin artışında belirli bir süreye kadar etkili olduğu, sonrasında a^* değerinin değişmediği görülmektedir.

Restorasyon süresinin artmasıyla a^* renk değerinin yükseldiği de anlaşılmaktadır (Şekil 4.7-B).

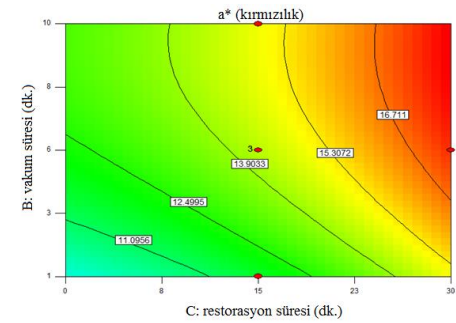
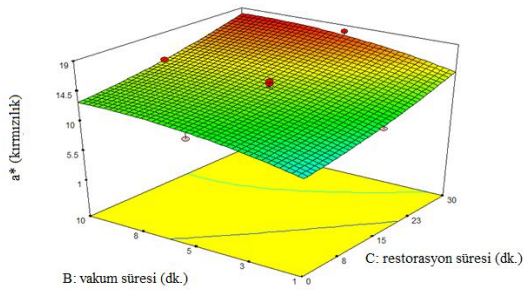
(A)



(B)



(C)



Şekil 4.7 Bağımsız değişkenlerin a^* değeri üzerine etkileri.

Vakumlu emdirim işleminde işlem parametrelerinin elma dilimlerinin a^* değerlerinin değişiminde etkisi hidrodinamik mekanizma ve deformasyon gevşeme olayları teorilerine bağlı olarak açıklanabilir.

Ortam basıncının düşmesi ve bu düşük basınçta bekleme süresi elma dokusundaki kapillerlerin deformasyon ve genişleme seviyesini belirlemede

etkilidir. Bu seviye emdirim çözeltisinin ne kadar miktarda dokuya geçişinin sağlanacağını belirlemede etkilidir (Gras et al., 2003). Maddelerin dokuya geçişinin restorasyon süresince gerçekleştiği bilinmektedir (Hironaka et al., 2011). Restorasyon süresi DRP'nin son aşaması olarak nitelendirilmekte ve bu aşamada kapiler ile ortam sıvı arasındaki basınç farkından kaynaklı sıvıdan dokuya geçiş söz konusudur (Radziejewska-Kubzdela et al., 2014).

İşlemler sonunda, elma dilimlerinin iyon sızıntısı (%) değerlerinin vakum basıncı ve vakum süresi ile önemli oranda etkilendiği ($P < 0,001$), ancak restorasyon süresinin iyon sızıntısı değerine etkisinin önemli olmadığı anlaşılmıştır ($P > 0,05$). Ayrıca, vakum basıncı ve vakum süresinin etkileşimli etkisinin negatif olduğu görülmektedir (Bkz. Çizelge 4.5).

Bağımlı değişkenlerin iyon sızıntısı (%) değeri üzerine etkileri Şekil 4.8'de verilmiştir. Meyve ya da sebzenin hücre yapısı özellikle vakum basıncına bağlı olarak bozulabilmektedir. Böylece, meyvenin içeriğindeki polifenoller ile polifenol oksidaz enziminin etkileşimi gerçekleşmekte ve istenmeyen enzimatik esmerleşme reaksiyonları hız kazanmaktadır. Vakumlu emdirim işleminde bu durumun oluşmasına vakum basıncı ve bu basınç nedeniyle kaynaklanan yapısal bozulmaların neden olduğu bildirilmektedir. Neri et al. (2016), elma dilimlerine farklı vakum basınçları ve vakum sürelerini uygulamış, vakum basıncının ve vakum süresinin artışının elma yapısını olumsuz etkilediğini bulgulamışlardır. Taze meyve ve sebzelerin hücre yapısının bozulmaması için vakumlu emdirim işleminde hem vakum basıncının hem de vakum süresinin kontrol edilmesi gerektiği bu çalışmanın sonuçlarıyla da desteklenmektedir.

Yanıt yüzey yönteminde bağımlı değişkenler olan a^* ve iyon sızıntısı değerlerinin vakum basıncı (A), vakum süresi (B) ve restorasyon süresine (C) bağlı olarak model denklemleri aşağıda verilmiştir:

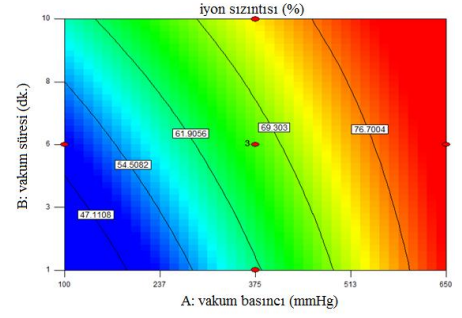
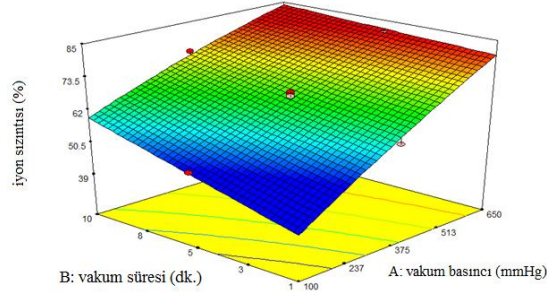
$$Y (a^*) = -10,7856 + 0,063036x(A) + 1,62196x(B) + 0,31742x(C) - 0,0096411x(AxB) - 0,000593563 (Ax C) - 0,0000284432x(A^2)$$

$$Y (iyon sızıntısı) = 28,39438 + 0,088818x(A) + 2,44549x(B) - 0,00318962x(AxB)$$

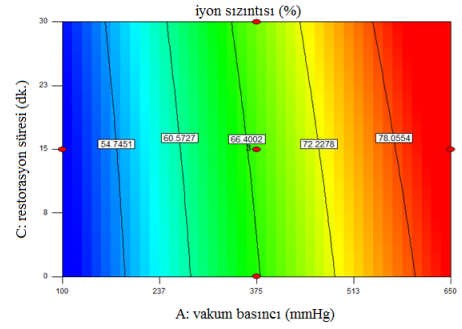
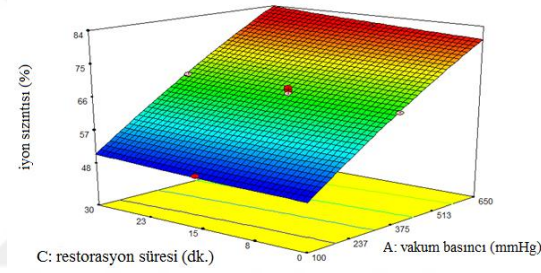
Bu çalışmada, iyon sızıntısı (%) değerlerinin yüksek vakum basıncında ve uzun vakum süresince daha yüksek olduğu görülmektedir. Vakum basıncı ve vakum süresinin hücre morfolojisine etkisini görmek amacıyla farklı iyon sızıntısı

değerlerine sahip 2, 3 ve 7 numaralı örneklerden ince kesitler alınmış ve ışık mikroskobu altında inceleme yapılmıştır. İyon sızıntısı değerinin artmasıyla hücre morfolojisinin bozulduğu görülmektedir (Şekil 4.9).

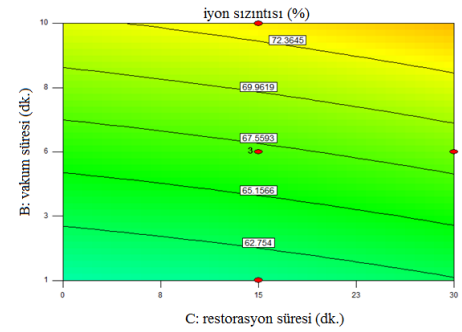
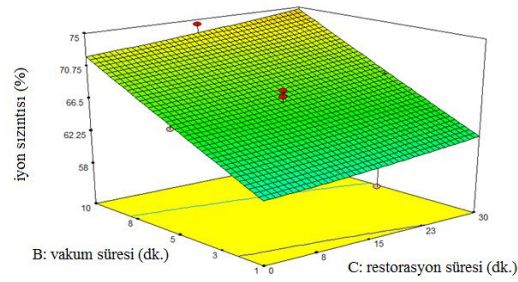
(A)



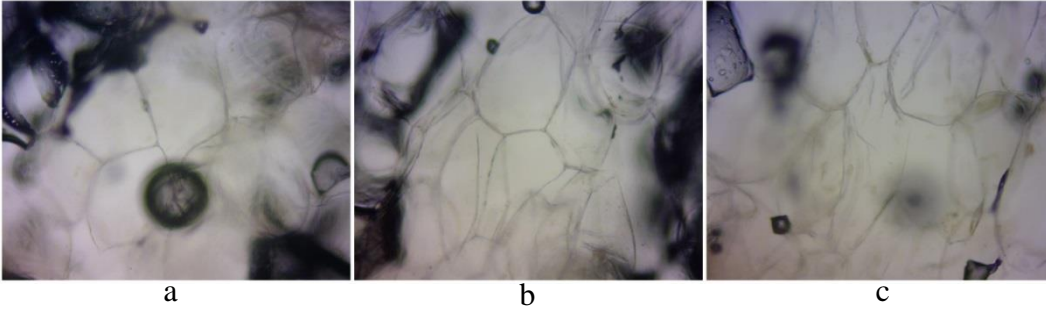
(B)



(C)



Şekil 4.8 Bağımsız değişkenlerin iyon sızıntısı değeri üzerine etkileri.



Şekil 4.9 Farklı iyon sızıntısı değerlerine sahip elma dilimleri kesitlerinin ışık mikroskobu altında görünümü (a: %49,84; b: %68,05; c: %80,51).

4.3.2. Optimizasyon

Elma dilimlerinin SHK ile zenginleştirilmesinde işlem parametrelerinin etkisinin belirlenmesinin ardından, işlem parametrelerinin optimum değerleri program (Design Expert) ile belirlenmiştir. Optimizasyon sürecinde, en yüksek renk maddesi geçişini sağlayan ve aynı zamanda en az hücresel deformasyona sebep olan işlem parametre değerlerine ulaşılmaya çalışılmıştır. Bundan dolayı, programda a^* renk değerinin maksimuma yakın, iyon sızıntısı değerinin de minimuma yakın olduğu parametrenin bulunması amaçlanmıştır. Bu koşullarda programda yapılan optimizasyon çalışmasına göre optimum vakum basıncı (A) 211 mmHg, vakum süresi (B) 3 dakika ve vakum sonrası restorasyon süresi (C) 20 dakika olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Optimum koşullarda a^* ve iyon sızıntısı (%) değerleri için programın tahmini değerleri sırasıyla 10,01 ve 52,75 olarak bulunmuştur. Optimum işlem koşulu için güvenilirlik değeri 0,905 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, model denklemleri kullanılarak a^* ve iyon sızıntısı değerleri de sırasıyla 8,71 ve 52,45 olarak hesaplanmıştır. Optimum koşullarda gerçekleştirilen dört farklı üretim ile a^* ve iyon sızıntısı değerleri sırasıyla ortalama 9,74 ve %52,04 olarak ölçülmüştür. Doğrulama çalışması da yapılmış ve programın tahmini değerleri ve model denklemleri kullanılarak hesaplanan değerler ile deneysel veriler arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı görülmüştür ($P>0,05$).

Çizelge 4.6 En yüksek a^* ve en düşük iyon sızıntısı değerleri için optimum vakumlu emdirim işlem koşulları

Vakumlu Emdirim İşlem Parametreleri				Parametre	Program Çıktısı	Denklemden hesaplanan*	Deneysel Sonuç
Vakum basıncı	Vakum süresi	Restorasyon süresi	Güvenilirlik				
211 mmHg	3 dk	20 dk	0,905	a^* değeri	10,01	8,71	9,74 ± 1,62
				İyon sızıntısı (%)	52,75	52,45	52,04 ± 2,19

*: Yalnızca istatistiksel olarak önemli ($P<0,05$) modeller ile hesaplanmıştır.

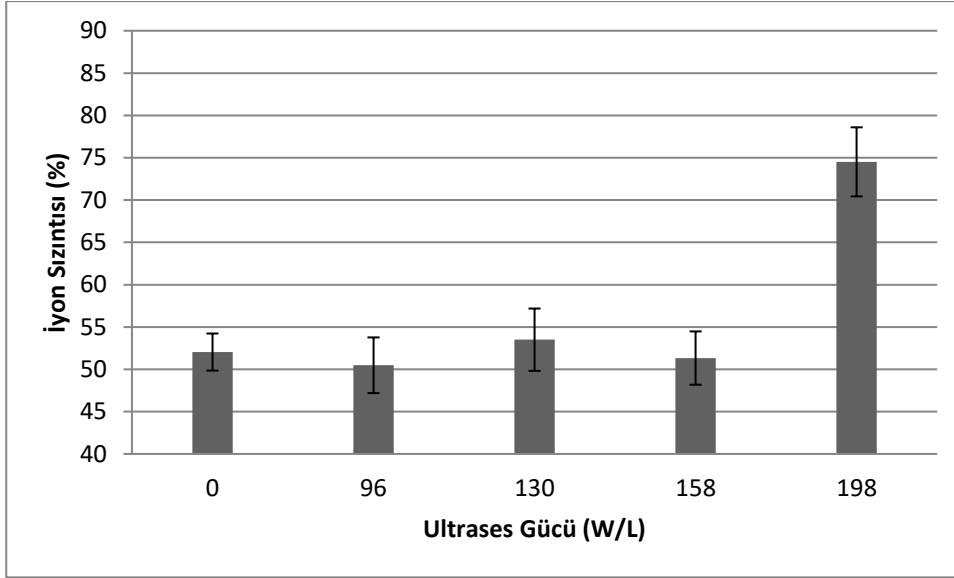
4.4. Vakumlu Emdirim İşlemine Eş Anlı Uygulanan Ultrases İşleminin Etkisi

Tez çalışması kapsamında literatürde örneğine rastlanılmayan yeni bir cihaz tasarlanmıştır ve elma dilimlerine vakumlu emdirim işleminin uygulanması bu cihazda gerçekleştirilmiştir. Cihaz, vakumlu emdirim işlemine paralel olarak örneklere ultrases uygulama özelliğine sahip olarak tasarlanmıştır. Vakumlu emdirim cihazına entegre olan ultrasesin elektrik akımına (2,2 – 7,5 A) bağlı olarak değişen farklı ultrases güçleri (96 – 330 W/L) uygulama özelliği bulunmaktadır.

Bu kapsamda öncelikle 96, 130, 158, 198, 242 ve 286 W/L olmak üzere altı farklı güçte ultrasesin vakumlu emdirim işlemine eş anlı uygulanması ve üretimlerin gerçekleştirilmesi hedeflenmiş; ancak 286 W/L gücünde ultrases uygulanmasıyla emdirim çözeltisinin sıcaklığının çok yükseldiği gözlemlenmiş (73 ± 5 °C) ve uygulanacak ultrases gücünde revizyona gidilmiştir. Benzer şekilde 242 W/L ultrases işleminde de sıcaklığın 52 ± 6 °C'ye yükseldiği görülmüştür. Sonuç olarak çalışmada uygulanacak ultrases güçleri 96, 130, 158 ve 198 W/L belirlenmiş ve bu ultrases güçleri uygulanarak vakumlu emdirim işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Ürünlerin öncelikli olarak iyon sızıntısı değerleri (%) incelenmiştir (Şekil 4.10). Sonuçlar incelendiğinde 96, 130 ve 158 W/L ultrases güçlerinin uygulanmasıyla elde edilen iyon sızıntısı değerlerinin ultrases uygulanmadan elde edilen iyon sızıntısı değerlerinden farklı olmadığı ($P>0,05$); ancak 198 W/L ultrases gücünde ise iyon sızıntısı değerinin önemli oranda yükseldiği bulgulanmıştır. Wiktor et al. (2016), 21 ve 40 kHz frekansta 180 W ultrases gücünde 5, 10, 20 ve 30 dakika sürelerince elma dilimlerine ultrases işlemi uygulamışlar ve örneklerin elektriksel iletkenlik değerlerinde farklılık gözleyememişlerdir. Çalışmalarında elde edilen bulgu ile ultrases işleminin vurgulu elektrik alan işleminin verdiği ölçüde bitki dokusuna zarar vermediği yorumunu yapmışlardır.

İyon sızıntısı değerlerini dikkate alarak sonraki aşamada 96, 130 ve 158 W/L ultrases gücünde vakumlu emdirim işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada formülasyonda yer alan siyah havuç konsantresinin eklenmediği durum da test edilmiştir.

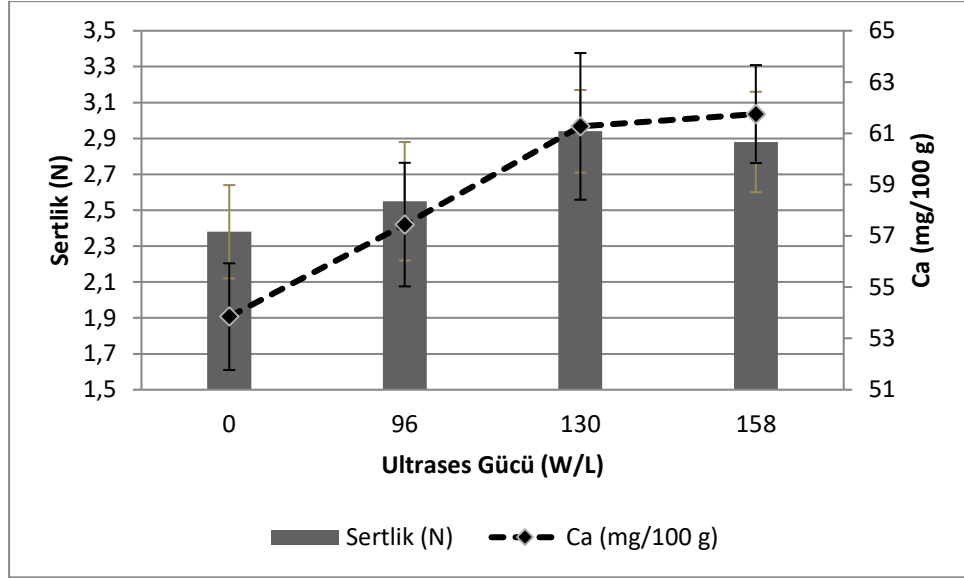


Şekil 4.10 Vakumlu emdirim işleminde ultrases gücüne bağlı iyon sızıntısı değerleri (Grafik üzerindeki hata payları standart sapmaları temsil etmektedir).

Üretimler sonucunda elde edilen ürünlerin tekstür analizi değerlendirildiğinde, ultrases uygulanmasıyla sertlik değerinin arttığı anlaşılmıştır (Şekil 4.11). Ultrases uygulanmayan vakumlu emdirim işlemi sonunda elma dilimleri 2,38 N sertlik değerine sahipken; 96, 130 ve 158 W/L ultrases güçlerinin vakumlu emdirim işlemine eş anlı olarak uygulanmasıyla elde edilen elma dilimlerinin sırasıyla 2,55; 2,94 ve 2,88 N sertlik değerlerine sahip olduğu bulgulanmıştır. Ayrıca, 130 ve 158 W/L ultrases güçlerinde elde edilen sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($P>0,05$). Sertlik değerinin ultrases uygulanmasıyla artışı daha fazla kalsiyumun emdirilmesi olarak açıklanabilir.

Ultrases uygulanmayan vakumlu emdirim işlemi ile üretilen elma örneklerinin kalsiyum içeriği 53,85 mg/100 g olarak hesaplanmıştır. Vakumlu emdirim işlemine eş anlı 96 W/L ultrases uygulaması ile kalsiyum içeriğinin 57,44 mg/100 g'a; 130 W/L ve 158 W/L ultrases güçlerinde ise sırasıyla 61,27 ve 61,75 mg/100 g'a yükseldiği bulgulanmıştır.

Üç farklı ultrases gücünde emdirim çözeltisine siyah havuç konsantresi eklenmemiş ya da eklenmiş vakumlu emdirim işlemleri sonucunda elde edilen elma dilimlerine toplam fenolik madde (TFM), toplam flavonoid (TF), toplam antosiyanin (TA) ve antioksidan kapasitesi (AK) analizleri uygulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.11 Vakumlu emdirim işleminde ultrases gücüne bağlı elma örneklerinin sertlik değeri ve kalsiyum miktarı (Grafik üzerindeki hata payları standart sapmaları temsil etmektedir).

Sonuçlar incelendiğinde, siyah havuç konsantresinin formülasyonda yer aldığı üretimlerde, ultrases gücünün artışıyla birlikte biyoktif bileşenlerin miktarının önemli oranda arttığı bulgulanmıştır. Ultrases uygulanmadan vakumlu emdirim işlemi uygulanmış elma dilimlerinin TFM miktarı 589,9 mg/100 g (db) iken 96 W/L ultrases gücünün vakumlu emdirime eş anlı uygulanması sonucunda elma dilimlerinin TFM miktarının 603,2 mg/100 g (db)'a yükseldiği bulgulanmıştır. Ultrases gücünün 130 ve 158 W/L'ye yükseltilmesi ile TFM miktarının daha çok arttığı ve bu ultrases güçleri için sırasıyla 659,4 ve 652,4 mg/100 g (db) olduğu bulgulanmıştır.

Ultrases işlemi ile birlikte renk maddesi geçişinin de arttığı bulgulanmıştır. Ultrases uygulanmadığı durumda TA 18,7 mg/100 g (db) iken, 130 ve 158 W/L ultrases gücünün uygulanması ile elma dilimlerinin TA değerlerinin sırasıyla 23,3 ve 22,5 mg/100 g (db)'a yükseldiği bulgulanmıştır.

Vakumlu emdirim işlemine eş anlı uygulanan ultrases işlemi ile TF ve AK'nin de arttığı bulgulanmıştır. Bu artışlar 'hidrodinamik mekanizma' ve 'deformasyon - gevşeme olayları' teorilerine dayandırılarak açıklanabilir.

Çizelge 4.7 Vakumlu emdirim işlemine eş anlı uygulanan ultrasesin farklı güçlerinin elmadaki biyoaktif madde miktarlarına etkisi (\pm : standart sapma, aynı sütunda yer alan farklı harfler gruplar arasındaki farklılığı simgelemektedir ($P<0,05$)).

Ultrases Gücü (W/L)	TFM (mg/100 g kuru madde)		TF (mg/100 g kuru madde)		TA (mg/100 g kuru madde)		AK (mg AA/100 g)	
	-	+	-	+	-	+	-	+
0	394,7 \pm 24,3 ^a	589,9 \pm 35,1 ^a	140,7 \pm 14,4 ^a	274,4 \pm 18,9 ^a	NA	18,7 \pm 1,9 ^a	41,1 \pm 3,3 ^a	81,7 \pm 7,2 ^a
96	357,0 \pm 25,9 ^{a,b}	603,2 \pm 33,2 ^{a,b}	127,2 \pm 12,2 ^{a,b}	304,1 \pm 14,4 ^b	NA	20,3 \pm 1,0 ^a	34,0 \pm 3,4 ^b	89,6 \pm 3,9 ^a
130	330,5 \pm 27,2 ^b	659,4 \pm 13,6 ^c	115,3 \pm 4,9 ^b	322,0 \pm 10,2 ^b	NA	23,3 \pm 1,1 ^b	26,6 \pm 2,7 ^{b,c}	101,0 \pm 3,9 ^b
158	342,1 \pm 17,9 ^b	652,4 \pm 17,7 ^{b,c}	112,5 \pm 12,0 ^b	324,3 \pm 14,9 ^b	NA	22,5 \pm 1,3 ^b	25,2 \pm 4,1 ^c	96,2 \pm 7,3 ^b

- : Emdirim çözeltisine siyah havuç konsantresi eklenmemiş

+ : Emdirim çözeltisine siyah havuç konsantresi eklenmiş

Çizelge 4.8 Vakumlu emdirim işleminde ultrases çalıştırma durumunun elmadaki biyoaktif madde miktarlarına etkisi (\pm : standart sapma, aynı sütunda yer alan farklı harfler gruplar arasındaki farklılığı simgelemektedir ($P<0,05$)).

Ultrases çalışma durumu	TFM (mg/100 g kuru madde)	TF (mg/100 g kuru madde)	TA (mg/100 g kuru madde)	AK (mg AA/100 g)
Sürekli	659,4 \pm 13,6 ^a	322,0 \pm 10,2 ^a	23,3 \pm 1,1 ^a	101,0 \pm 3,9 ^a
Yalnızca vakum süresince	627,5 \pm 15,0 ^b	295,1 \pm 6,4 ^a	20,7 \pm 1,4 ^b	93,5 \pm 2,7 ^{a,b}
Yalnızca restorasyon süresince	621,8 \pm 14,2 ^b	304,2 \pm 9,4 ^a	20,9 \pm 1,3 ^b	92,3 \pm 5,0 ^b

Hidrokinamik mekanizmada hücreler arası boşlukta sıkışan gazın çözeltiye geçişi esnasında porların ultrases ile daha çok genişlemiş olması ve daha çok gaz çıkışının gerçekleşmesi bu ihtimallerden birisidir. Bir diğeri de deformasyon gevşeme aşamasında daralan porların ultrases ile etkilenmesi ve emdirimin daha çok gerçekleşmesidir. Diğeri bir sebep olarak, ses dalgalarının titreşimli hareketlerinin yankılanımlı akım oluşturması ve böylece kütle transferinin artması gösterilebilir (Deng and Zhao 2008).

Ultrases gücünün artışıyla TFM, TF, TA ve AK'nin önemli oranda arttığı yapılan analizlerle belirlenmiştir. Bellary and Rastogi (2014), vakumlu emdirim işleminin restorasyon aşamasında ultrases uygulanmasıyla muz dilimlerine kurkumin renk maddesinin daha çok aktarıldığını bildirmişlerdir. Restorasyon aşamasında ultrasesin uygulanmadığı durumda 35 mg/100 g kurkumin aktarılırken; 35 kHz frekansta ultrases uygulanması ile 85 mg/100 g kurkumin renk maddesinin aktarıldığını rapor etmişlerdir. Comandini et al (2010) da restorasyon süresince ultrases işleminin uygulanması ile üretilen elma dilimlerine daha çok aroma maddesinin aktarıldığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada restorasyon süresinin de etkili olduğu ve aroma maddelerinin emdirilmesinde kontrol edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Bu durumun tam tersine, SHK'nin yer almadığı formülasyonlarda ultrases işleminin uygulanmasıyla biyoaktif maddelerin önemli oranda azaldığı gözlemlenmiştir. Ultrases uygulanmadan, SHK ilavesiz, vakumlu emdirim işleminin uygulanmış elma dilimlerinin TFM miktarı 394,7 mg/100 g (db) olarak kaydedilmiş iken, 96 W/L ultrases gücünün vakumlu emdirime eş anlı uygulanması sonucunda elma dilimlerinin TFM miktarının 357,0 mg/100 g (db)'a düştüğü bulgulanmıştır. Ultrases gücünün 130 ve 158 W/L'ye yükseltilmesi ile TFM miktarının daha çok azaldığı ve bu ultrases güçleri için sırasıyla 330,5 ve 342,1 mg/100 g (db) olduğu bulgulanmıştır.

Vakumlu emdirim çözeltisine SHK eklenmemiş ve ultrases uygulanmış elma dilimlerinde ise AK'nin 25,2 mg AA/100 g'a kadar düştüğü bulgulanmıştır. Formülasyonda SHK'nin olduğu 130 W/L ultrases işleminin uygulanmasıyla vakumlu emdirim işleminin üretilmiş elma dilimlerinin AK değeri 101,0 mg AA/100 g iken, aynı işlem koşullarında ancak SHK eklenmemiş durumda bu değerin %75 kadar azaldığı görülmektedir. Ultrases işleminin bitkisel materyallerden çözeltiye biyoaktif madde geçişini artırdığı bilinmektedir (Vilkhu

et al., 2008; Khan et al., 2010). Bu durumda da elmada bulunan biyoaktif maddelerin emdirim çözeltilisine daha çok özütlendiği sonucuna varılmaktadır.

Ultras ses gücünün artışıyla biyoaktif maddelerin arttığı; ancak 130 ve 158 W/L ultras ses güçlerinin biyoaktif madde geçişinde farklılık göstermediği gözlemlenmiştir. Bundan dolayı en uygun ultras ses gücü olarak da 130 W/L belirlenmiştir.

Vakumlu emdirim işleminde ultras sesin hangi aşamada daha çok etkili olduğunu belirlemek amacıyla ayrı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Buna göre, 130 W/L ultras ses gücünde vakum esnasında ya da restorasyon esnasında ultras ses çalıştırılmış ve yine elde edilen elma dilimlerine biyoaktif madde analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.8 incelendiğinde, yalnızca vakum ya da yalnızca restorasyon süresince ultras sesin çalışır olmasının; sürekli çalıştırılmasına kıyasla daha az miktarlarda biyoaktif madde geçişi sağladığı anlaşılmaktadır. Ultras ses yalnızca vakum süresince çalıştırılıp, restorasyon süresince kapatıldığında TFM miktarının 627,5 mg/100 g (db) olduğu; tam tersi durumda yani vakum süresince kapalı olup, restorasyon süresince çalıştırıldığında bu miktarın 621,8 mg/100 g (db) olduğu bulgulanmıştır. Değerlerin her iki durumda da ultras sesin sürekli çalıştırılması durumunda elde edilen TFM miktarından (659,4 mg/100 g db) daha düşük olduğu anlaşılmaktadır.

Ultras ses çalışma durumuna göre TF miktarları karşılaştırıldığında her ne kadar uygulamalar arasında istatistiksel olarak farklılık görülme de, ultras sesin sürekli olarak çalıştığı durumda TF değerinin ortalama olarak daha yüksek olduğu görülmektedir.

TA miktarı ultras sesin sürekli çalışır durumunda 23,3 mg/100 g (db) iken bu değer sürekli çalışmayan diğer uygulamalarda 20,7 ve 20,9 mg/100 g (db) olduğu ve istatistiksel olarak farklı olduğu bulgulanmıştır ($P<0,05$). Benzer şekilde, AK'nin de 101,0 mg AA/100 g'dan 93,5 ve 92,3 mg AA/100 g değerlerine düştüğü bulgulanmıştır.

Literatür incelendiğinde, vakumlu emdirim işlemine eş anlı ultras ses işleminin yalnızca restorasyon süresince uygulandığı görülmektedir. Söz konusu çalışmalarda ultras sesin etkisinin yalnızca kontrole kıyasla (ultras ses uygulanmadığı

durum) değerlendirildiği görülmektedir. Bu çalışma ile biyoaktif maddelerin elma dokusuna geçişinde ultrasesin etkisi hem vakum hem de restorasyon süresince belirlenmiştir. Dolayısıyla ultrasesin hem vakum hem de restorasyon süresince uygulanması biyoaktif maddelerin hedef dokulara geçişini artırabilecek bir parametre olarak değerlendirilmesi mümkündür.

Vakumlu emdirim işleminde temel olarak, gıda maddesinin kapiler yapısı ile emdirim çözeltisi arasındaki basınç farklılığından kaynaklı kütle transferi söz konusudur. Vakumlu emdirim işlemine eş anlı ultrases uygulanması ile zorlamalı kütle transferinin gerçekleştiği yorumu yapılabilir. Bu çalışmada da, ultrasesin zorlamalı kütle transferi sağlaması sonucu elma dokusu ile emdirim çözeltisi arasında karşılıklı geçişin hızlandığı sonucuna ulaşılmaktadır.

4.5. Optimum Koşullarda Ürünlerin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri

Ultrases işlemi uygulanan ve uygulanmayan vakumlu emdirim işlemleri ile üretilen elma dilimlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri taze elma dilimleriyle karşılaştırmalı olarak Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimlerinin suda çözünür kuru madde değerleri, taze elma dilimlerinden daha düşük olduğu bulgulanmıştır. Neri et al. (2016), vakum basıncının artırılmasıyla elma dilimlerinin suda çözünür kuru madde değerlerinde önemli oranda düşüş tespit etmişlerdir. Vakumlu emdirim işlemi ile üretilen elma dilimlerinin pH değerlerinin taze elmaya kıyasla daha düşük olduğu bulgulanmıştır. Ultrases uygulamasız vakumlu emdirim işlemi ile üretilen elma dilimlerinin ortalama pH değeri 3,94 iken, ultrases uygulamalı vakumlu emdirim işlemi ile üretilen elma dilimlerinin ortalama pH değeri 3,78 olarak tespit edilmiştir. pH değerindeki bu düşüşün elma dokusuna laktik asit geçişi olduğundan kaynaklanmaktadır. Bu üretilere ait elma dilimlerine sırasıyla 1,74 ve 2,14 g/100 g laktik asit geçişi olduğu bulgulanmıştır.

Taze elma diliminin kalsiyum miktarı 12,03 mg/100 g iken, ultrases uygulamasız ve 130 W/L ultrases uygulamalı vakumlu emdirim işlemleri sonucunda üretilen elma dilimlerinin kalsiyum miktarı sırasıyla 53,85 ve 61,27 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Vakumlu emdirim işlemleriyle elma dilimlerinin kalsiyum içeriğinin dört – beş kat arttığı görülmektedir. Vakumlu emdirim işlemine 130 W/L ultrases işleminin eş anlı uygulanmasıyla kalsiyum geçişinin

daha da arttığı, bunun da elma dilimlerinin sertlik değerini etkilediği görülmektedir. Taze elma diliminin sertlik değeri 2,32 N olarak tespit edilmiştir. Ultrases uygulamasız vakumlu emdirim işlemi ile üretilen elma dilimlerinin sertlik değeri 2,38 N ve ultrases uygulamalı vakumlu emdirim işlemi ile üretilen elma dilimlerinin sertlik değeri 2,94 N olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9 Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (±: standart sapma)

Özellikler	İşlenmemiş taze elma dilimi	Vakumlu emdirim ile üretilmiş elma dilimi	
		Ultrases uygulamasız	130 W/L ultrases uygulamalı
Fiziksel - Kimyasal			
Suda çözünür kuru madde (°Bx)	15,82 ± 0,37	14,75 ± 0,20	14,44 ± 0,38
pH değeri	4,20 ± 0,08	3,94 ± 0,16	3,78 ± 0,10
Laktik asit (g/100 g)	N/A	1,74 ± 0,17	2,14 ± 0,23
Kalsiyum (mg/100 g)	12,03 ± 1,84	53,85 ± 2,08	61,27 ± 2,86
Toplam fenolik madde (mg GAE/100 g, db)	576,01 ± 41,18	588,33 ± 31,60	659,43 ± 13,63
Toplam flavonoid (mg CE/100 g, db)	290,65 ± 15,43	275,26 ± 17,54	321,97 ± 10,21
Toplam antosiyanin (mg/100 g, db)	N/A	18,68 ± 1,83	23,27 ± 1,10
Antioksidan kapasite (mg AA eşdeğer/100 g)	89,67 ± 6,27	81,43 ± 7,18	101,03 ± 3,87
Sertlik (N)	2,32 ± 0,15	2,38 ± 0,26	2,94 ± 0,23
Glikoz (g/100 g)	2,36 ± 0,12	2,97 ± 0,17	2,54 ± 0,15
Früktoz (g/100 g)	7,12 ± 0,54	6,74 ± 0,30	7,22 ± 0,41
Sakaroz (g/100 g)	1,68 ± 0,05	2,10 ± 0,11	1,70 ± 0,14
Manitol	N/A	0,69 ± 0,08	0,76 ± 0,12

Taze elma dilimleri ile ultrases uygulamasız vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimlerinin TFM ve TF miktarları arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır ($P>0,05$). AK değerinin ise 89,67'den 81,43 mg AA/100 g'a düştüğü bulgulanmıştır. Ultrases işleminin vakumlu emdirim işlemine eş anlı uygulanması ile TFM, TF ve AK değerlerinin arttığı ve sırasıyla 659,43 mg GAE/100 g (db), 321,97 mg CE/100 g (db) ve 23,27 mg AA/100 g olduğu tespit edilmiştir. Vakumlu emdirim işlemine eş anlı 130 W/L ultrases uygulaması ile TFM, TF ve AK değerlerinin ultrases uygulanmadan gerçekleştirilen üretime kıyasla sırasıyla %12, 17 ve 24 daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Vakumlu emdirim işlemleri ile üretilmiş elma dilimlerinde 18,68 ve 23,27 mg/100 g (db) antosiyanin tespit edilmiştir. Burada da ultrases işleminin uygulanmasıyla %25 daha fazla antosiyanin geçişi olduğu görülmektedir. Castagnini et al. (2015), elma dilimlerine vakumlu emdirim işlemi ile 10,31 mg/100 g (db) yaban mersini antosiyanini aktarılabildiğini rapor etmişlerdir.

Elma dilimlerinin karbonhidrat profili refraktif indeks dedektörlü HPLC ve karbonhidrat kolonu (HPX-87P) kullanılarak belirlenmiştir. Sakaroz, glikoz, früktoz ve manitol'un kromatogramda alıkonma süreleri sırasıyla 10,1; 12,2; 19,7 ve 31,4 dk olarak tespit edilmiştir. Ultrases uygulamasız vakumlu emdirim işlemi ile üretilen elma dilimlerinin glikoz, früktoz ve sakaroz miktarları sırasıyla 2,97; 6,74 ve 2,10 g/100 g olarak tespit edilirken ultrases uygulamalı vakumlu emdirim

işlemi ile üretilen elma dilimlerinde bu şekerlerin miktarlarının sırasıyla 2,54; 7,22 ve 1,70 g/100 g olduğu tespit edilmiştir. İzotonik emdirim çözeltisinin hazırlanmasında kullanılan manitolun miktarı, ultrases uygulamasız ve ultrases uygulamalı vakumlu emdirim işlemleri ile üretilen elma dilimleri için sırasıyla 0,69 ve 0,76 g/100 g olarak tespit edilmiştir.

Ultrases uygulamalı ve uygulamasız vakumlu emdirim işlemleri ile üretilmiş elma dilimlerinin duyuusal özellikleri arasında fark bulunamamıştır. Elma dilimlerinin duyuusal özelliklerinin hepsinin ‘kabul edilebilir’ seviyenin (≥ 5) üzerinde olduğu bulgulanmıştır (Çizelge 4.10).

4.6. Depolama ve Depolama Analizleri

Vakumlu emdirim işlemine eş anlı olarak 130 W/L ultrases işleminin uygulanmasına karar verildikten sonra seri üretimler gerçekleştirilmiş, elde edilen elma dilimleri +4 °C’de depolanmış ve üç günde bir mikrobiyolojik analizler ve tekstür analizleri gerçekleştirilmiştir.

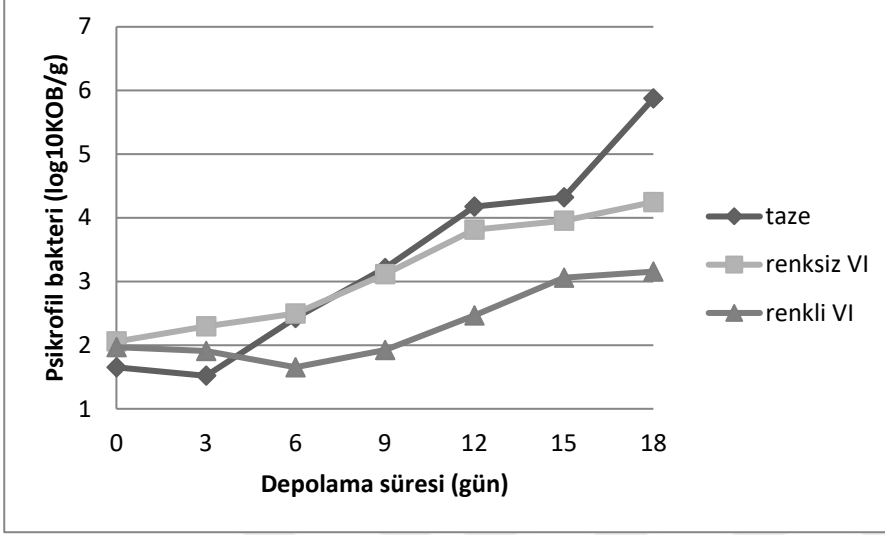
Çizelge 4.10 Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimlerinin duyuusal özellikleri (\pm : standart sapma)

Duyuusal Özellikler	Ultrases uygulamasız	130 W/L ultrases uygulamalı
Yeni ürün olarak renk	6,8 \pm 1,0	6,6 \pm 0,9
Sertlik	6,1 \pm 1,5	6,5 \pm 1,0
Tazelik	6,4 \pm 1,5	6,2 \pm 0,7
Ekşilik	6,3 \pm 0,9	6,3 \pm 1,1
Elma tadı	8,1 \pm 1,0	7,8 \pm 1,4
Genel kabul edirlilik	7,2 \pm 1,0	7,3 \pm 0,8

4.6.1. Depolama süresince mikrobiyal gelişim

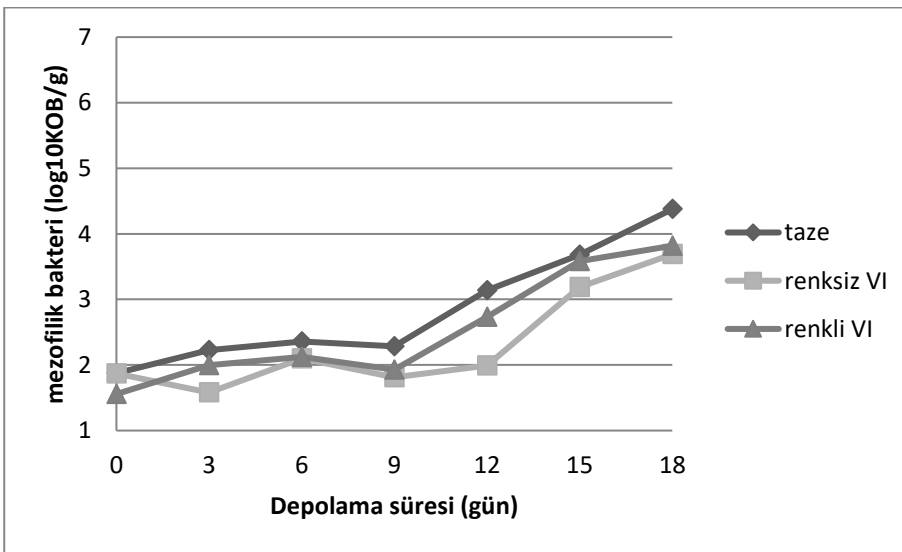
Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçlarına göre, vakumlu emdirim işleminin, siyah havuç konsantresi varlığının ve depolama süresinin elma dilimlerinin psikrofil mikroorganizma miktarına önemli olarak etki ettiği belirlenmiştir ($P < 0,05$). Taze elma dilimlerinde 18 günlük depolama sonunda psikrofil bakteri sayısının 10^6 KOB/g’a kadar yükseldiği; vakumlu emdirim işleminin uygulandığı siyah havuç konsantresi eklenmiş renkli ve siyah havuç konsantresi eklenmemiş renksiz elma dilimlerinde ise aynı süre sonunda sırasıyla ortalama 10^3 ve 10^4 KOB/g psikrofil bakteri belirlenmiştir (Şekil 4.12).

Literatür incelendiğinde, tüketime hazır taze meyvelerde psikrofil ve mezofilik bakterilerin kabul edilebilir üst limitlerinin 10^6 KOB/g olduğu görülmektedir (Patrignani et al., 2010).



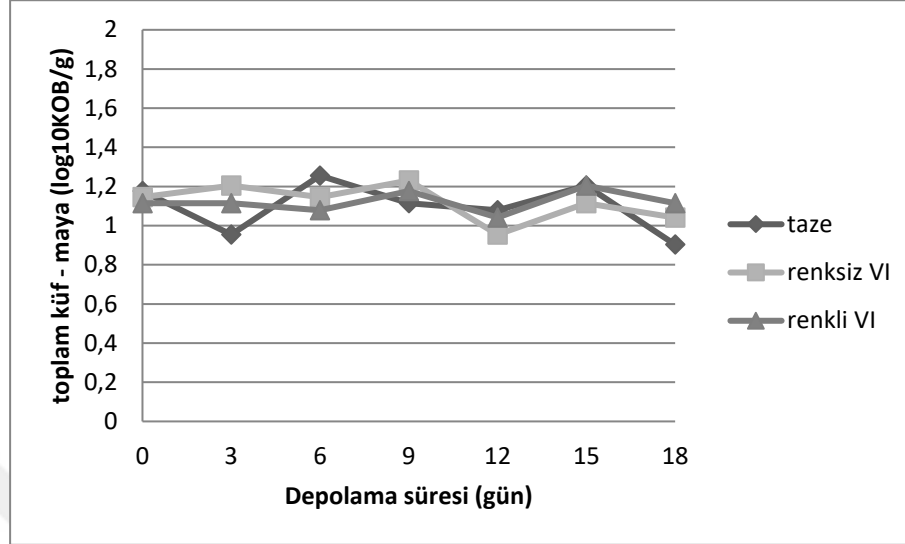
Şekil 4.12 Depolama süresince elma örneklerinde psikrofil bakteri miktarı.

Elma dilimlerinin depolama süresince mezofilik bakteri sayısı incelendiğinde, vakumlu emdirim işlemi ile elde edilen renkli ve renksiz elma dilimlerinin depolama süresince ve sonunda taze elma dilimlerine kıyasla daha az mezofilik bakteriye sahip olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4.13). Ayrıca, taze elma dilimlerinin mezofilik bakteri gelişiminin psikrofil bakterilerin gelişimine kıyasla daha az olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.13 Depolama süresince elma örnkelerinde mezofilik bakteri miktarı.

Elma dilimlerinin toplam küf – maya miktarları incelendiğinde, depolama süresince küf – maya miktarının her üç ürün grubunda da önemli oranda artmadığı ve ortalama olarak $10^{1.3}$ KOB/g'ı aşmadığı anlaşılmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 Depolama süresince elma örneklerinde küf – maya miktarı.

Vakumlu emdirim işleminin antimikrobiyal etkisi, elma dilimlerinin hücreler arası boşluğundan gaz çıkışı ve emdirim çözeltilisinin bu boşlukları doldurması sonucu mikroorganizmaların bu noktalarda gelişmemesi olarak açıklanabilir (Moreno et al., 2012).

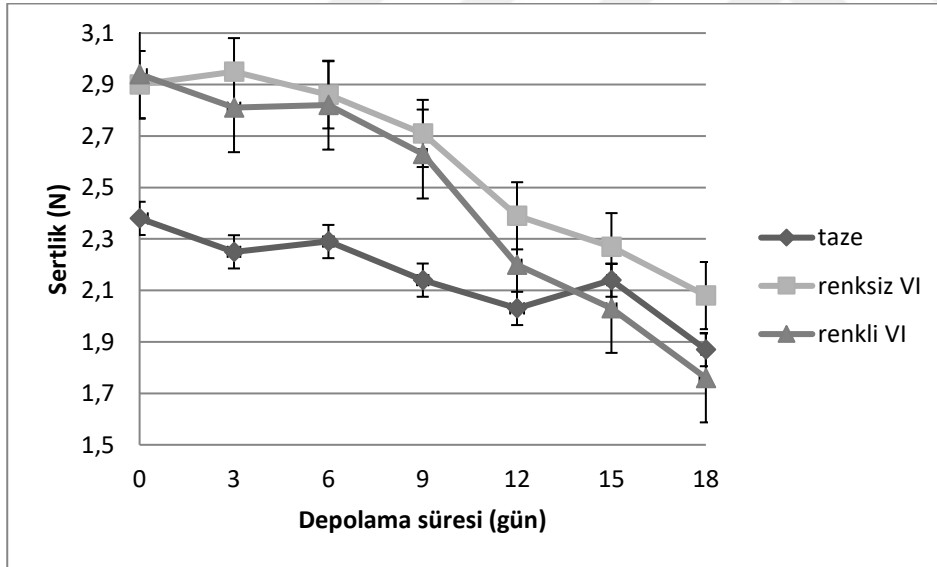
Literatür incelendiğinde, az işlem görmüş meyve ve sebzelerin yıkanmasında ultrases uygulanmasının dekontaminasyon etkisi yarattığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Seymour et al., 2002; Zhou et al., 2012). Aynı zamanda, emdirim çözeltilisinde SHK bulunmasının belirli oranda antimikrobiyal etki sağladığı yorumu da yapılabilir. Fenolik maddelerin antimikrobiyal etki sağladığı yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Proestos et al., 2005; Baydar et al., 2004). Hücreler arası boşluğa aktarılan SHK fenoliklerinin ayrıca antimikrobiyal etki göstermiş olabileceği de düşünülmektedir (Degirmenci et al., 2012). Çalışmada kullanılan Ca-laktat ve laktik asitin laktat iyonlarının pH değerini düşürmesi sonucu antimikrobiyal etki sağladığı; ayrıca kalsiyum iyonlarının varlığıyla dokunun bakteriyel ataklara karşı dirençli olabildiği yorumu yapılabilir (Perez-Cabrera et al., 2011).

Literatür incelendiğinde, vakumlu emdirim işlemleri ile üretilen minimum işlem görmüş meyvelerde genellikle raf ömrü boyunca kontrol örneklerine kıyasla

daha az mikrobiyal gelişme olduğu sonucu rapor edilmiştir (Perez-Cabrera et al., 2011; Moreno et al., 2012); ancak Tappi et al. (2016), bu durumun aksine vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş kavun dilimlerinde depolama sonunda taze örneğe kıyasla mezofilik, psikrofilik ve laktik asit bakterilerin daha çok geliştiği sonucuna varmışlardır. Bunun sebebi olarak, söz konusu çalışmada zenginleştirme maddesi olarak yalnızca Ca-laktatın kullanılmış olması; diğer çalışmalarda ise antimikrobiyal maddelerin de kullanılması gösterilebilir.

4.6.2. Depolama süresince sertlik değerinin değişimi

Depolama başlangıcında vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş renksiz ve renkli elma dilimleri sırasıyla 2,90 ve 2,94 N sertlik değerine sahip iken depolama sonunda bu değerlerin sırasıyla 2,08 ve 1,76 N'a düştüğü bulgulanmıştır. Taze elma dilimlerinin ise sertlik değerinin depolama başlangıcında ortalama 2,38 N olduğu; depolamanın sonunda ise 1,87 N'a düştüğü görülmüştür. Depolama süresince vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimlerinin sertlik değerinin daha çok değiştiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Depolama süresince elma örneklerinde sertlik değerinin değişimi.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Elma dilimlerine siyah havuç suyu ve kalsiyumun aktarılmasında en uygun vakumlu emdirim çözeltisi formülasyonu ve optimum vakumlu emdirim işlem parametreleri belirlenmiştir. Vakumlu emdirim işlemine eş anlı olarak ultrases uygulamasının etkisi de ayrıca değerlendirilmiştir.

Vakumlu emdirim çözeltisinde yer alan farklı konsantrasyonlardaki maddelerin son ürün özelliklerini oldukça etkilediği anlaşılmıştır. Özellikle duyuusal özelliklerin kabul edilebilir olması için formülasyonda yer alan maddelerin konsantrasyonlarının göz önünde bulundurulması gerektiği anlaşılmaktadır. Vakumlu emdirim işlemi uygulanmış ve siyah havuç suyu kullanılmamış elma örneklerinde biyoaktif madde miktarlarının ve antioksidan kapasitenin önemli oranda düştüğü; emdirim çözeltisinde farklı oranlarda siyah havuç konsantresi kullanılmasıyla ise bu değerlerin yükseldiği bulgulanmıştır. Elma dilimlerinin kalsiyum içeriği ve duyuusal analiz parametrelerinden sertlik ile tekstür analizi sonucunda elde edilen sertlik değeri göz önünde bulundurulduğunda emdirim çözeltisinde %4,5 Ca-laktat kullanımı ilk bakışta en uygun konsantrasyon olarak görünmektedir; ancak bu konsantrasyonda Ca-laktat kullanımı laktik asit konsantrasyonunu artırdığından ürünün duyuusal diğer parametrelerinden elma tadı, ekşilik ve genel kabul edirliliklerinin düştüğü sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde, siyah havuç konsantresinin formülasyonda %1,2 (w/v) konsantrasyonunda yer alması ürünlerin biyoaktif madde miktarının en yüksek olmasını sağlamış; ancak daha düşük konsantrasyonlara kıyasla duyuusal olarak en az tercih edilen konsantrasyon olmuştur. Dolayısıyla literatürde formülasyon aşamasına çokça değinilmemiş olmasına rağmen emdirim çözeltisinde yer alan maddelerin konsantrasyonlarının farklı analizler uygulanarak belirlenmesinin oldukça önemli olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu çalışmada elma dilimine uygulanan farklı analizler ve onların sonuçları değerlendirildiğinde en uygun emdirim çözeltisi formülasyonu 0,2 M manitol içerisinde çözündürülmüş %3 Ca-laktat, %3 laktik asit ve %0,8 siyah havuç konsantresi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Doğal renk maddesi ile renklendirilmiş elma dilimi üretiminde işlem parametrelerinin de oldukça etkili olduğu anlaşılmıştır. Yanıt yüzey yönteminde merkezi tümleşik tasarım kullanılarak vakum basıncı, vakum süresi ve vakum sonrası restorasyon süresinin elma dilimlerinde a^* (kırmızılık) ve iyon sızıntısı (%) bağımlı değişkenlerine etkisi belirlenmiştir. Her üç bağımsız değişkenin a^*

değerine etkisinin olduğu; iyon sızıntısı değerine ise vakum basıncı ve vakum süresinin etkilerinin olduğu restorasyon süresinin bu değeri etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Elma dilimlerine en yüksek miktarda renk maddesinin geçişinin istenmesi ve aynı zamanda hücresel deformasyonun en az olmasının amaçlanması sonucunda optimum işlem parametreleri 211 mmHg vakum basıncı, 3 dk vakum süresi ve 20 dk vakum sonrası restorasyon süresi olarak belirlenmiştir.

Vakumlu emdirim işlemine eş anlı olarak farklı güçlerde uygulanan ultrases işleminin etkisi değerlendirildiğinde, 130 W/L ultrasesin vakumlu emdirim işlemi süresince sürekli çalıştırılmasıyla elma örneklerinde iyon sızıntısı değerinin artmadığı; ayrıca biyoaktif madde ve renk maddesi geçişinin arttığı, kalsiyum miktarının arttığı ve bunun sonucunda sertlik değerinin yükseldiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada ultrases varlığının vakumlu emdirim işlemine etkisi, vakum ya da vakum sonrası uygulanmasının biyoaktif madde geçişinde farklılık yaratıp yaratmadığı ve en uygun ultrases gücü belirlenmiştir. Buna rağmen, ultrasesin ne kadar süre ile çalıştırılmasının yeterli olduğuna karar verilmesi için sürenin etkisinin belirleneceği ayrıca bir çalışma önerilebilir.

Depolama sonunda, vakumlu emdirim işlemi uygulanarak üretilen elma dilimlerinde taze elmaya kıyasla daha az psikrofilik ve mezofilik bakteri gelişimi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna rağmen vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimlerinin sertlik değerinin depolama süresince taze elmaya kıyasla daha çok düştüğü; ancak depolama sonunda taze elma ile benzer sertlik değerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Depolama analizleri incelendiğinde ürünün 9 gün raf ömrüne sahip olabileceği yorumu yapılabilmektedir.

Bu çalışma ile siyah havuç suyu ve kalsiyum ile zenginleştirilmiş yeni bir ürünün özellikleri ortaya konmuştur. Ülkemizde tüketime hazır taze meyvelere ilginin diğer gelişmiş ülkelere kıyasla oldukça az olmasından dolayı bu çalışmadaki ürünün dokusu renklendirildikten sonra kurutma işlemi uygulayarak yeni atıştırılabilir ürün geliştirilmesi çalışmaları planlanabilir. Böylece raf ömrü uzun fonksiyonel ürün geliştirilmesi sağlanabilir. Üretiminde dünyada söz sahibi olan Türkiye'nin elma meyvesini meyve suyu ve taze olarak pazarlama dışında farklı ürün portföyleri yaratması açısından buna benzer çalışmaların yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Andrés, V., Tenorio, M. D. and Villanueva, M. J.**, 2015, Sensory profile, soluble sugars, organic acids, and mineral content in milk-and soy-juice based beverages, *Food chemistry*, 173:1100-1106p.
- 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):154–164p.
- Anonim**, 2012, Meyve suları sektör raporları, *Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı*.
- Anonim**, 2015, <http://www.sondakika.com/haber/haber-dilimlenmis-meyve-ve-sebzede-ic-talep-5207483/>, (Erişim tarihi: 20.01.2015)
- AOAC**, 1990, Official Methods of Analysis, 15. Ed., USA
- Awad, M.A., de Jager, A. and van Westing, L.M.**, 2000, Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterization of variation, *Scientia Horticulturae*, 83:249-263p.
- Bai, J., Baldwin, E.A., Goodner, K.L., Mattheis, J.P. and Brecht, J.K.**, 2005, Response of four apple cultivars to 1-methylcyclopropene treatment and controlled atmosphere storage. *HortScience*, 40(5):1534-1538p.
- Baydar, N.G., Özkan, G. and Sağdıç, O.**, 2004, Total phenolic contents and antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera* L.) extracts, *Food Control*, 15(5):335-339p.
- Bellary, A.N. and Rastogi, N.K.**, 2014, Effect of selected pretreatments on impregnation of curcuminoids and their influence on physico-chemical properties of raw banana slices, *Food and Bioprocess Technology*, 7(10):2803-2812p.
- Bilek, S.E., Yılmaz, F.M. and Özkan, G.**, 2017, The effects of industrial production on black carrot concentrate quality and encapsulation of anthocyanins in whey protein hydrogels, *Food and Bioproducts Processing*, 102:72-80p.
- Blanda, G., Cerretani, L., Bendini, A., Cardinali, A., Scarpellini, A. and Lercker, G.**, 2008, Effect of vacuum impregnation on the phenolic content of Granny Smith and Stark Delicious frozen apple cvv., *European Food Research and Technology*, 226(5):1229-1237p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Blois, M. S.**, 1958, Antioxidant determinations by the use of a stable free radical, *Nature*, 181:1199-1200p.
- Buta, J.G., Moline, H.E., Spaulding, D.W. and Wang, C.Y.**, 1999, Extending storage life of fresh-cut apples using natural products and their derivatives, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(1):1-6p.
- Cashman, K.D.**, 2002, Calcium intake, calcium bioavailability and bone health, *British journal of Nutrition*, 87(S2):169-177p.
- 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):1289-1296p.
- Cemeroğlu, B.**, 2010, Gıda Analizleri, Bizim Grup Basımevi: Ankara.
- Comandini, P., Blanda, G., Paz, H.M., Fragoso, A.V. and Toschi, T.G.**, 2010, Impregnation techniques for aroma enrichment of apple sticks: A preliminary study, *Food and bioprocess technology*, 3(6):861-866p.
- Cook, R.**, 2009, ‘‘Trends in the marketing of fresh produce and fresh-cut products’’, *UC DAVIS Agricultural and Resource Economics*, <http://www.agecon.ucdavis.edu/people/faculty/facultydocs/Cook/Articles/frshcut2009Cook090922.pdf> (Erişim tarihi: 02.06.2015)
- Day, L., Seymour, R.B., Pitts, K.F., Konczak, I. and Lundin, L.**, 2009, Incorporation of functional ingredients into foods, *Trends in Food Science & Technology*, 20(9):388-395p.
- Degirmenci, H., Karapınar, M. and Karabiyikli, S.**, 2012, The survival of *E. coli* O157: H7, *S. Typhimurium* and *L. monocytogenes* in black carrot (*Daucus carota*) juice, *International Journal of Food Microbiology*, 153(1):212-215p.
- Degraeve, P., Saurel, R. and Coutel, Y.**, 2003, Vacuum impregnation pretreatment with pectin methylesterase to improve firmness of pasteurized fruits, *Journal of Food Science*, 68(2):716-721p.
- Demirdöven, A. and Baysal, T.**, 2009, The Use of Ultrasound and Combined Technologies in Food Preservation, *Food Reviews international*, 25:1–11p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Deng, Y. and Zhao, Y.**, 2008, Effect of pulsed vacuum and ultrasound osmopretreatments on glass transition temperature, texture, microstructure and calcium penetration of dried apples (Fuji), *LWT-Food Science and Technology*, 41(9):1575-1585p.
- 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):9-15p.
- Derossi, A., Pilli, T.D. and Severini, C.**, 2013, Application of pulsed vacuum acidification for the pH reduction of mushrooms, *LWT - Food Science and Technology*, 54(2):585–591p.
- Downham, A. and Collins, P.**, 2000, Colouring our foods in the last and next millennium, *International Journal of Food Science & Technology*, 35(1):5-22p.
- Drogoudi, P.D., Michailidis, Z. and Pantelidis, G.**, 2007, Peel and flesh antioxidant content and harvest quality characteristics of seven apple cultivars, *Scientia Horticulturae*, 115(2):149-153p.
- Ersus, S. and Barrett, D.M.**, 2010, Determination of membran integrity in onion tissues treated by pulsed electric fields: Use of microscopic images and ion leakage measurements, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(4):598-603p.
- Fan, X., Niemera, B.A., Mattheis, J.E., Zhuang, H. and Olson, D.W.**, 2005, Quality of Fresh-cut Apple Slices as Affected by Low-dose Ionizing Radiation and Calcium Ascorbate Treatment, *Journal of Food Science*, 70(2):143-148p.
- FAO**, 2011, “Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: A technical guide”, <http://www.fao.org/docrep/014/i1909e/i1909e00.htm> (Erişim tarihi: 10.01.2015)
- FAOSTAT**, 2016, Food and Agricultural commodities production, countries by commodity (<http://www.fao.org/faostat/en/#data>) (Erişim tarihi: 06.11.2016)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- 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, *Journal of Food Engineering*, 27(3):229-240p.
- Fito, P. and Chiralt, A.**, 2000, An approach to the modeling of solid food-liquid operations: Application to osmotic dehydration, *Food engineering*, 231-252p.
- Fito, P. and Pastor, R.**, 1994, Non-diffusional mechanisms occurring during vacuum osmotic dehydration, *Journal of Food Engineering*, 21(4):513–519p.
- Fito, P.**, 1994, Modelling of vacuum osmotic dehydration of food, *Journal of Food Engineering*, 22(1-4):31–328p.
- Fito, P., Chiralt, A., Barat, J. M., Andres, A., Martinez-Monzo, J. and Martinez Navarrete, N.**, 2001a, Vacuum impregnation for development of new dehydrated products, *Journal of Food Engineering*, 49(4):297–302p.
- Fito, P., Chiralt, A., Betoret, N., Gras, M., Cháfer, M., Martinez-Monzó, J., Andres, A. and Vidal, D.**, 2001b, Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering: Application in functional fresh food development, *Journal of Food Engineering*, 49(2):175-183p.
- Ghafir, S.A., Gadalla, S.O., Murajei, B.N. and El-Nady, M.F.**, 2009, Physiological and anatomical comparison between four different apple cultivars under cold-storage conditions, *African Journal of Plant Science*, 3(6):133-138p.
- Gras, M., Vidal, D., Betoret, N., Chiralt, A. and Fito, P.**, 2003, Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation: Interactions with cellular matrix, *Journal of Food Engineering* 56(2):279–284p.
- Guillemin, A., Degraeve, P., Guillon, F., Lahaye, M. and Saurel, R.**, 2006, Incorporation of pectinmethylesterase in apple tissue either by soaking or by vacuum-impregnation, *Enzyme and Microbial Technology*, 38(5):610-616p.

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):1114-1118p.
- Hui, Y.H.**, 2006, Handbook of Fruits and Fruit Processing, *ABD Iowa: Blackwell Publishing*
- IFPA**, 2001, Food Safety Guide lines for the Fresh-cut Produce Industry, 4th edn. (edited by J.R. Gorny), Alexandria, VA: International Fresh-cut Produce Association, 216p.
- Igual, M., Castelló, M.L., Ortolá, M.D. and Andrés, A.**, 2008, Influence of vacuum impregnation on respiration rate, mechanical and optical properties of cut persimmon, *Journal of Food Engineering*, 86(3):315-323p.
- ITC (International Trade Centre)**, 2017, Trade statistics for international business development, <http://www.trademap.org/> (Erişim tarihi: 05.02.2017)
- Kalinowska, M., Bielawska, A., Lewandowska-Siwkiewicz, H., Priebe, W. and Lewandowski, W.**, 2014, Apples: Content of phenolic compounds vs. variety, part of apple and cultivation model, extraction of phenolic compounds, biological properties, *Plant Physiology and Biochemistry*, 84:169-188p.
- Kammerer, D., Carle, R. and Schieber, A.**, 2004a, Characterization of phenolic acids in black carrots (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry, *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 18(12):1331-1340p.
- Kammerer, D., Carle, R. and Schieber, A.**, 2004b, Quantification of anthocyanins in black carrot extracts (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) and evaluation of their color properties, *European Food Research and Technology*, 219(5):479-486p.
- Karacaoğlu, C., Gürsoy, O. and Yılmaz, Y.**, 2016, Ultrasonikasyon Destekli Vakum İmpregnasyon (Emdirme) Tekniği İle Muamele İşleminin Kivi Dilimlerinin Kuruma Kinetiği Üzerine Etkisi, *Akademik Gıda*, 14(3):256-266s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Karamürsel, D.**, 2009, Türkiye elma endüstrisine genel bir bakış, *Tarım Türk Dergisi*, 15:13-14s.
- Khan, M. K., Abert-Vian, M., Fabiano-Tixier, A.S., Dangles, O. and Chemat, F.** 2010, Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel, *Food Chemistry*, 119(2):851-858p.
- Kırca, A., Özkan, M. and Cemeroglu, B.**, 2006, Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars, *Food Chemistry*, 97(4):598-605p.
- Kırca, A., Ozkan, M., and Cemeroglu, B.**, 2007, Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins, *Food chemistry*, 101(1):212-218p.
- Kim, D.M., Smith, N.L. and Lee, C.Y.**, 1993, Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars, *Journal of Food Science*, 58:1115-1117p.
- Kim, D.O., Jeong, S.W. and Lee, C.Y.**, 2003, Antioxidant capacity of phenolic phyto chemicals from various cultivars of plums, *Food chemistry*, 81(3):321-326p.
- Klein, J.D. and Lurie, S.**, 1990, Prestorage heat treatment as a means of improving post storage quality of apples, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(2):265-269p.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V. and Lee, D-U.**, 2004, Applications and Potential of Ultrasonic in Food Processing, *Trends in Food Science & Technology*, 15:261–266p.
- Kubantseva, N. and Hartel, R.W.**, 2002, Solubility of calcium lactate in aqueous solution, *Food Reviews International*, 18(2-3):135-149p.
- Laurila, E. and Ahvenainen, R.**, 2002, Minimal processing of fresh fruits and vegetables. In: Fruit and vegetable processing improving quality. (Editor: Jongen, W.) CRC press, *Cornwall England*, 292p.
- Lawless, H.T. and Heymann, H.**, 2010, Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices (Second Ed.), *Springer Science & Business Media*, 619p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lombard, G., Oliveira, J., Fito, P. and Andres, A.**, 2008, Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying, *Journal of Food Engineering*, 85(2):277–284p.
- Mao, J., Zhang, L., Chen, F., Lai, S., Yang, B. and Yang, H.**, 2016, 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*, (in press)
- 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):507–516p.
- Martínez-Monzó, J., Martínez-Navarrete, N., Chiralt, A. and Fito, P.**, 1998, Mechanical and structural changes in apple (var. Granny Smith) due to vacuum impregnation with cryoprotectants, *Journal of Food Science*, 63(3):499-503p.
- McHugh, T. H. and Senesi, E.**, 2000, Apple wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples, *Journal of Food Science*, 65(3):480-485p.
- MEYED (Meyve Suyu Endüstrisi Derneği)**, 2011, Türkiye Meyve Suyu v.b. Ürünler Sanayi Raporu, http://www.meyed.org.tr/userfiles/file/sector_istatistikleri/meyve_suyu_sektoru_raporu_2011.pdf (Erişim tarihi: 6 Kasım 2016)
- Moraga, M., Moraga, G., Fito, P. and Martinez-Navarrete, N.**, 2009, Effect of vacuum impregnation with calcium lactate on the osmotic dehydration kinetics and quality of osmodehydrated grapefruit, *Journal of Food Engineering*, 90(3):372–379p.
- Moreira, M.R., Tomadoni, B., Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R.**, 2015, Preservation of fresh-cut apple quality attributes by pulsed light in combination with gellan gum-based prebiotic edible coatings, *LWT-Food Science and Technology*, 64(2):1130-1137p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Moreno, J., Simpson, R., Pizarro, N., Parada, K., Pinilla, N., Reyes, J. E. and Almonacid, S.**, 2012, Effect of ohmic heating and vacuum impregnation on the quality and microbial stability of osmotically dehydrated strawberries (cv. Camarosa), *Journal of Food Engineering*, 110(2):310-316p.
- Moreno, J., Simpson, R., Sayas, M., Segura, I., Aldana, O. and Almonacid, S.**, 2011, Influence of ohmic heating and vacuum impregnation on the osmotic dehydration kinetics and microstructure of pears (cv. Packham's Triumph), *Journal of Food Engineering*, 104(4):621-627p.
- Mujica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., Lopez-Malo, A., Palou, E. and Welti-Chanes, J.**, 2003, Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: effect of the vacuum pressure and syrup concentration, *Journal of Food Engineering*, 57(4):305–314p.
- Nas, S.**, 2016, Siirt Yöresi Elma (*Malus Domestica* Borkh.) Gen Kaynakları, Yüksek Lisans Tezi, Siirt Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 95s.
- 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*, 179:98-108p.
- Netzel, M., Netzel, G., Kammerer, D.R., Schieber, A., Carle, R., Simons, L., Bitsch, İ., Bitsch, R. and Konczak, I.**, 2007, Cancer cell antiproliferation activity and metabolism of black carrot anthocyanins, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(3):365-372p.
- Occhino, E., Hernando, I., Llorca, E., Neri, L. and Pittia, P.**, 2011, Effect of vacuum impregnation treatments to improve quality and texture of zucchini (Cucurbitapepo, L), *Procedia Food Science*, 1:829-835p.
- Orikasa, T., Koide, S., Okamoto, S., Imaizumi, T., Muramatsu, Y., ichi Takeda, J. Shiina, T. and Tagawa, A.**, 2014, Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwi fruit slices, *Journal of Food Engineering*, 125:51–58p.
- Ozturk, I., Bastaban, S., Ercisli, S. and Kalkan, F.**, 2010, Physical and chemical properties of three late ripening apple cultivars, *International Agrophysics*, 24:357-361p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özbek, S.**, 1978, Özel Meyvecilik, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- 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*, 18:169–176p.
- Park, S.I., Kodihalli, I. and Zhao, Y.**, 2005, Nutritional, sensory, and physicochemical properties of vitamin e and mineral-fortified fresh-cut apples by use of vacuum impregnation, *Journal of Food Science*, 70(9):593-599p.
- Patrignani, F., Vannini, L., Kamdem, S.L.S., Lanciotti, R. and Guerzoni, M.E.** (2010), Potentialities of High-Pressure Homogenization to Inactivate *Zygosaccharomyces bailii* in Fruit Juices, *Journal of Food Science*, 75(2):116-120p.
- Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A. and Sirichakwal, P.P.**, 2008, Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits, *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(3):241-248p.
- Perera, C.O.**, 2007, Minimal processing of fruits and vegetables, *In: Handbook of Food Preservation (Editor: Rahman, S). CRC Press, Second Edition*, 137-138p.
- Perez-Cabrera, L., Chafer, M., Chiralt, A. and Gonzalez-Martinez, C.**, 2011, Effectiveness of antibrowning agents applied by vacuum impregnation on minimally processed pear, *LWT - Food Science and Technology*, 44(10):2273–2280p.
- Phoon, P. Y., Galindo, F.G., Vicente, A. and Dejmek, P.**, 2008, Pulsed electric field in combination with vacuum impregnation with trehalose improves the freezing tolerance of spinach leaves, *Journal of Food Engineering*, 88(1):144-148p.
- Pingret, D., Fabiano-Tixier, A.S. and Chemat, F.**, 2013, Degradation during application of ultrasound in food processing: a review, *Food control*, 31(2):593-606p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Proestos, C., Chorianopoulos, N., Nychas, G.J. and Komaitis, M.,** 2005, RP-HPLC analysis of the phenolic compounds of plant extracts. Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(4):1190-1195.
- Radziejewska-Kubzdela, E., Biegańska-Marecik, R. and Kidoń, M.,** 2014, Applicability of Vacuum Impregnation to Modify Physico-Chemical, Sensory and Nutritive Characteristics of Plant Origin Products—A Review, *International journal of molecular sciences*, 15(9):16577-16610p.
- Razdan, M.K.,** 2003, Applications to plant breeding. In: Introduction to plant tissue culture, Enfield, NH, USA: Science Publishers, 147–176p.
- Robles-Sánchez, R.M., Rojas-Graü, M.A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G.A. and Martín-Belloso, O.,** 2009, Effect of minimal processing on bioactive compounds and antioxidant activity of fresh-cut ‘Kent’ mango (*Mangifera indica* L.), *Postharvest Biology and Technology*, 51(3):384-390p.
- Rojas-Graü, M.A., Raybaudi-Massilia, R.M., Soliva-Fortuny, R.C., Avena-Bustillos, R.J., McHugh, T.H. and Martín-Belloso, O.,** 2007, Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples, *Postharvest biology and Technology*, 45(2):254-264p.
- Roth, A.,** 1990, Vacuum Technology (3rd Ed), *Elsevier Science B.V*, 1-16p.
- Rößle, C., Auty, M.A., Brunton, N., Gormley, R.T. and Butler, F.,** 2010, Evaluation of fresh-cut apple slices enriched with probiotic bacteria, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1):203-209p.
- Rößle, C., Brunton, N., Gormley, T.R. and Butler, F.,** 2011, Quality and antioxidant capacity of fresh-cut apple wedges enriched with honey by vacuum impregnation, *International Journal of Food Science & Technology*, 46(3):626-634p.
- Rupérez, P., and Toledano, G.,** 2003, Celery by-products as a source of mannitol, *European Food Research and Technology*, 216(3):224-226p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Salvatori, D., Andres, A., Chiralt, A. and Fito, P.**, 1998, The response of some properties of fruits to vacuum impregnation, *Journal of Food Process Engineering* 21(1):59-73p.
- Schulze, B., Peth, S., Hubbermann, E.M. and Schwarz, K.**, 2012, The influence of vacuum impregnation on the fortification of apple parenchyma with quercetin derivatives in combination with pore structures X-ray analysis, *Journal of Food Engineering*, 109(3):380– 387p.
- Schwarz, M., Wray, V. and Winterhalter, P.**, 2004, Isolation and identification of novel pyranoanthocyanins from black carrot (*Daucus carota* L.) juice, *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(16):5095-5101p.
- Selgas, M. D., Salazar, P. and García, M.L.**, 2009, Usefulness of calcium lactate, citrate and gluconate for calcium enrichment of dry fermented sausages, *Meat science*, 82(4):478-480p.
- Serra, A.T., Matias, A.A., Frade, R.F.M., Duarte, R.O., Feliciano, R.P., Bronze, M.R., Figueira, M.E., de Carvalho, A. and Duarte, C.M.M.**, 2010, ‘Characterization of traditional and exotic apple varieties from Portugal.Part 2 Antioxidant and antiproliferative activities’, *Journal of Functional Foods*, 2:46–53p.
- Sesso, H.D., Gaziano, J.M., Liu, S., and Buring, J.E.**, 2003, Flavonoid intake and the risk of cardiovascular disease in women, *The American journal of clinical nutrition*, 77(6):1400-1408p.
- Seymen, T.**, 2015, Eğirdir Koşullarında Bazı Yerli Elma Çeşit ve Klonlarının Fenolojik, Pomolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 84s.
- Seymour, I.J., Burfoot, D., Smith, R.L., Cox, L.A. and Lockwood, A.**, 2002, Ultrasound decontamination of minimally processed fruits and vegetables, *International Journal of Food Science & Technology*, 37(5):547-557p.
- Silva, E.M., Rogez, H. and Larondelle, Y.**, 2007, Optimization of Extraction of Phenolics from *Ingaedulis* Leaves using Response Surface Methodology, *Separation and Purification Technology*, 55:381-387p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Singleton, V.L. and Rossi, J.A.**, 1965, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdc-phosphotungstic acid reagents, *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3):144-158p.
- Suzme, S., Boyacioglu, D., Toydemir, G. and Capanoglu, E.**, 2014, Effect of industrial juice concentrate processing on phenolic profile and antioxidant capacity of black carrots, *International Journal of Food Science & Technology*, 49(3):819-829p.
- Tappi, S., Tylewicz, U., Romani, S., Siroli, L., Patrignani, F., Dalla Rosa, M. and Rocculi, P.**, 2016, Optimization of Vacuum Impregnation with Calcium Lactate of Minimally Processed Melon and Shelf-Life Study in Real Storage Conditions, *Journal of Food Science*, 81(11):2734-2742p.
- Tsao, R., Yang, R., Young, J.C. and Zhu, H.**, 2003, Polyphenolic profiles in eight apple cultivars using high-performance liquid chromatography (HPLC), *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(21):6347-6353p.
- Turker, N., Aksay, S. and Ekiz, H.İ.**, 2004, Effect of storage temperature on the stability of anthocyanins of a fermented black carrot (*Daucus carota* var. L.) beverage: shalgam, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(12):3807-3813p.
- Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L. and Bates, D.**, 2008, Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry- A review, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2):161-169p.
- Wiktor, A., Sledz, M., Nowacka, M., Rybak, K. and Witrowa-Rajchert, D.**, 2016, The influence of immersion and contact ultrasound treatment on selected properties of the apple tissue, *Applied Acoustics*, 103:136-142p.
- Witrowa-Rajchert, D., Bawoł, A., Czapski, J. and Kidoń, M.**, 2009, Studies on drying of purple carrot roots, *Drying Technology*, 27(12):1325-1331p.
- Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y. and Tagawa, A.**, 2007, Vacuum drying characteristics of eggplants, *Journal of Food Engineering*, 83:422-429p.
- Yağcı, S. and Göğüş, F.**, 2008, Response Surface Methodology for Evaluation of Physical and Functional Properties of Extruded Snack Foods Developed from Food-by-Products, *Journal of Food Engineering*, 86:122-132p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yılmaz, G.M.**, 2015, The Effect of Ultrasound Pretreatment on Drying Characteristics of Apple Slices, MSc Thesis, ITU Food Engineering Programme, 63p.
- Yurttas, Z.S., Moreira, R.G. and Castell-Perez, E.**, 2014, Combined Vacuum Impregnation and Electron-Beam Irradiation Treatment to Extend the Storage Life of Sliced White Button Mushrooms (*Agaricusbisporus*), *Journal of Food Science*, 79(1):39-46p.
- Yüksel, F.**, 2013, Gıda Teknolojisinde Ultrases Uygulamaları, *Electronic Journal of Food Technologies*, 8(2):29-38p.
- Xie, J., and Zhao, Y.**, 2004, Physical and physicochemical characteristics of three US strawberry cultivars grown in the pacific northwest, *Journal of Food Quality*, 27(3):181-194p.
- Zhao, Y. and Xie, J.**, 2004, Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing, *Trends in Food Science & Technology*, 15(9):434-451p.
- Zhou, B., Feng, H. and Pearlstein, A.J.**, 2012, Continuous-flow ultrasonic washing system for fresh produce surface decontamination, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16:427-435p.
- Zhuang, H., Fan, X. and Barth, M.M.**, 2011, Sensory and Sensory-Related Quality of Fresh-Cut Produce under Modified Atmosphere Packaging, *Modified Atmosphere Packaging for Fresh-Cut Fruits and Vegetables*, 71-99p.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Aksaray’da dünyaya geldi. Gaziantep Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünden 2009 yılında mezun oldu. Bir süre özel sektörde gıda mühendisi olarak çalıştıktan sonra 2010 yılında Harran Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümüne araştırma görevlisi olarak atandı ve yüksek lisans eğitimini burada 2012 yılında tamamladı. 2013 yılında Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı. Adnan Menderes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde görev yapmaktadır.

SCI/SCI-Exp Tarafından Taranan Dergilerdeki Yayınları:

- **Yılmaz, F.M.**, Bilek, S.E. Natural colorant enrichment of apple tissue with black carrot concentrate using vacuum impregnation. *International Journal of Food Science & Technology*, 2017.
- Bilek, S.E., **Yılmaz, F.M.**, Özkan, G. The effects of industrial production on black carrot concentrate quality and encapsulation of anthocyanins in whey protein hydrogels. *Food and Bioproducts Processing*, 2017.
- Karaaslan M., **Yılmaz F.M.**, Karaaslan A., Vardin H., Synthesis and accumulation of anthocyanins in sour cherries during ripening in accordance with antioxidant capacity development and chalcone synthase expression, *European Food Research and Technology*, 2016.
- **Yılmaz F.M.**, Karaaslan M., Vardin H., Optimization of extraction parameters on the isolation of phenolic compounds from sour cherry (*Prunus cerasus* L.) pomace, *Journal of Food Science and Technology*, 2015.
- Karaaslan M., **Yılmaz F.M.**, Cesur Ö., Vardin H., İkinci A., Dalgıç A.C., Drying kinetics and thermal degradation of phenolic compounds and anthocyanins in pomegranate arils dried under vacuum conditions, *International Journal of Food Science & Technology*, 2014.
- Karaaslan M., Vardin H., Varlıklöz S., **Yılmaz F.M.**, Antiproliferative and antioxidant activities of Turkish pomegranate (*Punica granatum* L.) accessions, *International Journal of Food Science & Technology*, 2014.

EKLER

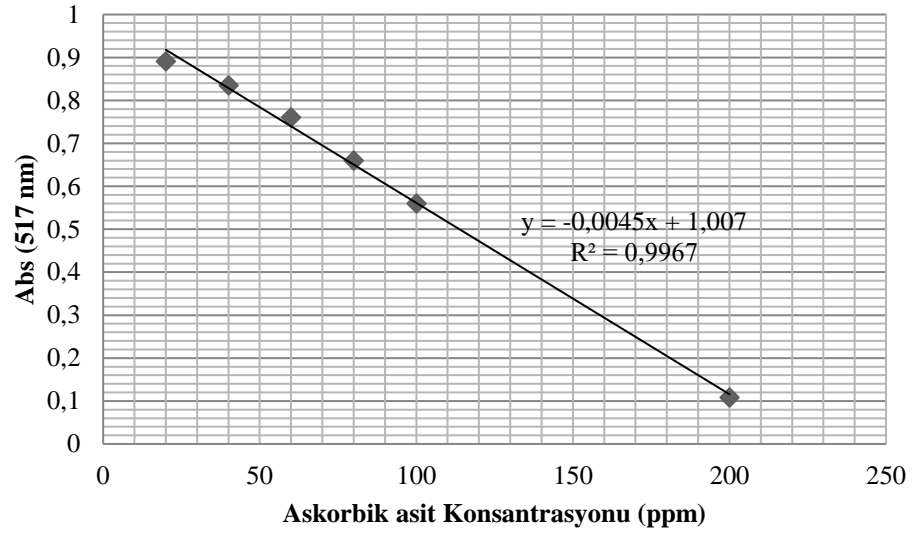
- Ek 1 DPPH antioksidan kapasite analizine ait askorbik asit standart eğrisi.
- Ek 2 Toplam fenolik madde analizi için gallik asit standart eğrisi.
- Ek 3 Toplam flavonoid analizi için kateşin standart eğrisi.
- Ek 4 Siyanidin 3-glukozit'e ait HPLC standart eğrisi.
- Ek 5 Kalsiyum standartına ait AAS kalibrasyon eğrisi.
- Ek 6 Laktik asit standartına ait HPLC kalibrasyon eğrisi.
- Ek 7 Sakaroz standartına ait HPLC standart eğrisi.
- Ek 8 Glikoz standartına ait HPLC standart eğrisi.
- Ek 9 Fruktoz standartına ait HPLC standart eğrisi.
- Ek 10 Manitol standartına ait HPLC standart eğrisi.
- Ek 11 Glikoz (1), früktoz (2), sakaroz (3) ve manitol (4) standartları karışımının (5000 ppm) HPLC kromatogram görüntüleri.
- Ek 12 Taze elma dilimine ait karbonhidrat analizi kromatogram görüntüsü.
- Ek 13 Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimine ait karbonhidrat analizi kromatogram görüntüsü.
- Ek 14 Laktik asit standartının kromatogram görüntüsü (100 ppm).
- Ek 15 Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma diliminde tespit edilen antosiyaninlerin kromatogram görüntüsü (1: siyanidin-3-ksilosil (glükosil) galaktozid; 2: siyanidin-3-ksilosilgalaktozid; 3: siyanidin-3-ksilosil (sinapol glukozil) galaktozid; 4: siyanidin-3-ksilosil (feruyol glükosil) galaktozid; 5: siyanidin-3-ksilosil (kumarol glükosil) galaktozid).
- Ek 16 Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma örneklerinin taze elma dilimi ile karşılaştırmalı görselleri.
- Ek 17 Vakumlu emdirim çözeltisinde yer alan Ca-laktat/laktik asit konsantrasyonlarının ve siyah havuç konsantresi konsantrasyonunun elma dilimlerine etkisini gösteren istatistiksel değerlendirme tablosu.
- Ek 18 Vakumlu emdirim çözeltisinde yer alan Ca-laktat/laktik asit konsantrasyonlarının ve siyah havuç konsantresi konsantrasyonunun elma dilimlerinin duyu özelliklerine etkisini gösteren istatistiksel değerlendirme tablosu.
- Ek 19 Yanıt yüzey metoduna ait kodlu faktörler ile model katsayıları.
- Ek 20 Optimizasyon aşamasında doğrulama analizlerine ait t testlerinin istatistiksel bilgileri.

EKLER (devam)

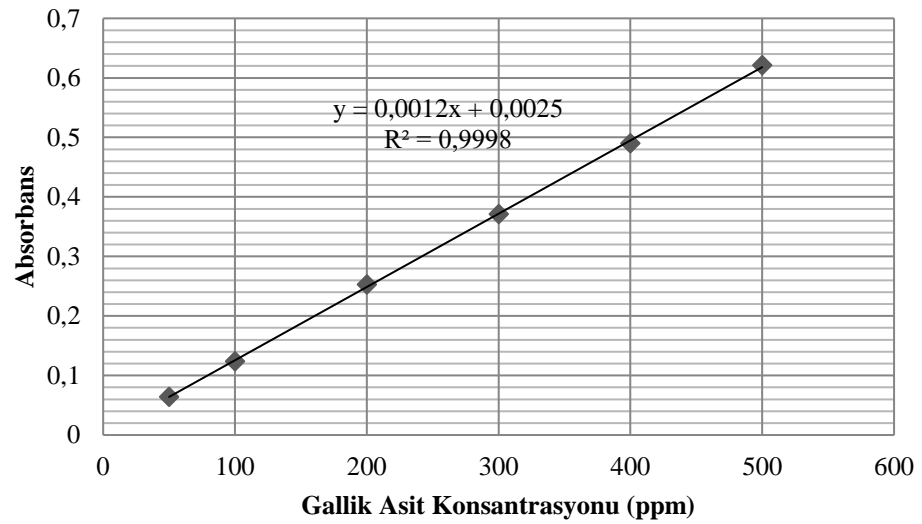
Ek 21 Vakumlu emdirim işleminde ultrases uygulamasının őrün biyoaktif madde miktarlarına etkisini gösteren istatistiksel değerlendirme tablosu.



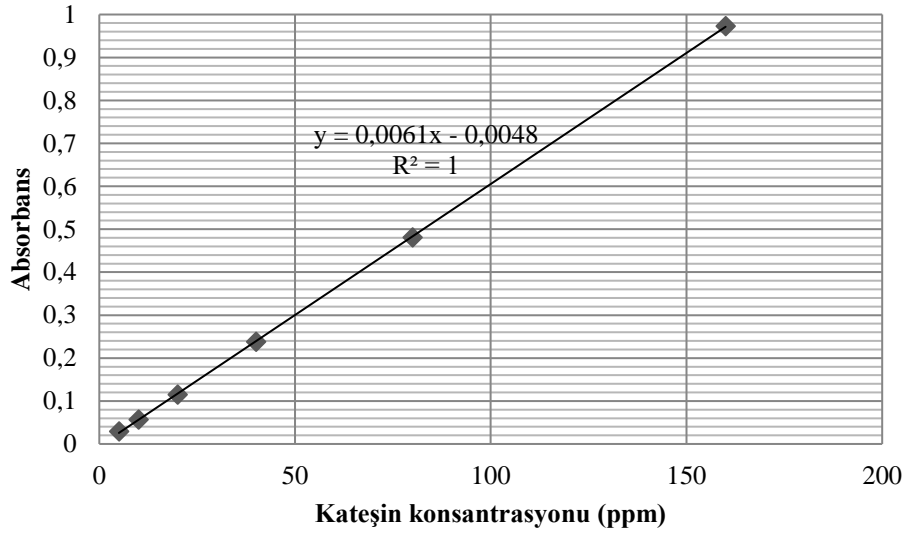
Ek 1 DPPH antioksidan kapasite analizine ait askorbik asit standart eğrisi.



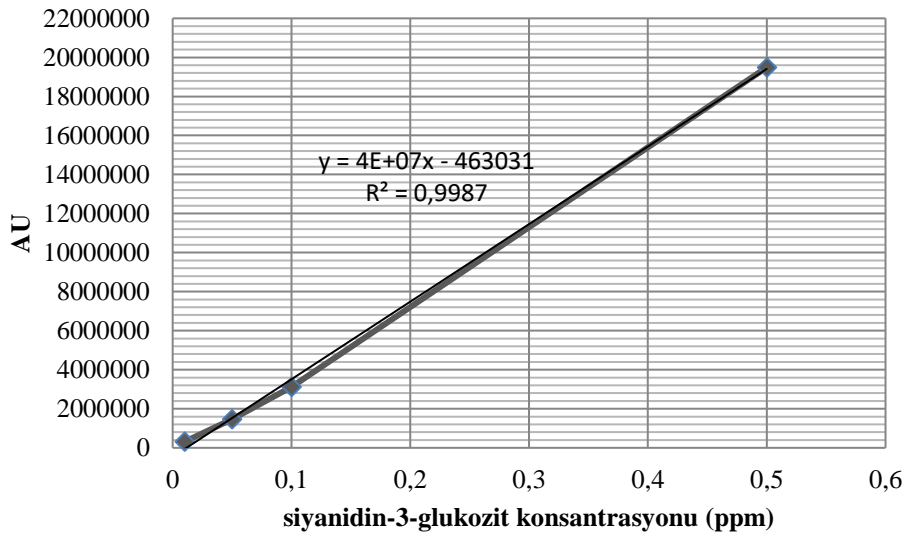
Ek 2 Toplam fenolik madde analizi için gallik asit standart eğrisi.



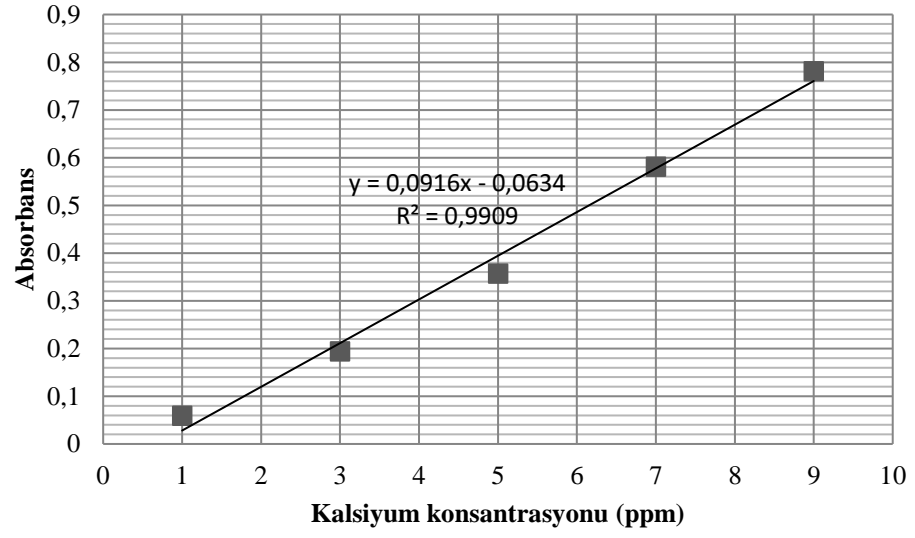
Ek 3 Toplam flavonoid analizi için kateşin standart eğrisi.



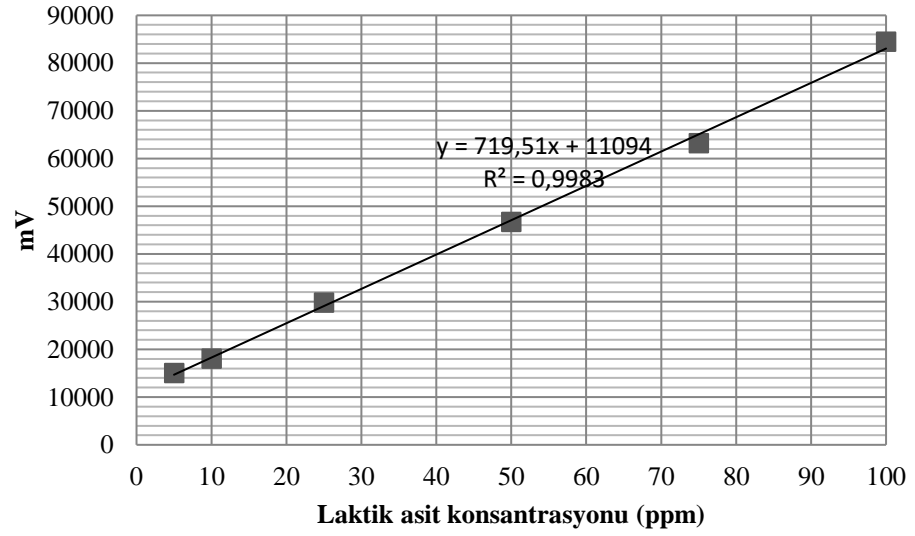
Ek 4 Siyanidin 3-glukozit'e ait HPLC standart eğrisi.



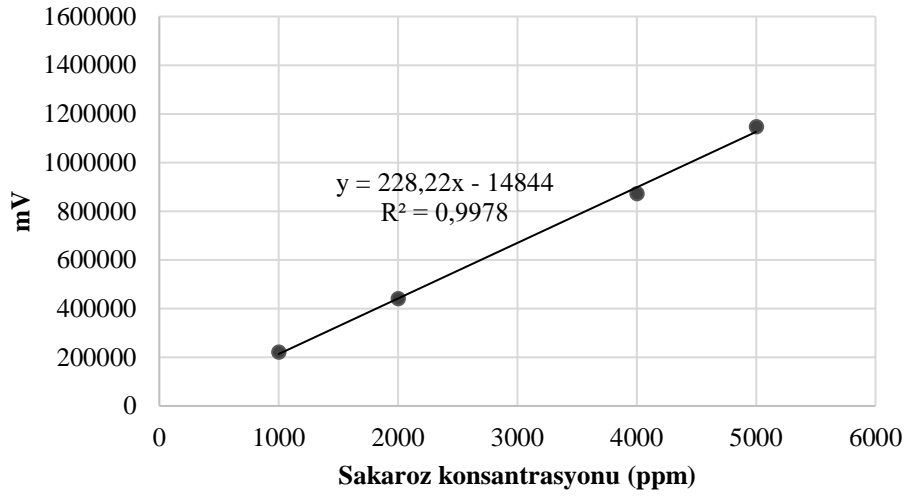
Ek 5 Kalsiyum standardına ait AAS kalibrasyon eğrisi.



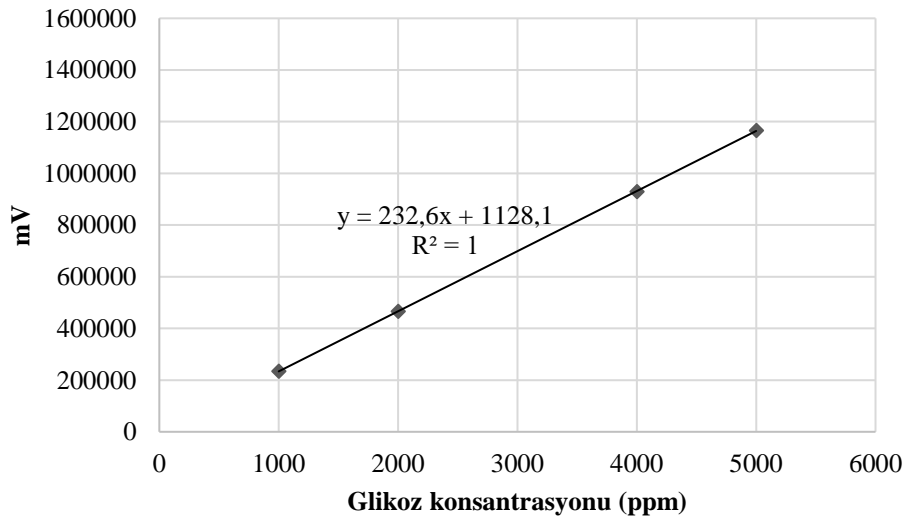
Ek 6 Laktik asit standardına ait HPLC kalibrasyon eğrisi.



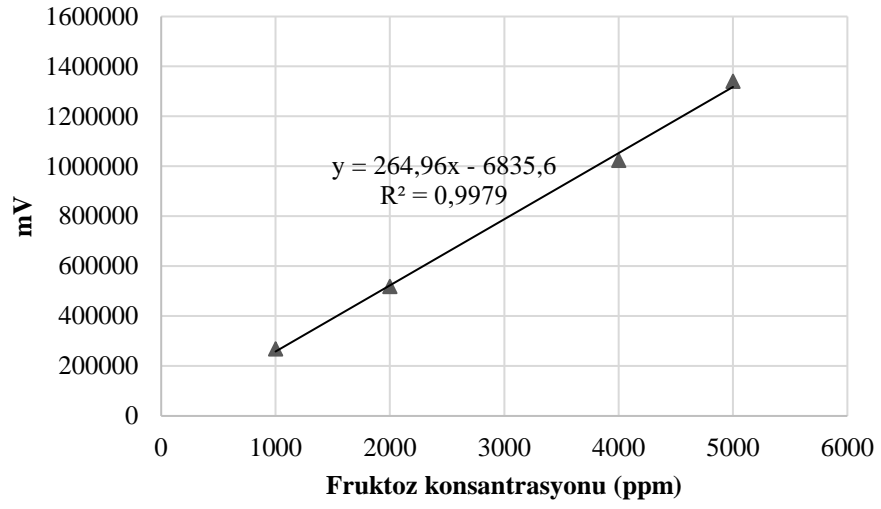
Ek 7 Sakaroz standardına ait HPLC standart eğrisi.



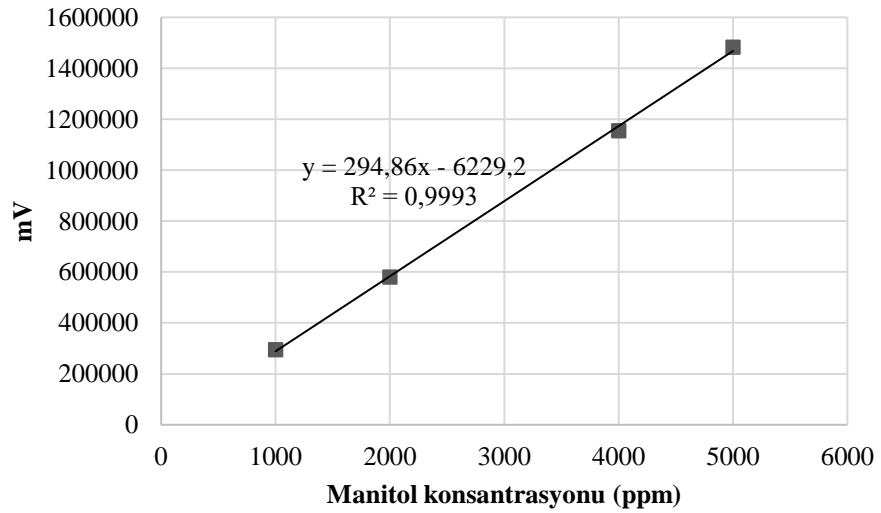
Ek 8 Glikoz standardına ait HPLC standart eğrisi.



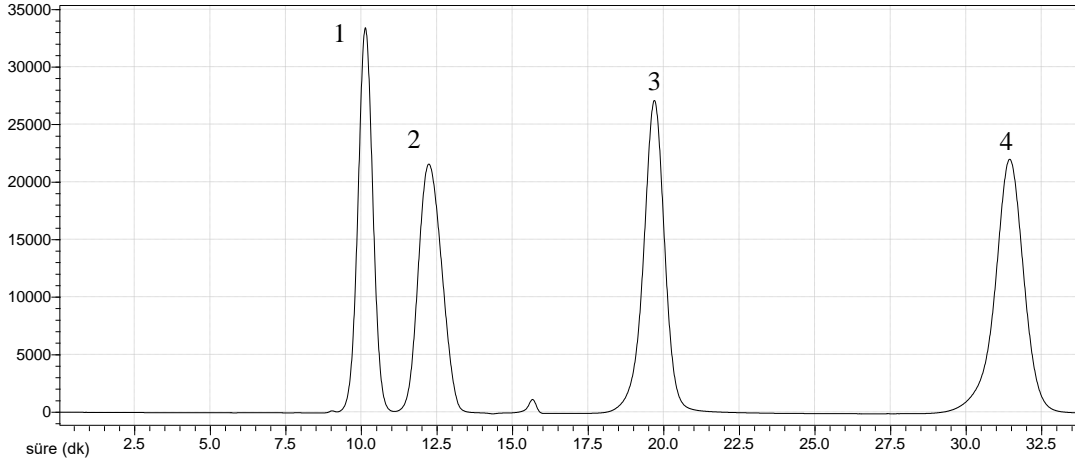
Ek 9 Fruktoz standardına ait HPLC standart eğrisi.



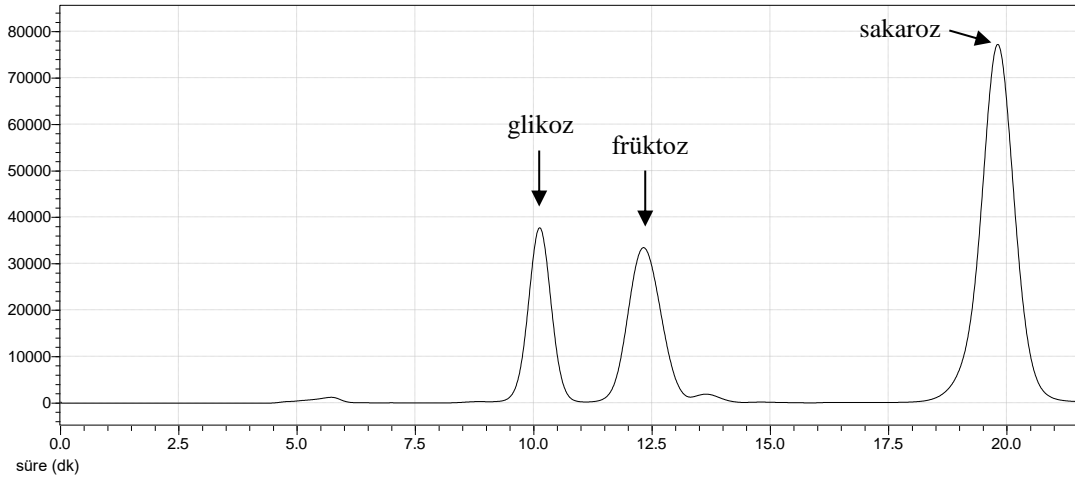
Ek 10 Manitol standardına ait HPLC standart eğrisi.



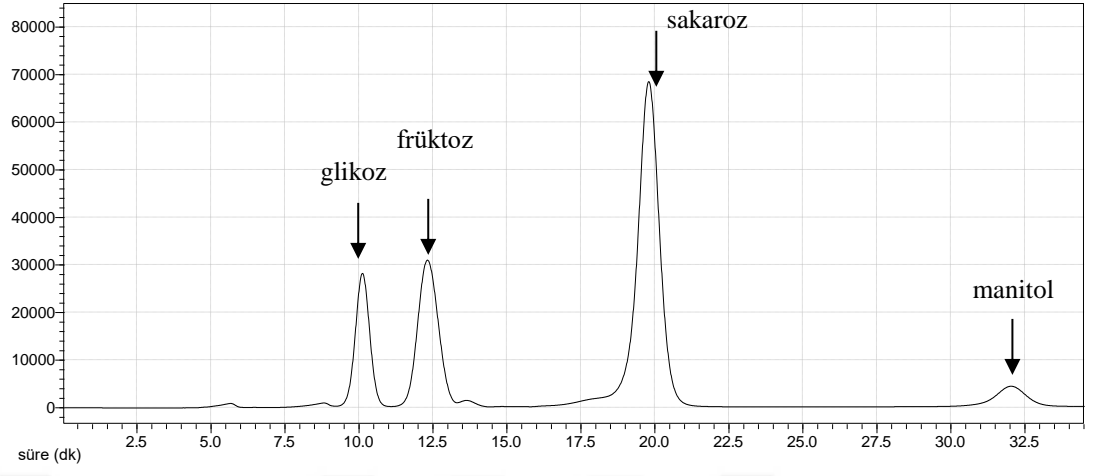
Ek 11 Glikoz (1), früktoz (2), sakaroz (3) ve manitol (4) standartları karışımının (5000 ppm) HPLC kromatogram görüntüleri.



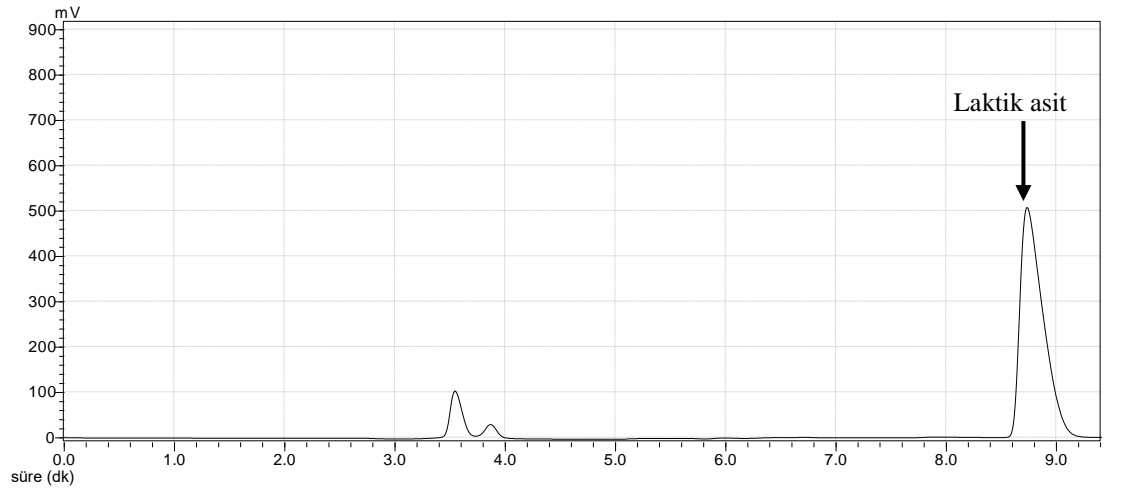
Ek 12 Taze elma dilimine ait karbonhidrat analizi kromatogram görüntüsü.



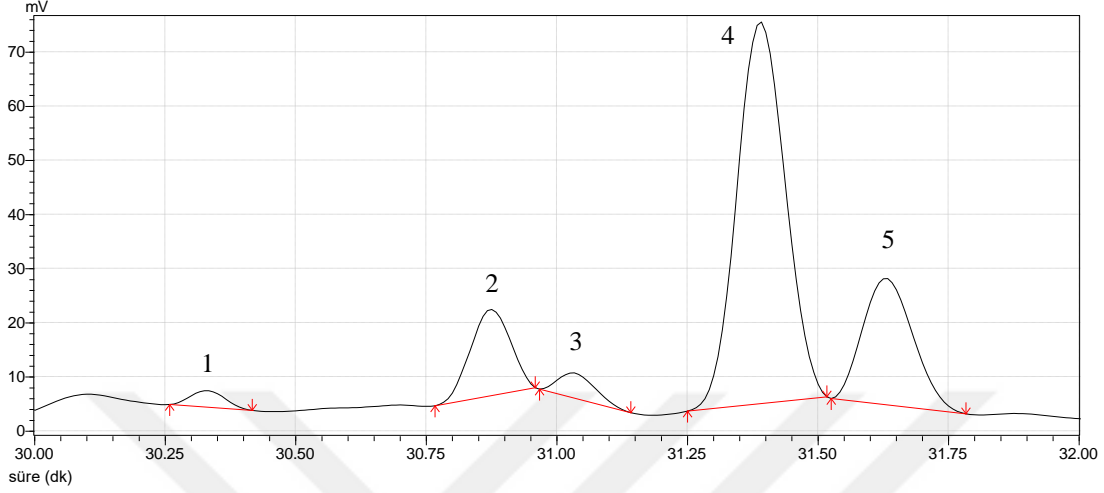
Ek 13 Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimine ait karbonhidrat analizi kromatogram görüntüsü.



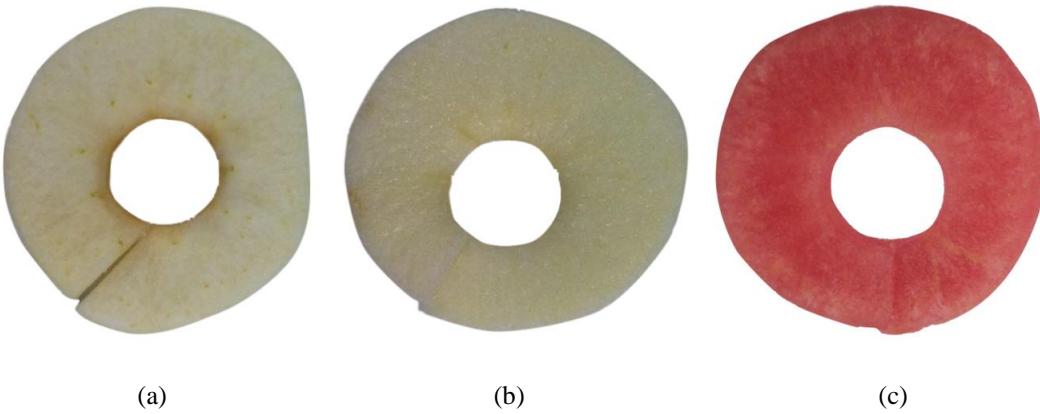
Ek 14 Laktik asit standartının kromatogram görüntüsü (100 ppm).



Ek 15 Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma diliminde tespit edilen antosiyaninlerin kromatogram görüntüsü (1: siyanidin-3-ksilosil (glükosil) galaktozid; 2: siyanidin-3-ksilosil galaktozid; 3: siyanidin-3-ksilosil (sinapol glukozil) galaktozid; 4: siyanidin-3-ksilosil (feruyo lglükosil) galaktozid; 5: siyanidin-3-ksilosil (kumarol glükosil) galaktozid).



Ek 16 Vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma örneklerinin taze elma dilimi ile karşılaştırmalı görselleri.



a: İşlem görmemiş taze elma dilimi

b: Emdirim çözeltisine SHK eklenmeyerek vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimi

c: Emdirim çözeltisine SHK eklenerek vakumlu emdirim işlemi ile üretilmiş elma dilimi

Ek 17 Vakumlu emdirim çözeltisinde yer alan Ca-laktat/laktik asit konsantrasyonlarının ve siyah havuç konsantresi konsantrasyonunun elma dilimlerine etkisini gösteren istatistiksel değerlendirme tablosu.

Kaynak	Bağımlı değişken	F değeri	P değeri
Düzeltilmiş model	Laktik asit	316,969	0,000
	Kalsiyum	49,137	0,000
	Sertlik	52,941	0,000
	TFM	17,936	0,000
	TF	112,587	0,000
	AK	227,421	0,000
Kesişim	Laktik asit	32476,328	0,000
	Kalsiyum	91368,006	0,000
	Sertlik	7462,769	0,000
	TFM	3796,365	0,000
	TF	9748,580	0,000
	AK	28758,073	0,000
Faktör A*	Laktik asit	1735,356	0,000
	Kalsiyum	265,964	0,000
	Sertlik	285,628	0,000
	TFM	0,125	0,883
	TF	0,010	0,990
	AK	0,483	0,623
Faktör B**	Laktik asit	2,658	0,071
	Kalsiyum	1,546	0,228
	Sertlik	1,782	0,178
	TFM	65,624	0,000
	TF	412,693	0,000
	AK	832,873	0,000
Faktör A x Faktör B	Laktik asit	1,330	0,283
	Kalsiyum	0,657	0,684
	Sertlik	0,958	0,474
	TFM	0,029	1,000
	TF	0,060	0,999
	AK	0,340	0,909

*: Formülasyonda Ca-laktat/laktik asit konsantrasyonları

** : Formülasyonda siyah havuç konsantresi konsantrasyonu

Ek 18 Vakumlu emdirim çözeltilisinde yer alan Ca-laktat/laktik asit konsantrasyonlarının ve siyah havuç konsantresi konsantrasyonunun elma dilimlerinin duysal özelliklerine etkisini gösteren istatistiksel değerlendirme tablosu.

Kaynak	Bağımlı değişken	F değeri	P değeri
Düzeltilmiş model	Yeni ürün olarak renk	16,543	0,000
	Sertlik	76,283	0,000
	Tazelik	23,745	0,000
	Eksilik	65,433	0,000
	Elma tadı	30,679	0,000
	Genel kabul edirlilik	24,146	0,000
Kesişim	Yeni ürün olarak renk	4292,477	0,000
	Sertlik	3664,017	0,000
	Tazelik	5260,470	0,000
	Eksilik	3927,285	0,000
	Elma tadı	4960,381	0,000
	Genel kabul edirlilik	4428,646	0,000
Faktör A*	Yeni ürün olarak renk	1,858	0,161
	Sertlik	406,966	0,000
	Tazelik	124,074	0,000
	Eksilik	365,187	0,000
	Elma tadı	224,361	0,000
	Genel kabul edirlilik	339,782	0,000
Faktör B**	Yeni ürün olarak renk	57,819	0,000
	Sertlik	4,252	0,073
	Tazelik	3,371	0,081
	Eksilik	1,453	0,122
	Elma tadı	3,248	0,085
	Genel kabul edirlilik	2,618	0,110
Faktör A x Faktör B	Yeni ürün olarak renk	0,800	0,572
	Sertlik	2,071	0,083
	Tazelik	0,489	0,816
	Eksilik	0,653	0,716
	Elma tadı	0,572	0,785
	Genel kabul edirlilik	0,351	0,906

*: Formülasyonda Ca-laktat/laktik asit konsantrasyonları

** : Formülasyonda siyah havuç konsantresi konsantrasyonu

Ek 19 Yanıt yüzey metoduna ait kodlu faktörler ile model katsayıları

Model parametreleri	Katsayı	a*	% iyon sızıntısı
Kesişim	β_0	14,28	67,17
Doğrusal			
Vakum basıncı, A	β_1	3,60	9,65
Vakum süresi, B	β_2	0,96	3,54
Restorasyon süresi, C	β_3	1,54	0,74
Etkileşimli			
Vakum basıncı x Vakum süresi, A x B	β_{12}	-0,86	-1,40
Vakum basıncı x Restorasyon süresi, A x C	β_{13}	-0,87	0,16
Vakum süresi x Restorasyon süresi, B x C	β_{23}	-0,020	0,043
İkinci derece			
Vakum basıncı x Vakum basıncı, A ²	β_{11}	-0,76	-0,50
Vakum süresi x Vakum süresi, B ²	β_{22}	-0,34	0,031
Restorasyon süresi x Restorasyon süresi, C ²	β_{33}	-0,22	0,065

Ek 20 Optimizasyon aşamasında doğrulama analizlerine ait t testlerinin istatistiki bilgileri.

Parametre	Test değeri	P değeri
a*	10,01	0,766
	8,71	0,297
İyon sızıntısı (%)	52,75	0,635
	52,45	0,820

Ek 21 Vakumlu emdirim işleminde ultrases uygulamasının ürün biyoaktif madde miktarlarına etkisini gösteren istatistiksel değerlendirme tablosu.

Analiz	Bağımlı değişken	F değeri	P değeri
SHK eklemesiz ultrases işlemi	TFM	8,326	0,008
	TF	6,962	0,013
	TA	-	-
	AK	12,111	0,002
SHK eklemeli ultrases işlemi	TFM	5,139	0,029
	TF	7,173	0,012
	TA	8,169	0,008
	AK	8,036	0,008
Ultrases çalışma durumu	TFM	12,624	0,007
	TF	3,892	0,082
	TA	8,977	0,016
	AK	6,106	0,036