

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ENDÜSTRİYEL ARTIK OLAN ELMA POSASINDAN
DİYET LİFİ ÜRETİMİ OPTİMİZASYONU VE PARTİKÜL
BOYUTUN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ**

**Hazırlayan
Mehmet HORZUM**

**Danışman
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN**

Yüksek Lisans Tezi

**Temmuz 2018
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ENDÜSTRİYEL ARTIK OLAN ELMA POSASINDAN
DİYET LİFİ ÜRETİMİ OPTİMİZASYONU VE PARTİKÜL
BOYUTUN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Mehmet HORZUM**

**Danışman
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN**

Bu çalışma; Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından 1501 Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı ve Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyonu Dış Kaynaklı Projeleri Destekleme Birimi tarafından FYL-2017-7326 proje koduyla desteklenmiştir.

**Temmuz 2018
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Mehmet HORZUM

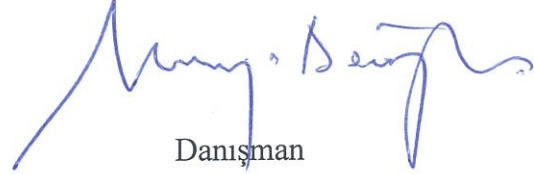
YÖNERGEYE UYGUNLUK

Endüstriyel Artık Olan Elma Posasından Diyet Lifi Üretimi Optimizasyonu Ve Partikül Boyutun Teknolojik Özelliklere Etkisi adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.



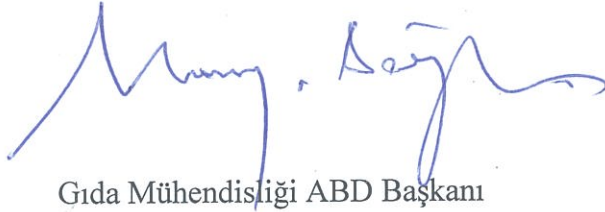
Tezi Hazırlayan

Mehmet HORZUM



Danışman

Prof. Dr. Mahmut DOĞAN



Gıda Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

KABUL VE ONAY

Prof. Dr. Mahmut DOĞAN danışmanlığında Mehmet HORZUM tarafından hazırlanan “Endüstriyel Artık Olan Elma Posasından Diyet Lifi Üretimi Optimizasyonu Ve Partikül Boyutun Teknolojik Özelliklere Etkisi” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

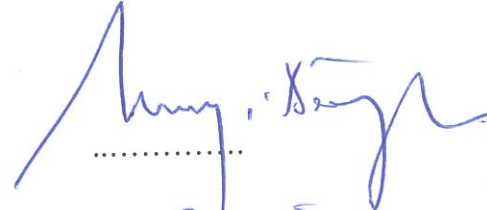
20 /07 / 2018

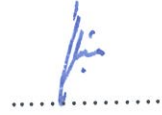
JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

Üye : Prof. Dr. Kemal SARIOĞLU

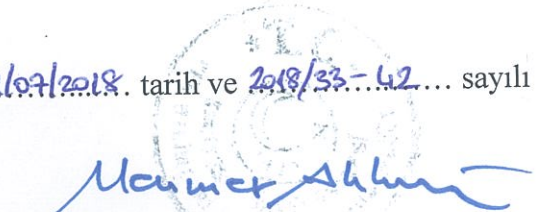
Üye : Dr.Öğr.Üyesi İLKER ERDEM


.....

.....
.....

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 31/07/2018. tarih ve 2018/33-42... sayılı kararı ile onaylanmıştır.


31 / 07 / 2018

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince deneyim ve bilgileri ile bana yol gösteren, hiçbir konuda desteğini esirgemeyen ve danışmanlığında çalışmaktan mutlu olduğum değerli hocam Prof. Dr. Mahmut DOĞAN’a,

Laboratuvar çalışmamın başlangıcından itibaren yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Ahmet Evren YETİMHAN’a, Uzman Bekir HÜROĞLU’na, Arş. Gör. Hamza ALAŞALVAR’a, Öğr. Gör. Kutlu ÇEVİK’e, Öğr. Gör. Göktürk ÖZTÜRK’e, Selin BABACAN’a, Arzu SADİ DÖNER’e, Fatma BİLGİLİ’ye, Abdullah NAJİ’ye, Cansu İNANIR’a teşekkürü bir borç bilirim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince üzerimde emeği olan, her türlü olanağı sağlayan ve hiçbir konuda yardımını esirgemeyen Erciyes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine,

Bu tez çalışmasına maddi destek veren (Proje No: FYL-2017-7326) Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Koordinasyon Birimi’ne ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu’na (1501-Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı),

Ayrıca; manevi desteklerini sürekli hissettiğim annem Esma HORZUM, babam Süleyman HORZUM’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

ENDÜSTRİYEL ARTIK OLAN ELMA POSASINDAN DİYET LİFİ ÜRETİMİ OPTİMİZASYONU VE PARTİKÜL BOYUTUN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Mehmet HORZUM

**Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2018
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mahmut DOĞAN**

ÖZET

Elma posası kuru maddede %50-80 diyet lifi içeriğiyle zengin değerli bir endüstriyel artık üründür. Bir yan ürün olarak elma posası, endüstriyel meyve suyu artıklarının %25-40'ını oluşturur. Bu araştırmanın amacı, yüksek saflık dereceli ve renksiz elma lifi için yeni bir yöntem geliştirmek ve partikül boyutun lifin teknolojik özellikler üzerine etkisini araştırmaktır. Bu amaçla üç faktörden oluşan bir Taguchi L16 ($4^2 \times 2^1$) mixed level ortogonal design modeli kullanılmıştır. Model kapsamında oluşturulan faktörler; Yöntemler (Ultraturrax, Ultrasonik, Mixed, Kontrol), Yıkama solüsyonu (Etil Alkol, Aseton, Mixed, Kontrol) ve Suda bekletme (12 saat suda bekletme, Kontrol)dir. Taguchi modeli için optimum seviyenin belirlenmesi için, örneklerin protein (%), nişasta (%), kül (%) ve L , a *, b * renk parametreleri belirlenmiş ve her bir cevap için sinyal-gürültü (SNR) oranları hesaplanmıştır. Sonuçlarda, yüksek L değeri (91) ve düşük protein içeriği (% 0,19) üzerinde yöntem ve yıkama çözeltisi faktörlerinin istatistiksel olarak ($p < 0,05$) etkisi belirlenmiştir. Örneklerde nişasta içeriği belirlenememiştir. Araştırma kapsamında, Taguchi yöntemi kullanılarak renksiz ve saf elma lifinin optimum üretim yönteminin karma (ultrasonik / ultraturraks) yöntem ve karma (etil alkol-aseton) yıkama çözeltisiyle yıkama işlemi olduğu bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada, farklı partikül büyüklüğünün, liflerin su ve yağ tutma kapasitesi (WHC, OHC) gibi teknolojik özellikleri üzerindeki etkisi, farklı kurutma (tepsili kurutucu (50-80°C) ve mikrodalga fırın (260, 300, 460W)) ve öğütme yöntemleri (bilyalı öğütücü ve bıçaklı öğütücü) kullanılarak incelenmiştir. İki farklı yöntemle kurutulduktan sonra numunelerin partikül büyüklükleri, bilyalı değirmen kullanılarak $< 36 \mu\text{m}$ 'ye düşürülmüştür. Numunelerin teknolojik özellikleri ve renk parametrelerine göre optimum kurutma yöntemi belirlenmiştir. Sonuç olarak, optimum kurutma yöntemi ve sıcaklığı 11,5g su / 1g (WHC) ve 3,06g yağ / 1g (OHC) tutma değeri ile 70°C sıcaklıkta tepsi kurutucu olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Optimum kurutma yöntemi ve

sıcaklığı belirlendikten sonra, bilyalı öğütücü ve bıçak öğütücü ile partikül boyutu $<75 \mu\text{m}$, $75 \mu\text{m} < x < 180 \mu\text{m}$, $180 \mu\text{m} < x < 300 \mu\text{m}$ 'ye indirilerek üç grupta incelenmiştir. En yüksek WHC (28,4g su /1g) değerinin $180 \mu\text{m} < x < 300 \mu\text{m}$ boyut aralığında bilyalı öğütücüyle öğütülen örneklerde, en yüksek OHC değeri (3,29 g yağ /1 g) ise $<75 \mu\text{m}$ boyut aralığında bıçaklı öğütücüyle öğütülen örneklerde gözlemlenmiştir. Parçacık boyutu azaldıkça, örneklerin WHC 'sinin azaldığı, OHC 'nin ise $75 \mu\text{m} < x < 180$ aralığında düştüğü, $<75 \mu\text{m}$ de ise arttığı belirlenmiştir. Üretilen elma diyet lifi, ticari elma, havuç, limon, bezelye ve buğday liflerinden aynı parçacık boyutunda daha iyi WHC 'ye sahiptir ($p<0,05$). Üretilen liflerin glukoz adsorpsiyon kapasitesi (GAC) farklı glukoz konsantrasyonlarında (25-100 mM) incelenmiştir. Ayrıca, elma diyet lifleri ve elma posası karşılaştırılarak toplam fenolik madde (TPC) ve antiradikal aktivite (AA) üzerindeki üretim yönteminin etkisi gözlemlenmiştir. GAC'ın artan glukoz konsantrasyonu ile arttığı, TPC ve AA'nın uygulanan üretim metodu sonucu azaldığı belirlenmiştir ($p<0,05$). %0,5-2 elma diyet lifi ilave edilerek yoğurt model gıda örnekleri hazırlanmış ve diyet lifinin yoğurt reolojik özellikleri üzerine etkisi, renk, kül miktarı ve depolama boyunca asitliği üzerine etkisi araştırılmıştır. Lif ilavesi ile yoğurt örneklerinin, kül içeriği, renk değerleri, reolojik özellikleri ve asitliği üzerinde istatistiksel olarak etkili olduğu ve diyet lifi miktarının artmasına bağlı olarak kül içeriğinin arttığı, L ve a renk değerleri azalırken b değerinin arttığı, G' ve G'' değerlerinin artarken $\tan(\delta)$ değerinin değişmediği, 0-21 depolama sonucunda pH değerinin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Anahtar Kelimeler: Elma posası, elma lifi, taguchi model, partikül boyutu

**OPTIMIZATION OF DIETARY FIBER PRODUCTION FROM APPLE
POMACE, WHICH IS AN INDUSTRIAL WASTE, AND THE EFFECT OF
PARTICLE SIZE ON TECHNOLOGICAL PROPERTIES**

Mehmet HORZUM

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

MSc. Thesis, July 2018

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

ABSTRACT

Apple pomace is a valuable industrial waste product rich in dietary fibre with 50-80% content in dry matter. As a by-product, the apple pomace constitutes 25-40% of the industrial fruit juice wastes. The objective of this research was to develop a new method for high-purity grade and colourless apple fibre and effects of particle size on functional properties of fiber. For this purpose, a Taguchi L16 ($4^2 \times 2^1$) mixed level orthogonal array design which is comprised of three factors were used; methods (Ultraturrax, Ultrasonic, Mixed, Control), washing solution (Ethyl Alcohol, Aseton, Mixed, Control) water retention (12 h waiting in water, Control) in the study. The protein (%), starch (%), ash (%), and L, a*, b* colour parameters of the samples were determined, and signal-to-noise (S/N) ratios were calculated for each response for determination of optimum level for Taguchi model. In results, it was observed that high L value (91) and low protein content (0.19%) of the samples were effected statistically ($p < 0.05$) by methods and washing solution. The starch content of the samples was not determined. Consequently, mixed (ultrasonic/ultraturrax) method and mixed (ethyl alcohol-acetone) washing solution were found to optimum colourless and purification of the apple fibre by using Taguchi method. Also, in this work, the effect of the different particle size on the technological properties such as water and oil holding capacity (WHC, OHC) of the apple fiber was studied by using different drying (tray dryer (50-80°C) and microwave oven (260, 300, 460W)) and milling methods (ball mill and blade mill). After drying with two methods, particle sizes of the samples was reduced to $< 36 \mu\text{m}$ by using ball mill, and the technological properties and colour parameters of the samples were determined. In result, it was observed that the best WHC and OHC with 1g/11.5g water and 1g/3.06g oil is for tray dryer, 70°C temperature. After seeing the optimum drying temperature, the particle size was divided into three groups by reducing the size to $< 75 \mu\text{m}$, $75 \mu\text{m} < x < 180 \mu\text{m}$, $180 \mu\text{m} < x < 300 \mu\text{m}$ with ball mill and blade mill. It was

determined that the WHC of the samples from reduced with the ball mill is higher than that of the blade mill samples, a particle of $180\mu\text{m} < x < 300\mu\text{m}$, with 1g/28.4g water. On the other hand, the value of the OHC was higher for the blade mill, a particle of $< 75\mu\text{m}$ with 1g/3.29g oil. It may be said that as the particle size decreases, WHC of the samples decreases and the OHC was decreased to a certain range with $75\mu\text{m} < x < 180\mu\text{m}$ and then the value of OHC was increased with $< 75\mu\text{m}$. The produced apple dietary fiber has better WHC in the same particle size than commercial apple, carrot, lemon, pea and wheat fibers ($p < 0.05$). The glucose adsorption capacity (GAC) of the produced fibers was examined at different glucose concentrations (25-100mM). In addition, the effect of the production method on the total phenolic substance (TPC) and antiradical activity (AA) was observed by comparing apple dietary fibers and apple pomace. It was determined that, GAC increased with increasing glucose concentration, TPC and AA decreased with the applied production method ($p < 0.05$). 0.5-2% apple dietary fiber added yoghurt samples were prepared and the effect of dietary fiber on yoghurt rheological properties, color, amount of ash and acidity during storage were investigated ($p < 0.05$). It was observed that the ash content of the yoghurt samples increased as the amount of dietary fiber increased, the b value increased as the L and a color values decreased, the $\tan(\delta)$ value did not change as the G' and G'' values increased and the pH value of the 0-21 storage result was higher than the control group ($p < 0.05$).

Keywords: Apple pomace, apple fiber, taguchi modeling, particle size

İÇİNDEKİLER

ENDÜSTRİYEL ARTIK OLAN ELMA POSASINDAN DİYET LİFİ ÜRETİMİ OPTİMİZASYONU VE PARTİKÜL BOYUTUN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL VE ONAY	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR ve SİMGELER	xiii
TABLolar LİSTESİ.....	xv
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. PROBLEM DURUMU.....	3
1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI	4
1.3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ	4
1.4. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	6
1.4.1. Elma Posası.....	6
1.4.2. Elma Posasının Bileşimi	8
1.4.3. Diyet Lifi	10
1.4.3.1. Diyet Lifi Bileşenleri	13
1.4.3.1.1. Selüloz.....	14
1.4.3.1.2. Hemiselüloz	14
1.4.3.1.3. Lignin.....	15
1.4.3.1.4. Suberin ve Kutin.....	16
1.4.3.1.5. Dirençli nişasta	18
1.4.3.1.6. Pektin	18
1.4.3.1.7. β -glukanlar	19
1.4.3.1.8. Galaktomannan Gamlar	20
1.4.3.1.9. İnülin ve Diğer Oligosakkaritler	20
1.4.3.2. Diyet Lifi Belirleme Yöntemleri.....	22

1.4.3.2.1. Gravimetrik Yöntemler	23
1.4.3.2.2. Enzimatik-gravimetrik yöntemler	23
1.4.3.3. Diyet Liflerinin Fizyolojik Özellikleri	24
1.4.3.4. Diyet Liflerinin Teknolojik Özellikleri	25
1.4.3.4.1. Su ve Yağ Tutma Kapasitesi.....	25
1.4.3.4.2. Viskozite ve Jel Kapasitesi.....	26
1.4.3.4.3. Şelat Kapasitesi.....	27
1.4.3.4.4. Kristalizasyonu Önleme Özellikleri.....	27
1.4.3.5. Konsantre Diyet Lifi Ekstraksiyonu.....	27
1.4.4. Ultrason.....	31
1.4.4.1. Ultrason Yardımıyla Kullanılan Cihazlar	32
1.4.4.2. Ultrasonun Avantajları.....	33
1.4.5. Kurutma	34
1.4.5.1. Konvektif kurutma.....	35
1.4.5.1.1. Kabin (Tepsili) Kurutucu	36
1.4.5.2. Mikrodalga Kurutucu.....	37
1.4.6. Mikronizasyon-Boyut Küçültme	38
1.4.7. Elma Posası ve Diyet Lifi Çalışmaları.....	40
1.5. Model Gıda Uygulaması	46
1.5.1. Model gıda yoğurt.....	46

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyaller.....	49
2.1.1. Elma Posası.....	49
2.1.2. Kimyasallar	49
2.3. Diyet lifi üretim yöntemi.....	51
2.3. Optimizasyon	53
2.3.1. Optimizasyon Yöntemi	53
2.3.2. Taguchi Model İle Diyet Lifi Üretim Optimizasyonu.....	54
2.3.3. Kurutma Optimizasyonu	56
2.3.4. Mikronizasyon (boyut küçültme) optimizasyonu	57
2.4. Analizler	57
2.4.1. Diyet Lifi Analizi.....	57
2.4.2. Kül Analizi.....	58
2.4.3. Nem Tayini	58
2.4.4. Nişasta Tayini.....	59

2.4.5. Protein Tayini.....	59
2.4.6. Yağ Analizi	60
2.4.7. Renk Analizi	61
2.4.8. Yağ ve Su Tutma Analizi	61
2.4.9. Fenolik Madde Analizleri.....	62
2.4.9.1.Fenolik Madde Ekstraksiyonu	62
2.4.9.2. Toplam Fenolik Madde Tayini	62
2.4.9.2.1. Troloks Eş Değeri Antioksidan Kapasitesi (TEAC).....	62
2.4.9.2.2. Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi (DPPH)	63
2.4.10. Glukoz Absorblama Kapasitesi Analizi.....	63
2.4.11. Asitlik Tayini.....	64
2.4.12. Lif Katkılı Yoğurtların Reolojik Karakterizasyonu.....	64
2.4.13. Partikül Boyutu Belirleme Analizi	65
2.4.14. İstatistiksel Analiz.....	65
2.5. Model Gıda Üretimi	65
2.5.1. Diyet Lif Katkılı Yoğurt Yapılışı.....	65

3. BÖLÜM BULGULAR

3.1. Optimizasyon	66
3.1.1. Diyet Lifi Üretim Yöntemi Optizasyon Bulguları.....	66
3.1.1.1. Protein Ölçümlerinin Değerlendirilmesi.....	66
3.1.1.2. Kül Ölçümlerinin Değerlendirilmesi.....	70
3.1.1.3. L^* Renk Ölçümlerinin Değerlendirilmesi.....	74
3.1.1.4. a^* Renk Ölçümlerinin Değerlendirilmesi	78
3.1.1.5. b^* Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi	82
3.1.1.6 Nişasta (%) Ölçümlerinin Değerlendirilmesi	86
3.1.1.7. Optimum Genel Üretim Yöntemi Belirlenmesi Ve Doğrulama Deneyi.....	86
3.1.1.7.1. Optimum Genel Üretim Yöntemi Belirlenmesi	86
3.1.1.7.2. Doğrulama Deneyi.....	87
3.1.1.8. Diyet lifi üretim yöntemlerinin karşılaştırılması.....	88
3.1.2. Kurutma Optimizasyonu Bulguları	88
3.1.2.1. Kurutma Yöntemleri Kurutma Süreleri.....	88
3.1.2.2. Kurutma Yöntemleri Su Tutma Kapasitesi Bulguları	89
3.1.2.3. Kurutma Yöntemleri Yağ Tutma Kapasitesi Bulguları.....	90
3.1.2.3. Kurutma Yöntemleri Renk Değerleri Bulguları	92
3.1.2.3.1. L^* Renk Değeri Bulguları.....	92

3.1.2.3.2. a^* Renk Değeri Bulguları	93
3.1.2.3.3. b^* Renk Değeri Bulguları	94
3.1.2.4 Optimum Kurutma Yöntemi Belirlenmesi	96
3.1.3. Mikronizasyon (Boyut Küçültme) Optimizasyonu	96
3.1.3.1. Su Tutma Kapasitesi Bulguları.....	96
3.1.3.2. Yağ Tutma Kapasitesi Bulguları	98
3.2. Toplam Diyet Lifi Analizi Bulguları.....	99
3.3. Nem, Kül, Nişasta, Yağ Ve Protein Analiz Bulguları.....	100
3.4. Fenolik Madde Analiz Bulguları.....	100
3.4.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı Bulguları.....	100
3.4.2. DPPH Analiz Bulguları	101
3.4.3. ABTS Analiz Bulguları.....	101
3.5. Glukoz Absorblama Kapasitesi Analizi Bulguları	102
3.6. Farklı Boyuttaki Ticari Diyet Liflerle Teknolojik Özelliklerin Karşılaştırılması	102
3.6.1. Su ve Yağ Tutma Kapasitesi Bulguları.....	102
3.7. Model Gıda Analiz Bulguları	104
3.7.1. Reolojik Analiz Bulguları.....	104
3.7.1.1. Steady Sweep Bulguları	104
3.7.1.2. Frequency Sweep Bulguları	106
3.7.2. Renk Analizi Bulguları.....	108
3.7.3. Asitlik Analizi Bulguları.....	109
3.7.4. Kül Analizi Bulguları	110

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKLAR	117
ÖZGEÇMİŞ.....	132

KISALTMALAR ve SİMGELER

<u>Kısaltma</u>	<u>Anlamı</u>
μL	Mikrolitre
μm	Mikrometre
nm	Nanometre
g	Gram
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
p	İstatistiksel önem değeri
L	Litre
τ	Süpürme indeksi
DE	Dekstroz Eş Değeri
°C	Santigrat derece
GA	Galakturonik asit
W	Watt
HM	Yüksek metoksilli
LM	Düşük metoksilli
GFn	Glukofruktozil
Fn	Fruktozil
ADL	Asit deterjan lif
NDL	Nötral deterjan lif
mM	Milimol
M	Mol
s	Saniye
Hz	Hertz
OHC	Yağ tutma kapasitesi
WHC	Su tutma kapasitesi
Subsp.	Tür
BRI	Safra asit bağlama indeksi
GRI	Glukoz bağlama indeksi
GAC	Glukoz absorlama kapasitesi

rpm	Dakikadaki devir sayısı
MDK	Mikrodalga kurutma
SHK	Sıcak hava kurutma
kHz	KiloHertz
dk	Dakika
K	Kıvam katsayısı
η	Akış davranış indeksi
N	Normalite
KM	Kuru madde
Ut	Ultraturrax
Us	Ultrasound
Al	Alkol
As	Aseton
B	Bekletme
NB	Bekletmesiz
SNR	Signal Ratios
TK	Tepsili kurutucu
MD	Mikrodalga fırın
BL	Bilyalı öğütücü
BC	Bıçaklı öğütücü
EL	Üretilen elma lifi
THL	Ticari havuç lifi
TLL	Ticari limon lifi
TBGL	Ticari buğday lifi
TEL	Ticari elma lifi
TBZL	Ticari bezelye lifi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
AACC	American Association for Clinical Chemistry
AOAC	Association of Analytical Chemists
UHT	Ultra High Temperature
L^*	Parlaklık renk değeri
a^*	Kırmızılık-Yeşillik renk değeri
b^*	Sarılık-Mavilik renk değeri

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	Yıllara göre Türkiye’de elma üretimi (TÜİK).....	5
Tablo 1.2.	Elma posasının genel yüzdesel bileşimi	8
Tablo 1.3.	Elma posasının major fenolik madde bileşenleri.....	9
Tablo 1.4.	Başlıca diyet lifi bileşikleri.....	11
Tablo 1.5.	Diyet liflerinin çeşitleri ve kaynakları	12
Tablo 1.6.	İngiltere’ de diyet lif günlük tüketim miktarı ve kaynakları	12
Tablo 1.7.	Diyet lifi belirleme yöntemleri	22
Tablo 1.8.	Parçalayıcı tipleri şematik gösterimi ve parçalama hızları	39
Tablo 1.9.	Yoğurt içeriğinin bileşimleri (%)	47
Tablo 2.1.	Matematiksel modelleme deney tasarımı	56
Tablo 3.1.	Deneysel modelleme ve protein (%) ölçüm değerleri	66
Tablo 3.2.	Protein (%) için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi	67
Tablo 3.3.	Protein (%) için SNR ve ortalamaya göre faktör etkisi.....	68
Tablo 3.4.	Protein (%) minitab sonuçlarına göre özetlenmiş veri analizi.....	70
Tablo 3.5.	Deneysel modelleme ve kül (%) ölçüm değerleri	70
Tablo 3.6.	Kül (%) için SNR ve ortalamaya göre faktör etkisi	71
Tablo 3.7.	Kül (%) için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi.....	72
Tablo 3.8.	Kül (%) minitab sonuçlarına göre özetlenmiş veri analizi	73
Tablo 3.9.	Deneysel modelleme ve L^* renk ölçüm değerleri	74
Tablo 3.10.	L^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör etkisi	75
Tablo 3.11.	L^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi	76
Tablo 3.12.	L^* renk değeri için minitab sonuçlarına göre özetlenmiş veri analizi.....	77
Tablo 3.13.	Deneysel modelleme ve a^* renk ölçüm değerleri	78
Tablo 3.14.	a^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör etkisi	79
Tablo 3.15.	a^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi.....	80
Tablo 3.16.	a^* renk değeri için minitab sonuçlarına göre özetlenmiş veri analizi.....	81
Tablo 3.17.	Deneysel modelleme ve b^* renk ölçüm değerleri	82
Tablo 3.18.	b^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör etkisi	83
Tablo 3.19.	b^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi.....	84
Tablo 3.20.	b^* renk değeri için minitab sonuçlarına göre özetlenmiş veri analizi	85
Tablo 3.21.	Genel optimum yöntem faktör ve seviye belirlemesi.....	86

Tablo 3.22.	Doğrulama deneyi beklenen değerler tablosu	86
Tablo 3.23.	Doğrulama deneyi sonuçları.....	87
Tablo 3.24.	Modifiye edilen optimum yöntem sonuçları	87
Tablo 3.25.	Diyet lifi üretim yöntemleri sonuçları	88
Tablo 3.26.	Kurutma optimizasyonu su tutma kapasitesi sonuçları	90
Tablo 3.27.	Kurutma optimizasyonu yağ tutma kapasitesi sonuçları	91
Tablo 3.28.	Kurutma optimizasyonu L^* renk değeri sonuçları	92
Tablo 3.29.	Kurutma optimizasyonu a^* renk değeri sonuçları.....	93
Tablo 3.30.	Kurutma optimizasyonu b^* renk değeri sonuçları.....	95
Tablo 3.31.	Optimum kurutma yönteminin belirlenmesi	96
Tablo 3.32.	Mikronizasyon optimizasyonu su tutma kapasitesi sonuçları	97
Tablo 3.33.	Mikronizasyon optimizasyonu yağ tutma kapasitesi sonuçları	98
Tablo 3.34.	Toplam diyet lifi analizi sonuçları.....	99
Tablo 3.35.	Elma posası ve üretilen elma diyet lifi bileşimi	100
Tablo 3.36.	TPC analizi sonuçları	100
Tablo 3.37.	%AA ve DPPH analizi sonuçları.....	101
Tablo 3.38.	ABTS analizi sonuçları.....	101
Tablo 3.39.	Glukoz absorblama kapasitesi sonuçları	102
Tablo 3.40.	Farklı diyet liflerinin su tutma ve yağ tutma kapasitesi sonuçları.....	103
Tablo 3.41.	Diyet lifi katkılı yoğurtların τ_{50} , η_{50} ve K değerleri	105
Tablo 3.42.	Diyet lifi katkılı yoğurtların G' , G'' ve $\tan(\delta)$ değerleri	106
Tablo 3.43.	Diyet lifi katkılı yoğurtların L^* , a^* ve b^* değerleri	108
Tablo 3.44.	Diyet lifi katkılı yoğurtların 0-21 gün depolamadaki pH değişimi	110
Tablo 3.45.	Diyet lifi katkılı yoğurtların diyet lifi miktarına bağlı olarak 0-21 gün depolamadaki pH değişimi	110
Tablo 3.46.	Diyet lifi katkılı yoğurtların kül analizi sonuçları	111

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Türkiye de meyve suyu sektörünün 10 yıllık gelişimi	5
Şekil 1.2.	Meyve suyuna işlenen yüzdesel meyve miktarları	6
Şekil 1.3.	Endüstriyel elma suyu prosesi ve yan ürünleri şematik gösterimi	7
Şekil 1.4.	Bitkisel karbonhidratların sınıflandırılması.....	13
Şekil 1.5.	Selülozun kimyasal yapısı	14
Şekil 1.6.	Hemiselüloz kimyasal yapısı.....	15
Şekil 1.7.	Lignin kimyasal yapısı	16
Şekil 1.8.	Kutin monomerleri	17
Şekil 1.9.	Kutin ve suberin kimyasal yapısı	17
Şekil 1.10.	Yulaf β -glukan yapısı	19
Şekil 1.11.	İki farklı inülin yapısı	21
Şekil 1.12.	Oligofruktan yapısı.....	21
Şekil 1.13.	AOAC 985.29 Proskey toplam diyet lifi belirleme metodu	24
Şekil 1.14.	Diyet lifi ekstraksiyonu ön uygulamaları	28
Şekil 1.15.	Diyet lifi ekstraksiyon yöntemleri.....	29
Şekil 1.16.	Elma posasının karakterizasyonu ve endüstriyel kullanımı	30
Şekil 1.17.	Ultrasonik banyo	33
Şekil 1.18.	Ultrasonik prob.....	33
Şekil 1.19.	Radyoaktif ısıtma ve konvektif ısıtma mekanizması.....	35
Şekil 1.20.	Tepsili kurutucu.....	36
Şekil 1.21.	Mikrodalga kurutucu	38
Şekil 1.22.	Set tip yoğurt üretim akış şeması.....	48
Şekil 2.1.	Elma posası.....	49
Şekil 2.2.	Tez çalışma planı.....	50
Şekil 2.3.	Elma diyet lifi üretim görsel şeması	51
Şekil 2.4.	Elma diyet lifi üretim görsel şeması devamı	52
Şekil 2.5.	Enzimatik olmayan elma diyet lifi üretimi akışı	52
Şekil 2.6.	Enzimatik elma diyet lifi üretimi akışı	53
Şekil 3.1.	Protein (%) SNR sonucu için sonuç grafiği.....	69
Şekil 3.2.	Protein (%) ortalamalar için sonuç grafiği	69
Şekil 3.3.	Kül (%) SNR oranı için sonuç grafiği.....	73
Şekil 3.4.	Kül (%) ortalamalar için sonuç grafiği	73
Şekil 3.5.	L^* renk SNR için sonuç grafiği	77
Şekil 3.6.	L^* renk ortalamalar için sonuç grafiği.....	77

Şekil 3.7.	a^* renk değeri SNR için sonuç grafiği	81
Şekil 3.8.	a^* renk ortalamalar için sonuç grafiği.....	81
Şekil 3.9.	b^* Renk SNR için sonuç grafiği.....	85
Şekil 3.10.	b^* renk ortalamalar için sonuç grafiği.....	85
Şekil 3.13.	Tepsili kurutma (petri) sıcaklığa bağlı nem (%)-süre değerleri.....	89
Şekil 3.14.	Mikrodalga fırın ve tepsili kurutucu kurutma süreleri.....	89
Şekil 3.15.	Kurutma optimizasyonu su tutma kapasitesi grafiği	90
Şekil 3.16.	Kurutma optimizasyonu yağ tutma kapasitesi grafiği	91
Şekil 3.17.	Kurutma optimizasyonu L^* renk değeri grafiği	93
Şekil 3.18.	Kurutma optimizasyonu a^* renk değeri grafiği.....	94
Şekil 3.19.	Kurutma optimizasyonu b^* renk değeri grafiği.....	95
Şekil 3.20.	Mikronizasyon optimizasyonu su tutma kapasitesi sonuçları grafiği.....	97
Şekil 3.21.	Mikronizasyon optimizasyonu yağ tutma kapasitesi sonuçları grafiği.....	99
Şekil 3.22.	Glukoz absorblama kapasitesi analizi grafiği.....	102
Şekil 3.23.	Farklı diyet liflerinin su tutma kapasitesi analizi grafiği.....	104
Şekil 3.24.	Farklı diyet liflerinin yağ tutma kapasitesi analizi grafiği.....	104
Şekil 3.25.	Diyet lifi katkılı yoğurtların τ_{50} değeri grafiği	105
Şekil 3.26.	Diyet lifi katkılı yoğurtların η_{50} değeri grafiği.....	105
Şekil 3.27.	Diyet lifi katkılı yoğurtların K değeri grafiği	106
Şekil 3.28.	Diyet lifi katkılı yoğurtların G' değeri grafiği	107
Şekil 3.29.	Diyet lifi katkılı yoğurtların G" değeri grafiği	107
Şekil 3.30.	Diyet lifi katkılı yoğurtların $\tan(\delta)$ değeri grafiği.....	107
Şekil 3.31.	Diyet lifi katkılı yoğurtların L^* renk değeri grafiği.....	108
Şekil 3.32.	Diyet lifi katkılı yoğurtların a^* renk değeri grafiği.....	109
Şekil 3.33.	Diyet lifi katkılı yoğurtların b^* renk değeri grafiği.....	109
Şekil 3.34.	Diyet lifi katkılı yoğurtların kül miktarı grafiği	111

GİRİŞ

Gıda diyet lifleri genellikle bitki kaynaklı materyallerden üretilen sağlığa faydaları ve teknolojik özellikleri nedeniyle gıda ürünlerinin kalite, tekstür, görünüş özelliklerini olumlu etkileyen ve bu sebeplerle geniş kullanım alanı bulan gıda katkı maddeleridir. Fonksiyonel gıda pazar payının genişlemiş olması ve dünya genelinde çeşitli hastalıklara (kanser, diyabet, kolesterol, kalp-damar hastalıkları, obezite, mide-bağırsak rahatsızlıkları) yakalanma oranlarının artmasıyla birlikte diyet gıda liflerinin hastalıklara karşı olumlu etki göstermesi sebebiyle son yıllarda önemi giderek artmıştır. Özellikle kolon kanseri riski gıda liflerinin kullanımı ile asgariye indirilebilmektedir. Bilhassa gıda liflerinin kullanımı ile vücudumuzda kolon boşaltım süresi kısaltmakta ve kolon kanseri riski endirekt olarak minimize edilmektedir. Gıda liflerinin kendilerine özgü fiziko kimyasal özellikleri sebebiyle, safra tuzlarını kendisine bağlayarak kan kolesterol düzeyini düşürmektedir. Dolayısıyla antikolesterol, antikanserojenik ve antiglisemik özelliklerinden fonksiyonel özelliklere sahip bileşenlerdir. Gıda teknolojisinde değişik gıdaların içerisinde gıda lifleri kullanılarak gıdaya fonksiyonel özellik kazandırılmaktadır. Bu amaçla ülkemizde birçok firma bunun için yurt dışından gıda lifi ithal etmekte ve ürünlerinde kullanmaktadır. Diyet gıda liflerinin başta tahıl sanayi, et endüstrisi ve diğer gıda alanlarında katkı maddesi olarak kullanımı giderek artmaktadır. Gıda liflerinin su tutma ve yağ bağlama, köpük stabilitesi sağlama, emülsiyon oluşturma gibi özellikleri vardır. Gıda liflerinin sahip olduğu teknolojik özellikleri farklı parçalama tekniklerine, partikül boyutuna ve farklı kurutma tekniklerine ve hücre yapı bileşenlerine bağlı olarak değişmektedir. Değişen yaşam şartları ile tüketici alışkanlıklarının hazır gıda tüketimine yönelmesi ve daha sağlıklı gıdaların tüketilmesi sonucu olarak lifçe fakir bir beslenme şekli hâkim olmuştur. Hem sağlığa faydaları hem de ürün yapısının da oluşturduğu pozitif etki ile diyet lifler et, süt ve fırıncılık sektörü başta olmak üzere geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Tüketicilerin diyet lifi konusunda bilinçlendirilmesi ve diyet liflerin obezite, kanser, şeker ve kalp-damar hastalıkları gibi rahatsızlıklar üzerine olumlu etkilerinin bilinmesi diyet lif katkılı ürünlere olan talebin artmasını sağlamıştır. Diyet lif katkılı gıdalar ABD ve Avrupa başta olmak üzere birçok

Ülkede ve Türkiye’de de tercih edilen ürünler haline gelmiştir. Bu amaçla dünya da değişik bitkisel kaynaklı lifler ekstrakte edilerek günlük tüketilen belirli gıdalara ilave edilmektedir. Türkiye’de ise henüz bu konu üzerinde durulmamış ve diyet lif üretimi ile ilgili ayrıntılı çalışmalar yeterli düzeyde yapılmamıştır. Türkiye’nin önemli bir tarım potansiyeline sahip olması nedeniyle diyet lif kaynakları bakımından da zengin bir ülkedir.

Bu çalışmada gıda sanayisi endüstriyel artığı olan elma posasından diyet lifi üretimi amaçlanmış ve üretim, kurutma ve öğütme yöntemleri optimize edilmiştir. Elde edilen elma lifi farklı partikül boyutlarında küçültülerek lifin teknolojik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. retimi gerçekleşen diyet lifin karakterizasyonu için gerekli analizler yapılarak teknolojik özellikleri belirlenmiştir. Standart halde elde edilen gıda lifleri model olarak seçilen yoğurda belirli oranlarda ilave edilerek ürün yapısında meydana gelen değişiklikler model de incelenmiştir. Bu şekilde yoğurt örneğinde farklı konsantrasyon ile ürün reolojisinde meydana gelen değişimler durağan ve dinamik olarak incelenmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. PROBLEM DURUMU

Meyve suyu üretimi yapılan fabrikalarda proses artığı olarak büyük miktarlarda yan ürün, posa açığa çıkmaktadır. Bu gıda artıklarının büyük bir kısmı hayvansal yem ve gübre olarak kullanılmakta ve çevre kirliliğine de sebep olmaktadır. Artık yönetimi gıda endüstrisinin temel uğraşlarından biridir. Yan ürün olarak meydana gelen gıda atıklarının kullanımı ve imhası, yüksek nem değerine sahip olmaları ve oto oksidasyonla beraber enzimatik bozulmaya elverişli olması nedeniyle karmaşıktır. Mikrobiyal bozulmaya eğilimli büyük miktarda ürün, imha edilmediği takdirde çevresel sorunlara ve gıda üreticileri için ek atık arıtma maliyetine sebep olmaktadır [1, 2].

Gıda artıklarının büyük bir kısmı ise katma değeri düşük yani ekonomik değeri az olan hayvan yemi olarak işlenmektedir [3]. Gıda üretimi sırasında meydana gelen atıkların etkili biçimde değerlendirilmesi, sadece çevre kirliliğinin önüne geçmek değil aynı zamanda katma değeri yüksek olan ürünlere işlenerek katma değer kazandırılmasını gerektirmektedir. İlerleyen zamanlarda nüfus artışına paralel olarak gıda işleme tesislerinin artacağı kabulünde bulunursak bununla beraber gıda artık ürünlerinin ve çevresel kirlilik probleminin artacağı ön görülebilir. Bu sebeple atıkların toplanarak yeni ürünler üretilmesi; insan sağlığına, çevre kirliliğine ve bununla birlikte ülke ekonomisine katkı sağlaması bakımından önem teşkil etmektedir [4].

Dünya genelinde elma posası üretimine bakılacak olduğunda Amerika, Kanada, Almanya, Brezilya, İspanya, Japonya ve İran gibi ülkeler de fazla miktarda atık üretilir. Genel global elma posası üretimi 2010 yılında 3.600.000 tondur [5]. Dolayısıyla önemli ölçüde katma değeri yüksek ürünler elde edilebilmesi bakımından önemli bir hammadde potansiyeli teşkil etmektedir.

1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI

Endüstriyel işlemlerden elde edilen meyve yan ürünleri, gıda ürünlerine dahil edilebilecek potansiyel diyet lifi kaynaklarıdır. Meyvelerin ve sebzelerin işlenmesi sonucu meydana gelen atıklar beslenme açısından önemli bir yer teşkil etmektedir. İçerdikleri diyet lifleri, antioksidanlar, yağ asitleri, pektin ve vitaminler değerlendirilmeden kayıp edilmektedirler [4].

Meyve artıkları daha yüksek toplam ve çözünür diyet lifi içeriği, su ve yağ tutma kapasitesi, kolonik fermantasyon özelliklerinin yanı sıra düşük fitik asit içeriği ve düşük kalori değerlerine sahip olması bakımından daha yüksek kalitededir. Buna ilaveten, polifenoller gibi yüksek biyoaktif bileşenlere sahip olmaları sebebiyle de değerlidirler [6]. Düşük maliyetli ve değerli bileşenlere sahip olan posaların lif kaynağı olarak insan beslenmesinde kullanılması için insan fizyolojisi ve metabolizması üzerine birçok araştırma yapılmaktadır [7].

Elma posası sahip olduğu değerli bileşenlerle birlikte önemli bir sanayi yan ürünü olarak birçok çalışmaya ilham olmuştur. Bu çalışmada ise içerdiği zengin diyet lifi göz önüne alınarak elma posasından diyet lifi üretimi ve üretim yöntemi optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Üretilen diyet liflerinin partikül boyutu küçültülerek lifin teknolojik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

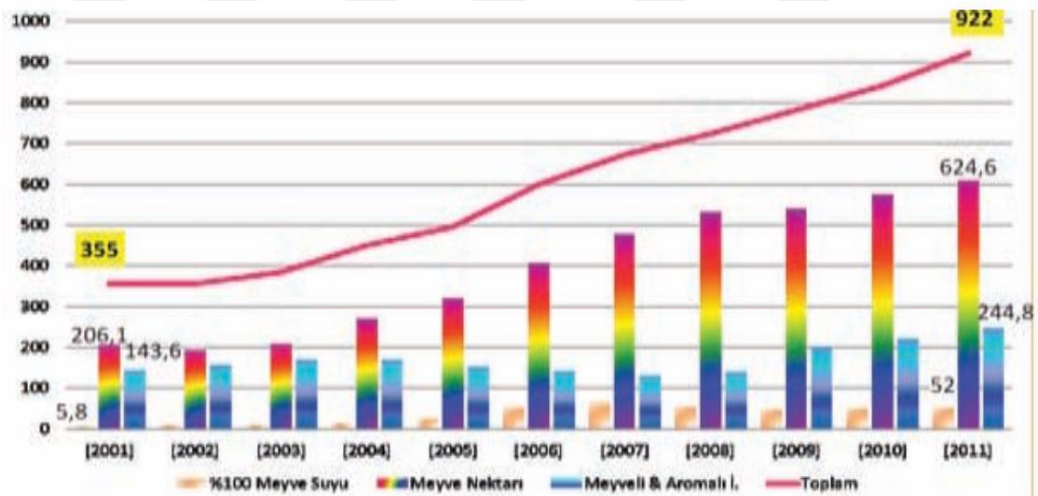
1.3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ

Türkiye sahip olduğu coğrafi ve iklim özellikleri nedeniyle tarıma ve meyve sebze yetiştiriciliğine uygun bir konumda bulunmaktadır. 2012 verilerine göre Türkiye üretmiş olduğu 18 milyon ton meyve üretimiyle dünya meyve üretiminde 6. sırada yer almıştır. 2017 meyve üretim rakamlarına bakıldığında 20,8 milyon ton toplam meyve üretimiyle önemli bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 1.1). Elma üretimimizin, yaklaşık 3 milyon ton ile Çin Halk Cumhuriyeti ve Amerika Birleşik Devletleri' nin ardından üçüncü sırada olduğu bildirilmiştir. Dünya elma üretiminin yaklaşık %3,2 sini karşılamaktadır [8].

Tablo 1.1. Yıllara göre Türkiye’de elma üretimi (TÜİK)

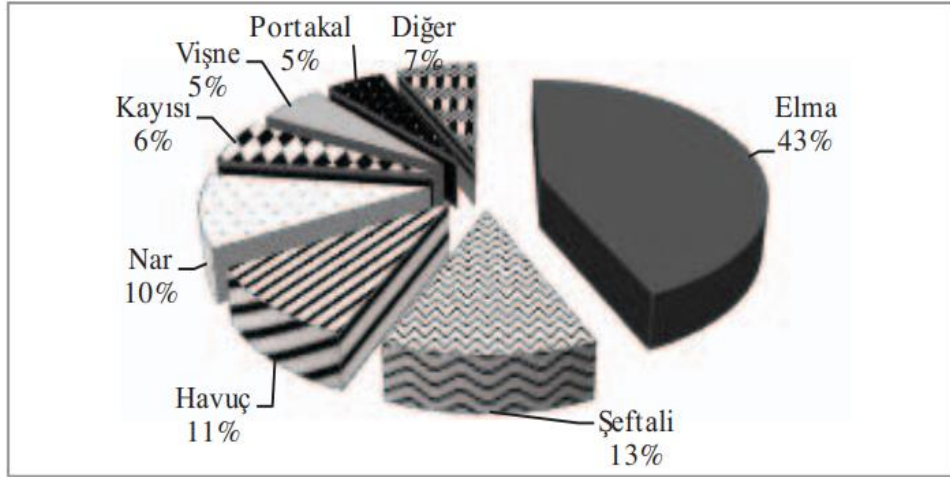
Üretim Yılı	Elma Üretim Miktarı (Ton)	Üretim Yılı	Elma Üretim Miktarı (Ton)
2006	2.002.033	2012	2.888.985
2007	2.457.845	2013	3.128.450
2008	2.504.494	2014	2.480.444
2009	2.782.365	2015	2.569.759
2010	2.600.000	2016	2.925.828
2011	2.680.075	2017	3.032.164

Buna bağlı olarak elma suyu üretimi de yıllara göre artış göstermiştir. Tarıma bağlı sanayi göz önüne alındığında ülkemiz için meyve suyu sanayisi büyük bir önem taşımaktadır. Meyve suyu üretimi ve meyve suyu konsantresi üretim sanayisinin potansiyeli oldukça büyüktür (Şekil 1.1)[8].



Şekil 1.1. Türkiye de meyve suyu sektörünün 10 yıllık gelişimi [8]

Türkiye de meyve suyu üretiminde en fazla işlenen meyveler; elma, şeftali ve kayısıdır. En büyük payı elma suyu üretimi olarak toplam meyve suyu üretiminin %43 ünü karşılamaktadır (Şekil 1.2) [8].



Şekil 1.2. Meyve suyuna işlenen yüzdesel meyve miktarları [8]

Elmayı sırasıyla şeftali, havuç, nar, kayısı, vişne, portakal ve diğer meyveler izlemektedir (Şekil 1.2). Yıllara göre toplam meyve miktarının ve buna bağlı olarak meyve suyu üretiminin artması, meyve suyu üretim artışı olan posaların artışını da beraberinde getirmektedir [8]. Dünya çapında büyük miktarda elma posası ortaya çıkmakta ve birikimi ciddi bir çevre sorunu teşkil etmektedir. Bu sebeple elma posalarının endüstriyel olarak değerlendirilmesi önemlidir [9].

Dünya ve ülkemiz genelinde büyük miktarlarda ortaya çıkan elma posasının diyet lifi olarak değerlendirilmesi ekonomi açısından büyük önem taşımaktadır. Gübre, hayvan yemi olarak katma değeri düşük ürünlerle değerlendirilen elma posasının diyet lifi olarak değerlendirilmesi hem daha fazla katma değer üretilmesi hem de gelişmekte olan fonksiyonel gıda pazarına önemli bir katkı maddesi olma potansiyeli açısından bu çalışma önemlidir. Bununla birlikte elma posasından kaynaklı çevresel bir problemin önüne geçilecekti. Yapılan çalışma, literatüre katkı sağlayarak birçok çalışmaya da ışık tutacaktır. Sanayi ölçekli üretimi için önemli bir ön görüşü içeren bu çalışma neticesinde ithal olarak yerli gıda pazarında yer alan diyet liflerinin yerine yerli diyet lifi üretimi için önemli bir kaynak olacaktır.

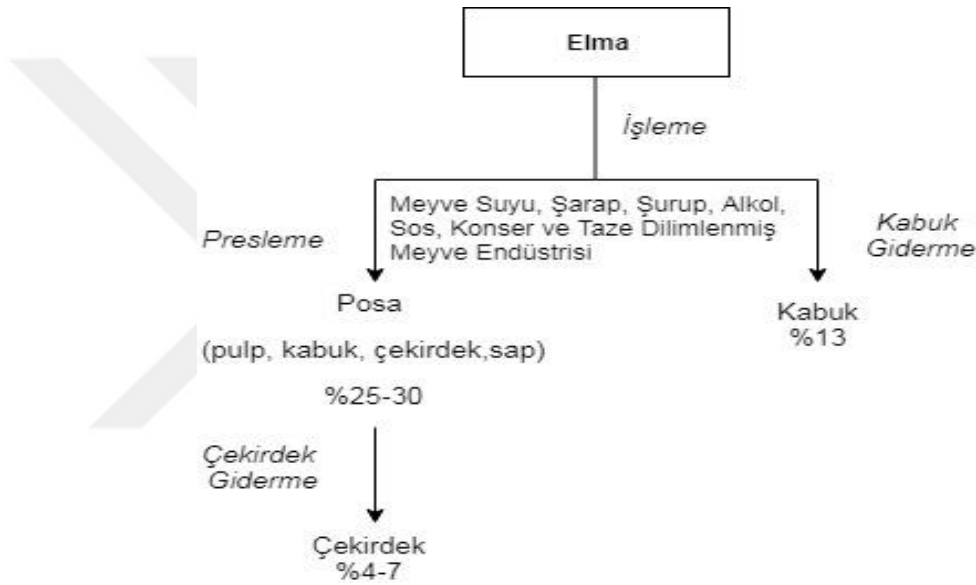
1.4. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.4.1. Elma Posası

Elmanın şarap, sirke, elma suyu ve konsantresine işledikten sonra artık olarak çıkan elma posası çevre kirliliğine sebep olmakla birlikte, elma posası meyvenin bir parçası olduğu için yenilebilir ürünlere dönüşme potansiyeline sahiptir (Şekil 1.3).

Karbonhidrat, pektin, ham lif ve minerallere sahip olmasından dolayı zengin bir kaynaktır. Üretilen büyük miktarda elma posasının tek bir ürüne işlenmesinin ekonomik olarak mümkün olmayacağı için alternatif ürünlerin üretilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır [10].

Elma posasının sahip olduğu değerli bileşenlere ilaveten elma çekirdek bileşenlerinin de incelenmesiyle elma yan ürünlerinden daha fazla katma değer elde edilebilecektir. Yeni teknolojilerin uygulanmasıyla gıda atıklarının optimum şekilde değerlendirmesi değerli diğer bileşenlerinde kullanımını mevcut kılacaktır [5, 11].



Şekil 1.3. Endüstriyel elma suyu prosesi ve yan ürünleri şematik gösterimi [11]

Esas olarak selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi çözünmeyen karbonhidratlardan oluşan elma posası, düşük protein ve vitamin içeriğine sahip olması nedeniyle enerji değeri bakımından sınırlıdır. Elma posası, dünya çapında pektin üretimi için önemli bir hammadde olan pektik maddelerin doğal kaynağıdır [12].

Elma posasının önemli bir kullanım alanı da enzimlerin üretilmesidir. Elma posasında doğal olarak bulunan poligalakturonazlar veya hidrolitik depolimerazlar, pektik maddelerin bozunmasında rol oynayan enzimlerdir. Pektinaz ve pektin metil esteraz enzimlerinin fermentatif ortamda üretimi gerçekleştirilerek endüstriyel olarak kullanımı sağlanmıştır. Gıda ve tekstil işleme, bitki sert liflerinin gamlarını giderme ve pektik atık sularının arıtılması gibi geniş bir uygulama alanına sahiptirler [1, 13].

1.4.2. Elma Posasının Bileşimi

Elma posası sahip olduğu değerleri bileşenler ile önemli bir kaynaktır. Hücre duvar materyali olan çözünür ve çözünmez diyet lifi açısından zengindir. Elma posası elma türüne göre değişmekle beraber %35-80 diyet lifi içeriğiyle önemli bir diyet lifi kaynağıdır. Tablo 1.2’ de görüldüğü gibi yapısında %36,5-55 aralığında çözünmez diyet lifleri %14,6-18 aralığında çözünür diyet lifi ihtiva eder. Elma posasının kuru maddesi göz önüne alındığında, diyet liflerinin ana bileşenleri, pektinler (%5,50-11,70), selüloz (%7,20-43,60), hemiselülozlar (%4,26-24,40), ligninler (%15,30-23,50) ve gumlar olarak göze çarpmaktadır [14, 15].

Elma posası %3-7 arasında protein, %14,40-17,10 nişasta, %1-4 yağ ve %0,5-6 arası kül içeriğine sahip olarak değerli miktarda minerali de içerisinde bulundurmaktadır (Tablo 1.2). Hemiselüloz gibi biyopolimerlerin bileşeni olan arabinoz ve ramnozu yüksek miktarda içeren, buna ilaveten karbonhidratların yanı sıra protein kaynağı olarak görülmektedir. Yapısında çoğunlukla aspartik asit ve glutamik asit içerir [15].

Toplam antioksidan (fenolik madde) içeriği ile de aynı zamanda biyoaktif bileşenleri de barındırmaktadır. Meyve suyu endüstrisinden elde edilen posaların, posaların içerisinde bulunan major fenolik madde bileşenleri Tablo 1.3’ de gösterilmektedir [5, 16, 17].

Tablo 1.2. Elma posasının genel yüzdesel bileşimi [15, 18]

Bileşen	Miktar (KM)	Bileşen	Miktar (KM)
Nem (%)	3,90–10,80	Karbonhidratların alkolde çözülebilir fraksiyonu	
Protein (%)	2,94–5,67	Sakaro (%)	3,80–5,80
Toplam Karbonhidrat (%)	48,0–62,0	Fruktoz (%)	19,50-19,7
Lif (%)	4,70–51,10	Glukoz (%)	48,30
Suda çözünebilir lif (%)	36,50	Ksiloz, mannoz, galaktoz (%)	1,20–4,40
Suda çözünemez lif (%)	14,60	L-malik asit (%)	2,60–3,20
Yağ (Eterle ekstrakt) (%)	1,20–3,90	Arabinoz ve ramnoz (%)	7,90–6,0

Tablo 1.2. Elma posasının genel yüzdesel bileşimi devamı

Pektin (%)	3,50–14,32	Glikooligosakkaritler (%)	3,40–3,80
Kül (%)	0,50–6,10	Ksilooligosakkaritler (%)	3,0–3,70
Mineraller		Arabinoooligosakkaritler (%)	0,20-0,40
Fosfor (%)	0,07–0,076	Üronik asit (%)	2,70-3,40
Potasyum (%)	0,43–0,95	Karbonhidratların alkolde çözünmeyen fraksiyonu	
Kalsiyum (%)	0,06–0,10	Glukan (%)	41,9-42,9
Sodyum (%)	0,20	Nişasta (%)	14,40-17,1
Magnezyum (%)	0,02–0,36	Selüloz (%)	7,20-43,60
Bakır (mg/kg)	1,10	Ksiloz polisakkaritleri, mannoz ve galaktoz (%)	13,0-13,9
Çinko (mg/kg)	15,00	Arabinoz ve ramnoz polisakkarit (%)	8,10–9,0
Manganez (mg/kg)	3,96–9,00	Asit deterjan lignin (%)	15,20-20,4
Demir (mg/kg)	31,80–38,30	Üronik asit (%)	15,3

Tablo 1.3. Elma posasının major fenolik madde bileşenleri [15]

Bileşen	Miktar (g / kg KM)
Epikateşin	0,64
Kafeik asit	0,28
3-Hidroksifloridzin	0,27
Floretin-2'-xyloglukozid	0,17
Floridzin	1,42
Kuersetin-3-galakyozid	1,61
Kuersetin-3-glukozid	0,87
Kuersetin-3-xylozid	0,53
Kuersetin-3-arabinozid	0,98
Kuersetin-3-ramnozid	0,47
Toplam	7,24

1.4.3. Diyet Lifi

Diyet lifleri üzerine yapılan çalışmalar 20. yüzyıl ortalarından beri yapılmakta olup uzun bir zaman dilimini kapsamaktadır. Diyet lifi ilk kez Hipsley tarafından 1953' te ortaya atılan bir tanım olarak hemiselüloz, selüloz ve lignini kapsamıştır [19].

Trowell ise 1972 de diyet lifini 'İnsan sindirim enzimleriyle hidrolize edilemeyen bitki hücre duvarı kalıntısı' olarak tanımlamış ve en geçerli tanım olmuştur. Fakat lifler üzerine yapılan alternatif tanımlar ile birlikte bu tanım genişletilmiştir. Selvendran ve Robertson (1994)' un tanımlaması diyet liflerinin nişasta içerikli olmayan polisakkarit ve lignin içerikli sindirilemeyen bitki hücre duvarı bileşeni olduğunu söylerken, Cummings ve Englyst (1991) ise nişasta olmayan polisakkarit tanımlamasını yapmıştır. Amerikan tahıl ve kimyacılar kuruluşu (AACC) diyet liflerini insan metabolizmasında ince bağırsaklarda emilim ve sindirime dayanıklı [20–22], kalın bağırsaklarda ise kısmen veya tamamen sindirilebilen bitkilerin yenilebilir karbonhidrat yapılı bileşeni olarak tanımlamıştır [23, 24].

Diyet lifi denilince birçok farklı terim akla gelmektedir. Beslenme açısından değeri bulunmayan lif, sindirilemeyen karbonhidrat yapılar, kısmi sindirilebilen bitkisel polimerler, bitki hücre duvarı kalıntısı, plantiks ve komplantiks gibi terimler yer almıştır. Bu kadar farklı açıklamaların doğrultusunda diyet liflerinin basit yapıda olmayarak içerisinde bulundurduğu selüloz, hemiselüloz ve birçok bileşenin bir araya gelmesiyle oluşan karmaşık bir yapı olduğu anlaşılmıştır. Üzerinde yapılan çalışmalar halen devam etmektedir [25, 26].

Diyet lifi ham (crude) lif olarak bilinen selüloz, hemiselüloz ve lignin, ayrıca pektik maddeler, gamlar ve musilajları gibi polimerleri içermektedir (Tablo 1.5). Hücre duvarı içerisinde bulunan suberin, lignin, gam, kutin gibi bileşiklerin yanı sıra selüloz, hemiselüloz, inülin, pektin, oligopolisakkaritler ve oligofruktanlar diyet lifi olarak bilinmektedir. Hücre duvarı materyali olmayan guar gam, ksantan gam, karragenan, gam arabik, alginat, agar gibi maddelerde diyet lifi olarak adlandırılmaktadır [27].

Liflerin insan beslenmesinde önemli bir yer aldığı ve gıdaların ayrılmaz bir bölümü olduğu bilinmektedir. Liflerin temel kaynakları meyve, sebze, tahıl, baklagil, otsu ve odunsu bitkilerdir (Tablo 1.4). Diyet lifleri suda çözünür ve suda çözünmez olarak iki şekilde incelenir. Ham lif olarak bilinen yapılar suda çözünmez grupta yer alırken, diğer

diyet lifi grupları ise suda çözünmektedir [27–29]. Bunlara nişasta özelliği göstermeyen yani vücutta sindirilemeyen dirençli nişasta da diyet lifi grubunda yer almış ve yapı olarak suda çözünmemektedir [30].

Tablo 1.4. Başlıca diyet lifi bileşikleri [27]

Lif Bileşikleri	Tanımlaması
Selüloz	Selüloz, meyve ve sebzelerde tahıllara göre daha fazla bulunan bitki hücre duvarı polimeridir.
Pektin	Pektinler, meyve ve sebzelerde yüksek, tahıllarda ise düşük miktarda bulunan metil gruplarıyla esterleşmiş galakturonik asit zincirinden oluşan polimerlerdir.
Hemiselüloz	Selülozik yapıda bulunarak daha düşük yoğunluklu bir bitki hücre duvarı polimeridir.
Lignin, Suberin ve Kutin	Bitkilerde düşük oranda ve bazı hücrelerde bulunan kompleks yapıdaki polimerlerdir
Oligofruktanlar ve inulin	Kalın bağırsakta sadece bifidobakteriler tarafından fermente edilebilen polimerlerdir.
Dirençli Nişasta	Nişasta ile aynı yapıda olan ancak vücutta sindirilemeyen nişasta olarak tanımlanmaktadır.
Gum maddeleri	Bu yapılar genelde bitki özleri ve özütleri olarak tanımlanır.

Çözünür diyet lifleri suyu bağlayarak jel yapı oluşturmaktadır. Çeşitli gıda formülasyonlarında kıvam arttırıcı olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda bağırsak mikroflorası tarafından fermentasyona uğrayarak kısa zincirli yağ asitleriyle birlikte gaz oluşturur ve bağırsak pH' sını etkileyerek bağırsakta bulunan bakteri kütlelerini arttırır. Çözünmez diyet lifleri materyal çeşidine göre ağırlığının 20-30 katı kadar suyu absorblamakla beraber jel yapı oluşturmaktadır. Bununla birlikte bağırsaktaki geçiş süresi kısaltması ve dışkı hacminin artmasını sağlayarak kabızlığın önüne geçer [22, 26, 31]. Liflerin yağları ve glukozu bağlama özelliklerinden dolayı kandaki kolesterol seviyesinin düşmesinde, kandaki glukoz miktarının azaltılmasında da önemli rolü vardır. Meyve, sebze ve sert kabuklu yemişlerde çözünür diyet lifi miktarı, tahıllarda ise çözünmez diyet lifi miktarı fazladır [29].

Tablo 1.5. Diyet liflerinin çeşitleri ve kaynakları [29]

Çözünür Diyet Lifleri	Kaynak
Pektin	Baklagiller, tam tahıllar, kök sebzeler, elma, turunçgiller
Gam Musilaj	Baklagiller, yulaf ezmesi, kuru fasulye, Gıda katkıları
Çözünmeyen Diyet Lifleri	
Selüloz	Kök sebzeler, tam tahıllar, fasulye, kepek, bezelye, elma
Hemiselüloz Lignin	Kepek, tam tahıllar Sebzeler, un

Diyet liflerinin monomerleri olan glukoz ünitelerine parçalayan enzimler insanlar tarafından üretilmemekte olup bu polimerler kısmi olarak sindirilebilmekte ve emilmektedir. Bağırsaklarda oluşan fermentasyonla birlikte küçük bir miktar enerji vermektedir. Lif çeşitleri çözünür olması ve çözünür olmamasına göre çeşitlenmektedir [29].

Son yıllarda dünya genelinde sık görülen hastalıkların yaygınlaşmasıyla birlikte diyet lifi kullanımının önemi anlaşılmıştır. Günümüzde diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, divertiküloz, şişmanlık, hemoroid, kabızlık gibi hastalıkların önlenmesine karşı diyet lifi kullanımının koruyucu etki gösterdiği kanıtlanmıştır. Bu sebeple gelişmiş toplumlarda diyet lifçe zengin ve lifçe zenginleştirilmiş fonksiyonel gıdalara olan yönelim artmıştır [29, 32, 33]. Tablo 1.6' da İngiltere' de ki diyet lifi tüketiminin kaynak, yaşa ve cinsiyet bağlı olan araştırması verilmiştir. Bu miktarlar ülkelere göre farklılık göstermekle beraber, Amerika' da 20-35g, Japonya' da 20-35g, Fransa' da 30-40g, Avusturalya ve Yeni Zellanda' da 25-30g olarak bildirilmiştir [32].

Tablo 1.6. İngiltere' de diyet lif günlük tüketim miktarı ve kaynakları [27]

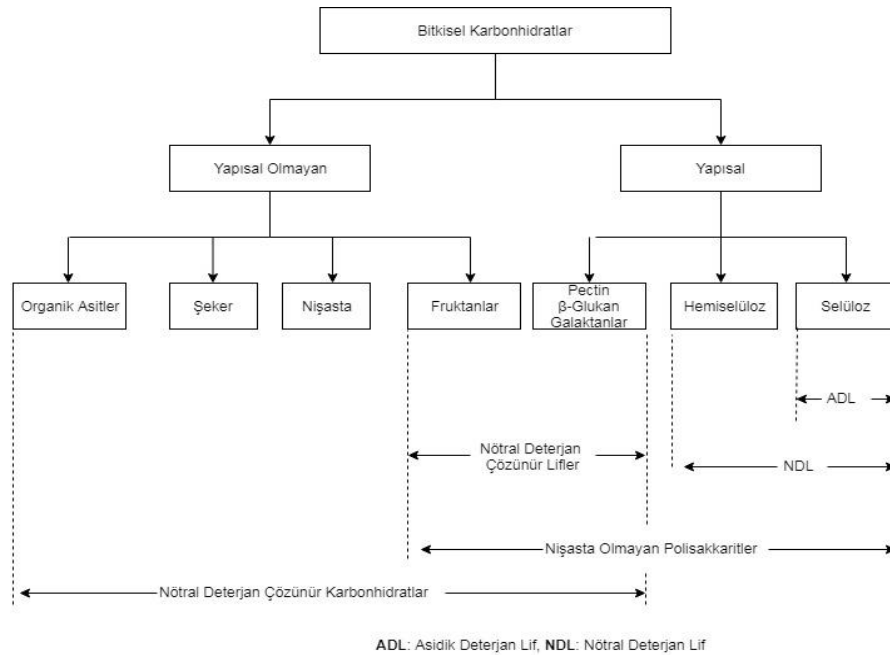
Diyet lif kaynakları ve tüketim yüzdesi (%)	Çocuk 4-18 yaş		Yetişkin 19-64 yaş		Yaşlı 65+	
	Erkek	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek	Kadın
Tahıllar	40	37	43	40	48	46
Sebzeler	17	18	20	21	20	21
Patates	17	17	13	13	13	11
Ara öğünler	6	7	7	3	1	2
Meyveler ve çerezler	7	9	9	9	10	12
Ortalama günlük tüketim	11,2g	9,7g	15,2g	12,6g	13,5g	11g

İdeal diyet lifi' aşağıdaki gereksinimleri karşılamalıdır [34];

- Beslenme açısından sakıncalı bileşenler içermemeli
- Mümkün olduğunca konsantre olup, böylece minimum miktarlar maksimum fizyolojik etki göstermeli
- Tadı, rengi, dokusu ve kokusuyla nötr özelliklere sahip olmalı,
- Dengeli bir bileşime (çözünmez ve çözünebilir fraksiyonlara) ve yeterli miktarda ilişkili biyoaktif bileşiğe sahip olmalı.
- Uzun bir raf ömrüne sahip olmalı,
- Gıda işlemeye uyumlu olmalı,
- Fizyolojik etki göstermeli,
- Fiyatı makul olmalıdır.

1.4.3.1. Diyet Lifi Bileşenleri

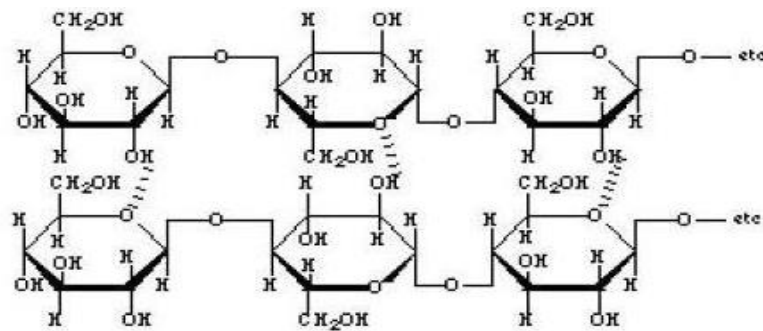
Lif bileşenleri sebze ve meyvelerin çekirdek, kabuk, sap ve zar olarak sert ve sindirilemeyen kısımlarını ifade eder. Bitkisel kaynaklı karbonhidratlar kendi içerisinde 2 sınıfa ayrılmaktadır (Şekil 1.5) [29].



Şekil 1.4. Bitkisel karbonhidratların sınıflandırılması [31]

1.4.3.1.1. Selüloz

Selüloz genellikle, parankima hücre çeperinin kuru ağırlığının yaklaşık %20-30'unu oluşturur. Çözünmeyen diyet liflerinin ana bileşeni olan selüloz, soğuk ve sıcak suda, seyreltik asitte ve seyreltik alkalide çözünmez. Doğadaki en çok bulunan karbohidrat yapı polimeridir ve çoğu bitki materyalinin hücre çeperini oluşturur, tipik olarak bitkinin kütlesinin yarısı selülozdan meydana gelmektedir. 1,4-pozisyonlarına bağlanan beta-D-glukoz moleküllerinin bu doğrusal polimeri, insan sisteminde sindirilemez çünkü insanlar, beta bağlarını hidrolize eden enzimlere sahip değildir (Şekil 1.6). Hidrojen bağları ve β -bağları ile birbirlerine bağlanmış polisakkarit zincirlerinden oluşan düzenli kristal yapı, selülozun suda çözünmemesini sağlar. Basit selüloz molekülleri, parankima hücre duvarlarında 1000–4000 (sakkarit) birim uzunluğundadır, ancak sekonder hücre duvarlarında 12.000 birim uzunluğunda olabilirler. Selüloz, çok sayıda molekülün birleşmesinden oluşan mikrofibriller halinde hücre duvarında bulunur. 35 selüloz molekülünün bağlanması 3,5 nm çaplı bir nanofibril oluşturur. Çözünmez lif olan selüloz alımının, meme kanseri riskini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir [35–37].

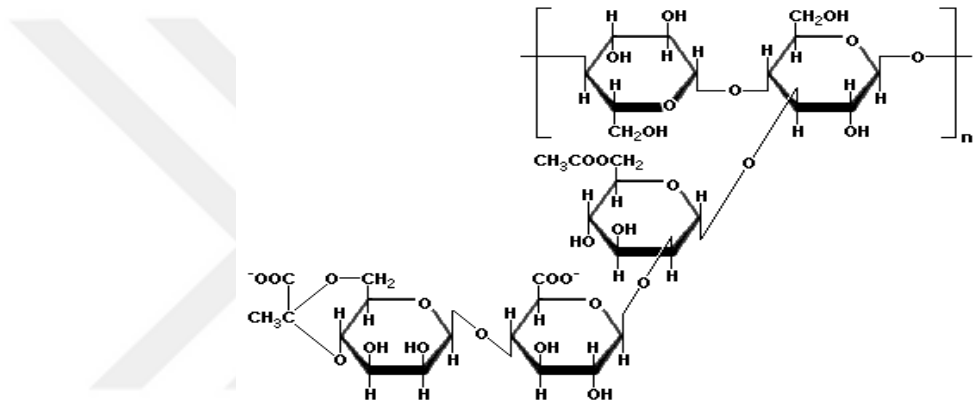


Şekil 1.5. Selülozun kimyasal yapısı [37]

1.4.3.1.2. Hemiselüloz

Hemiselüloz yapı olarak selüloza benzemesine karşın farklı özellikler gösterir. Selüloz ve hemiselüloz, soğuk ve sıcak suda ve seyreltik asitte çözünmediğinden dolayı hemiselülozun selülozla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Hemiselüloz, selülozdan seyreltik alkali içindeki çözünürlüğü ile ayrılır. Hemiselüloz adı, genellikle ikiden fazla şekerden oluşan dallanma eğilimi gösteren küçük (50-200 sakkarit birimleri) çeşitli heterosakkaridik polimerleri ifade eder. Baskın monomerler ksiloz, arabinoz, mannoz,

glukoz ve galaktozdur. Hemiselüloz sahip olduğu her bir yan zincirde genel olarak ksilosil monomerleri barındırırken, farklı olarak arabinosil, galaktosil veya fruktosil monomerleri de bulundurulur (Şekil 1.7). Xyloglukanlar, parankima hücre duvarlarının baskın hemiselülozik polisakkaritleri olup, duvar kuru ağırlığının %7-10'unu oluşturur. Xyloglukanlar selülozik (1 → 4) -β-d-glukan yapıya sahiptirler. β-d-(1 → 4) bağı içeren glukan yapı selüloza benzer şekilde ksilolanlar yapar ve sonuç olarak doğal hücre duvarında selüloza bağlanır. Tahıl taneleri içinde bulunan arabinoxylans; hemiselülozun mükemmel bir örneğidir. Hemiselülozun bir kısmı, IDF olarak, çözünebilir diyet lifi (SDF) olarak ölçülür [38–40].

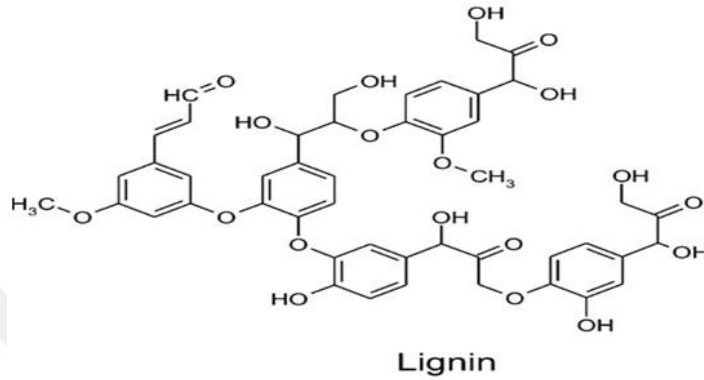


Şekil 1.6. Hemiselüloz kimyasal yapısı [31]

1.4.3.1.3. Lignin

Bitki hücre duvarında lignin oluşumu için yapı taşı olan Liganlar 2,3-diben-zilbutan yapısına sahip fenolik dimerlerdir (Şekil 1.8). Lignin, enzimatik dehidrojenasyon ve daha sonra fenilpropanoidlerin polimerizasyonundan oluşan yüksek moleküler ağırlıklı bir aromatik polimerdir. Aynı zamanda lignin, polifonksiyonel fenollerin, bitki büyümesi sırasında eter ve ester bağları ile polimerize edildiği zaman, hücre duvarlarının selülozuna girerek, kuvvetli, sert bir yapı ile eşsiz dokusal özellikler meydana getirir. Ana monomerik bileşikler, koniferil, sinapil ve p-kumararil alkoldür. Bu bileşiklerin nispi oranları, çift çenekli ve monokot bitkiler arasında değişmektedir. Yaklaşık 100 monomerin birleşmesiyle kimyasal ve biyokimyasal bozulmaya karşı sert ve dirençli olan ligninin polimerini oluşur. Lignin, çeşitli fenolik bileşikler sınıfını oluşturan karbonhidratsız, yüksek moleküler ağırlıklı bir bileşiktir. Diyet lifinin önemli bir bileşeni olan lignin, hidrofobik özelliğe sahip olduğu için suda çözünmez. İnce bağırsakta enzimatik hidrolize ve kalın bağırsakta bakteriyel parçalanmaya karşı

dirençlidir. Lignin konsantrasyonuna göre, bitki dokuları odunsu veya otsu hale gelir. Yüksek oranda lignin içeren bir doku, ağırlık bazında çelikten daha büyük bir mukavemete sahiptir. Ligninlerin termal bozunması aromatik aldehidleri (sinamik ve siringil aldehitler) üretir. Isıtma şiddeti bozunma ürünlerinin bileşimini etkiler. Vanilya olmayan vanilin aroması üretiminde kullanılır [20, 38, 41].

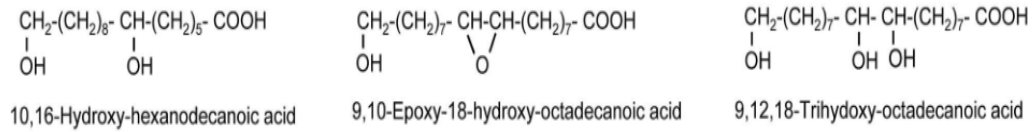


Şekil 1.7. Lignin kimyasal yapısı [38]

1.4.3.1.4. Suberin ve Kutin

Kutin ve suberin kimyasal yapı olarak birbirlerine benzemekte ve yağ asitlerinden meydana gelmektedirler. Kutin, C-16 ve C-18 hidroksi ve epoksi yağ asitlerinden oluşur (Şekil 1.9). Ester bağları ile polimerize edilen yüksek ölçüde hidrofobik uzun zincirli hidroksi alifatik yağ asitlerinden oluşan bu hidrofobik katman, sindirime karşı dirençlidir ve dışkı materyali içinde geri kazanılabilir. Yağ asitlerinin bir kısmı, üçlü işlevlere sahiptir ve polimer çapraz bağlama ve dallanma yaparlar [39].

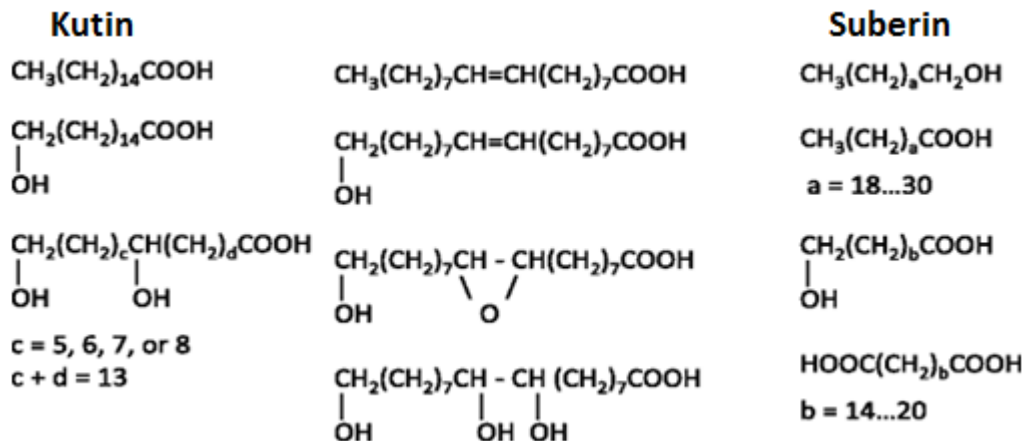
Ester bağları, hemiselülozlar gibi hücre duvarı polimerleri arasında da meydana gelir. Kutinin asit hidrolizinden sonra yaygın olarak bulunan monomerler C-16 yağ asitleri olan palmitik asit, 16-hidroksipektik asit ve 10,16-dihidroksipasmit asit ve izomerleri, C-18 yağ asitleri olan stearik asit, oleik asit, linoleik asit, 18-hidroksilenoleik asit ve 9,10,18-trihidroksistearik asittir (Şekil 1.9). Kütin içinde bulunan monomerleri tanımlamak nispeten kolay olsada, polimerdeki moleküller arası bağların belirlenmesi zordur. Bazı bağ tipleri, depolimerizasyondan önce serbest hidroksillerin açığa çıkması için belirlenen bazı yöntemlerin kullanımı ile tanımlanmıştır [42].



Şekil 1.8. Kutin monomerleri [28]

Suberin, polifonksiyonel fenoliklerin ve hidroksiasitlerin, dikarboksilik asitlerin ester bağları ve çapraz bağlanma ile dallanma yapmış kombin bir bileşendir. Kutin gibi, özellikle lignini oluşturan bileşenler (p-kumarik ve ferrulik asitler) aracılığıyla hücre duvarı karbonhidrat polimerlerine kimyasal olarak bağlantılıdır [43].

Fenolik bileşikler ayrıca kutikular zarda bulunur. Hem m- hem de p-kumarik asitler, esterleşme sırasında bitki kütiküllerinden salınır ve bazı dokulardanda az miktarda ferulik asit salınır. Serbest kalan fenolik asitlerin seviyesi, meyvelerin olgunlaşması sırasında kuru madde ağırlığını %2 ile %5 oranında artırır. Bitkilerin yeraltı kısımlarının epidermal bölgeleri suberin birikimi ile korunmaktadır. Suberin polimeri kuru ağırlığının %20 ile %60' ı arasında değişen fenolik içeriğiyle, kutinden daha yüksek bir fenolik aktiviteye sahiptir. Bu fenolikler, esas olarak hidroksi asitler olan alifatik bileşenler ile C-16' dan C-24' e kadar olan geniş aralıkta değişen ilgili dikarboksilik asitler ile birleştirilir (Şekil 1.10). Polimer, lignin benzeri bağlar ile hücre çeperine bağlanarak lignin gibi bir fenolik alana ve kutin gibi bir alifatik alana sahiptir [39, 42].



Şekil 1.9. Kutin ve suberin kimyasal yapısı [28]

1.4.3.1.5. Dirençli nişasta

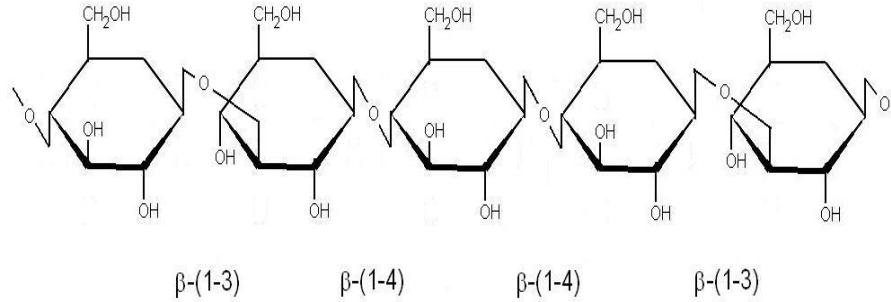
Dirençli nişasta yapı itibariyle nişastayla benzerlik göstermektedir fakat insan sindirim sisteminde ince bağırsakta sindirilemeden kalın bağırsağa geçer ve orada sindirilir. Teknik olarak lif olmamasına rağmen, diğer lifler gibi dirençli nişasta, ince bağırsakta sindirilmemesinden dolayı, lif olarak ölçülür ve özellikleri nedeniyle bir fonksiyonel lif olarak kabul edilir. Kalın bağırsakta fermente olduğu için orada bulunan mikrofloranın enerji ihtiyacını karşılar ve kolon sağlığının korunması için önemlidir. Gıdalarda ve gıda ürünlerinde dirençli nişastaları analiz etmek için bazı yöntemler vardır, fakat bunlar tek tip değildir [20, 30, 44].

1.4.3.1.6. Pektin

Pektin, hücre yapısına katkıda bulunduğu hemen hemen tüm bitkilerde bulunan yüksek moleküler ağırlıklı bir karbonhidrat polimeridir. Pektin terimi, moleküler ağırlığına, kimyasal konfigürasyonuna ve nötr şeker içeriğine göre değişen birkaç polimeri kapsar ve farklı bitki tipleri farklı fonksiyonel özelliklere sahip pektin üretir. Pektin, a-1,4 glikozidik bağlarla bağlanan bir galakturonik asit birimleri zincirinden oluşur. Galakturonik asit zinciri, metil esterler olarak kısmen esterlenir. Pektin molekülleri 1.000 üniteye kadar bir polimerizasyon derecesine karşılık gelen 200.000'den fazla moleküler ağırlığa sahip olabilir. Polimerin fonksiyonel grupları, serbest karboksilik asitler, metil esterler veya karboksilat anyonları olarak (sodyum, potasyum veya kalsiyum tuzları olarak) bulunur. Pektin suda çözünür ve en yüksek pH 3–4 de stabildir. Daha düşük pH' ta glikozidik bağlar hidrolize edilir. Alkali koşullarda glikozidik ve ester bağları ayrılır ve serbest asit elde edilir. Pektinlerin özelliklerini tanımlamada esterleşme derecesi önemlidir. Esterleşme derecesi (DE) >%50 ise, yüksek-metoksil (HM) pektin olarak adlandırılır. DE <%50 ile deesterifiye edilmiş pektin, hafif asit veya alkali ile üretilir ve düşük-metoksil (LM) pektin olarak adlandırılır. Gıda katkı maddesi olarak pektin molekülün en az %65 oranında galakturonik asit (%GA) içeriğine sahip olması gerekmektedir. Ticari pektin, kuru maddesinde %30 'a kadar pektin olan elma posasından veya turuncgillerden elde edilir [45, 46].

1.4.3.1.7. β -glukanlar

β -glukanlar, insan vücudunda kalın bağısakta sindirilebilen karışık beta bağlarına sahip olan glukoz polimerleridir. Bunlar, suda çözünmeyen ve büyük ölçüde kayma ve çekme mukavemeti kuvvetli gösteren selüloza kıyasla nispeten az kesme ve gerilme direncine sahip ve suda çözünerek yüksek viskoziteli çözeltiler yapan zamlıklardır. β -glukanlar, β -glukosil yapıların β -(1 $\rightarrow$ 3) ve β -(1 $\rightarrow$ 4) bağlarıyla bağlanarak meydana gelen doğrusal zincirleridir (Şekil 1.11). Baskın olarak (1, 4)- β -D-glukosil bağları içeren dallanmamış polimerler (sellodekstrinler) kıvrımları meydana getiren tekli (1-3)- β -D-glukosil bağları ile birbirlerine bağlanır. Sahip oldukları karışık bağ sayesinde güçlü jelleşme gösterirler [46].



Şekil 1.10. Yulaf β -glukan yapısı [31]

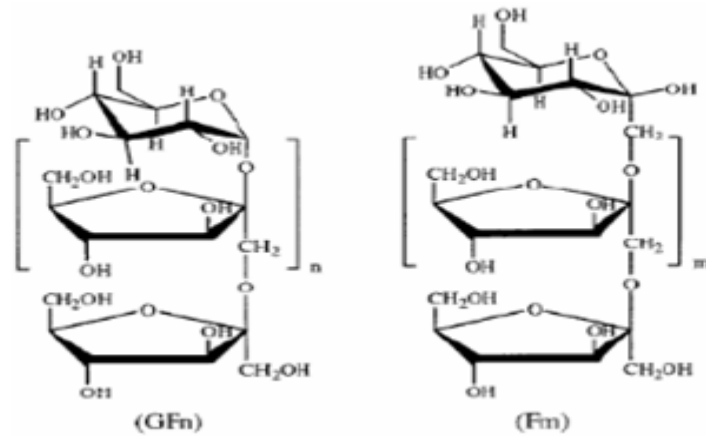
Metillasyon analizi ve jel kromatografisi ile birlikte son derece spesifik enzimlerin kullanımı β -glukanların bağ yapısını belirlemede önemli olmuştur. Çoğu suda çözünmekle beraber β -glukanların hepsi suda çözünür değildir. β -glukan zincirleri, belirli bölgelerde hidrojen bağları oluşturabilir ve böylece galaktomannanlar gibi suda çözündüğünde viskoz çözeltiler oluşturabilir. Karışık bağ (1 $\rightarrow$ 3), (1 $\rightarrow$ 4)- β -glukanlar sadece çim türlerinde ve tahıllarda bulunur. Arpa ve yulaf, endosperm hücre duvarının yaklaşık %70' i glukanlardan meydana gelir. Ticari olarak yulaf kepeği, β -d-glukanlar açısından zengindir. β -glukanlar, tahılların yanı sıra bakteriler tarafından (β -(1 $\rightarrow$ 3) bağ yapısına sahip, düz zincir), mantarlar tarafından (β -(1 $\rightarrow$ 3) ve β -(1 $\rightarrow$ 6) karışık bağ yapısına sahip, kısa dallanmalı) ve mayalar tarafından (β -(1 $\rightarrow$ 3) ve β -(1 $\rightarrow$ 6) karışık bağ yapısına sahip, uzun dallanmalı) da üretilir [46].

1.4.3.1.8. Galaktomannan Gamlar

Genel olarak suda çözünebilir olan galaktomannan zamlar, guar ve keçiboyunuzu çekirdekleri (karob olarak da bilinir) gibi baklagil bitkilerden kaynaklanan, gıdaların hemiselüloz fraksiyonunun bir parçasıdır. Bu zamlar, galaktoz yan zincirlerine bağlanmış olan bir mannoz polimer yapıdan oluşur. Galaktomannan esasen tek üniteli α -d galaktopiranosil dallarına bağlı olan oksijen molekülüne lineer (1 $\rightarrow$ 4)- β -d mannopiranoz yapının bağlanmasıyla oluşur. Gam çeşidine göre mannan polimer yapı sayısı değişmektedir. Ayrıca galaktomannan yapısından galaktoz çıkarılarak kremi bir yapı olan manno-oligosakkarit yapı üretilir. Gamlar çok yönlü gıda maddeleri oldukları için çeşitli enzimlerle modifikasyona uğratarak farklı tip polimerlerin meydana gelmesi mümkündür. Gıda kimyacılar kodeksi (AACC), ABD'de gıda sınıfı guar sakızında kuru maddede $>66\%$ 'dan bir galaktomannan standardı belirtir, ancak ticari olarak elde edilen çoğu örnek genellikle 80% galaktomannan içerir. Gıdalarda kıvam arttırıcı veya jel yapıcı özelliği bulunmaktadır [31, 47].

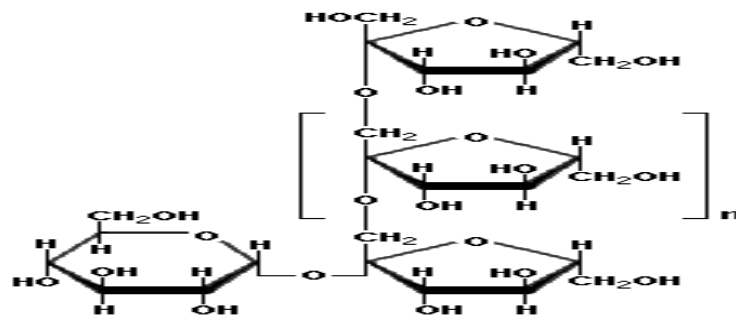
1.4.3.1.9. İnülin ve Diğer Oligosakkaritler

İnulin, 1800' lü yılların başında Rose tarafından Inula helenium' un kökünden izole edilen karbonhidrat maddesi olarak tanımlandı. Yaygın olarak sebze, meyve ve tahıllar da dahil olmak üzere çok çeşitli bitkilerde bulunduğunu bilinmektedir. Fruktoz familyasından β -(2,1) bağı içeren fruktoz oligomerleri ve polimerlerinin bir karışımıdır. GF_n formülüyle temsil edilir, burada G: Glikozil birimi, F: fruktosil ünitesi ve n: β -(2-1) bağlarla bağlı fruktosil ünitelerinin sayısıdır. İnulin ayrıca glikozil uç biriminin mevcut olmadığı küçük miktarlarda F_n fruktanları da içerir (Şekil 1.12). İnulin, polidispers bir maddedir. İleostomi hastalarından alınan örneklerden yola çıkılarak inulin ve oligofruktozun ince bağırsakta sindirilmediği doğrulanmıştır. Fruktoz moleküllerini bağlayan β -(2-1) bağları insan (memeli) ince bağırsak tarafından hidrolize edilemez. Kolonda fermente edilerek çoğunlukla kısa zincirli yağ asitlerine metabolize olurlar ve bağırsak bakterileri tarafından laktat haline gelirler. Yüksek alımlarda bile, dışkıda önemli miktarda tespit edilmemiştir. Düşük şeker ve yüksek performanslı standart inülin, mono-, di- ve oligosakkarit fraksiyonlarının kromatografik veya fiziksel olarak uzaklaştırılmasıyla hindiba köklerinden elde edilir [28, 39, 48].



Şekil 1.11. İki farklı inülin yapısı [39]

Oligosakkaritler, asitler veya spesifik enzimler tarafından kendi bileşenlerine monosakkaritlere kolayca hidrolize edilen glikozidik bağlarla yapısal olarak bağlanan 3-10 monosakkarit tortusundan oluşan oligomerlerdir. Oligofruktoz, 1989 yılında ORAFIT tarafından tanıtılmıştır. Oligofruktoz, GFn veya Fn genel yapısı ile bir inüline benzer bir yapıya sahiptir. Genellikle bir glukoz parçası ile başlayan moleküller, ardından fruktoz grupları ile β -2,1 bağları yaparak oligofruktozları meydana getirir (Şekil 1.13). Oligofruktoz, inülinin kısmi enzimatik hidrolizi veya sükrozdan enzimatik sentez ile elde edilebilir. İnülinin kısmi hidrolizi, GFn- ve Fn tipi moleküllerin, sükrozdan enzimatik hidrolizi ile GFn moleküllerinin açığa çıkmasını sağlar. Polidekstrozlar ve maltooligosakkaritler oligopolisakkarit yapılar içerisinde yer almaktadır. İnsan sindirim sisteminde kalın bağırsakta metabolize edilerek maltodekstrin ve dextrinlere parçalanırlar. Modern işleme tekniklerinin kullanımıyla birlikte, bitki kökenli olan ticari inülin ve oligofruktoz ürünleri, gıda katkı maddesi olarak kıvam vermek için kullanılır. İnülin ve oligofruktoz, pektin ve guar gama benzer fekal bir hacim verme etkisine sahiptir [31, 47, 49].



Şekil 1.12. Oligofruktan yapısı [49]

1.4.3.2. Diyet Lifi Belirleme Yöntemleri

Diyet lifi belirleme yöntemleri gravimetrik, enzimatik-gravimetrik, enzimatik-kromatografik yöntemler olarak birbirinden ayrılmaktadır (Tablo 1.7).

Tablo 1.7. Diyet lifi belirleme yöntemleri [24, 50]

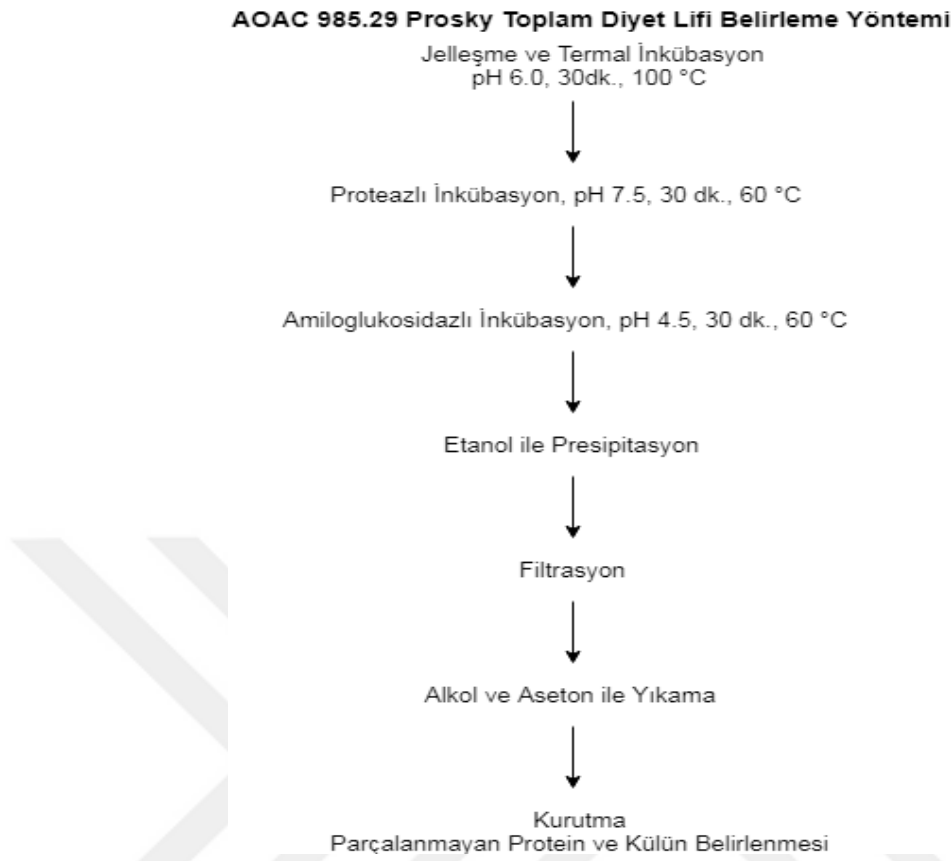
İsim	Metot	Belirlenebilenler
Weende Metodu	Gravimetrik	Lignin ve çoğunlukla selüloz
Van Soest Metodu	Gravimetrik	Selüloz, asidik hemiselüloz ve ligninin bir bölümü
AOAC 993.21	Gravimetrik	Toplam diyet lifi
AOAC 985.29		
AACC 32-05.01 (Prosky Metodu)	Enzimatik-Gravimetrik	Toplam Diyet Lifi
AOAC 991.42		
AACC 32-20.01	Enzimatik-Gravimetrik	Çözülebilir Diyet Lifi
AOAC 993.19	Enzimatik-Gravimetrik	Çözünmeyen Diyet Lifi
Englyst metodu	Enzimatik-gravimetrik ya da GLC-HPLC	Nişasta olmayan polisakkarit
AOAC 994.13		
AACC Method 32-25 (Uppsala metodu)	Enzimatik-Gravimetrik	Nötr ve üronik şeker asitleri, Klason lignin
AOAC 995.16		
AACC 32-33	Enzimatik-Kromatografik	β -Glukan
AOAC 2002-02		
AACC 32-40.01	Enzimatik	Dirençli nişasta
AOAC 997.08		
AACC 32-31.01	Enzimatik-kromatografik	Oligofruktan, inülin, frukto- oligosakkarit
AOAC, 2000.11		
AACC 32-28.01	HPLC	Polidekstroz
AOAC 2009.01		
AACC 32-45.01	HPLC	Tüm Gıdalarda Düşük ve Yüksek Molekül Ağırlıklı Çözünür Lif Bileşenleri
AOAC 2011.25		
AACC 32-50.01	HPLC	Tüm Gıdalarda Çözünmez Diyet Lifi, Düşük ve Yüksek Molekül Ağırlıklı Çözünür Lif Bileşenleri

1.4.3.2.1. Gravimetrik Yöntemler

Gravimetrik diyet lifi belirleme yöntemleri diyet lifi içeriğinde bulunan (crude) ham lif, (ADL) asidik deterjan lif ve (NDL) nötral deterjan lifin belirlenmesinde kullanılır. Seyreltik asit ve seyreltik baz ile ekstrakte edilen lif bileşenlerini kapsamaktadır. Genellikle selüloz içeriği yüksek olan gıdalar için uygun bir yöntem olmakla birlikte, hemiselüloz ve çözünen diyet lifi içeriği fazla olan gıda maddeleri için elverişsizdir. Hemiselülozların bir kısmının çözünür olması ve bitki doku materyalinin büyük bir kısmını kaplamasından dolayı asit ve baz ekstraksiyonlarında çözünerek sıvı kısma geçmektedir. Gıda içerisinde bulunan nişasta ve proteinin çözülebilmesi için sülfirik asit, sodyum dodesil sülfat (SDS), etilendiamin tetra asetik asit (EDTA), setil terimetil amonyum bromat (CTAB) gibi kimyasallarla muamele edilerek liflerden ayrılmaktadır. Hububatlarda genellikle bu yöntem kullanılmaktadır fakat içerisinde bulunan nişasta içeriğinden dolayı enzim kullanılmasıyla modifiye edilmiştir. Gravimetrik olarak en son metod >%10 diyet lifi içeriği %2 nişasta içeriğine sahip gıdalarda AOAC 993.21' dir. Gıda içerisindeki şekerin çözülmesi için homojenizasyon işlemi uygulanıp, suda bekletilmesinin ardından etanol ile çöktürülerek süzülen kalıntının aseton ve etanol ile yıkanması esasına dayanmaktadır. Kalıntının kül ve protein miktarı belirlenerek içerisinde bulunan diyet lifi miktarı hesaplanmıştır [24, 51].

1.4.3.2.2. Enzimatik-gravimetrik yöntemler

Enzimatik- gravimetrik yöntemler diyet lifi bileşenlerini içeren gıdalarda protein ve nişastanın hidrolizi için ısıya karşı stabil α -amilaz, proteaz ve amiloglukosidaz enzimleri kullanılır. Enzimatik toplam diyet lifi belirleme metodlarının başlangıcı olarak AOAC 985.29 metodu baz alınarak birçok yöntem tanımlanmıştır (şekil 1.14). Fosfat tamponu içerisinde homojenize edilen materyalin yüksek sıcaklıkta ısıtılarak içerisine α -amilaz eklenmesiyle başlanarak, nötral pH' da proteaz ilavesi ve düşük asidik ortamda amiloglukosidaz enzimleri ilavesiyle lif dışı safsızlıkların hidrolize olmasına dayanmaktadır. Temel olarak sıcaklık ve pH değişimlerine bağlı olarak enzim ilaveleri kullanılmıştır. Enzim yardımıyla parçalanamayan kısımlar %95' lik alkol içerisinde çöktürülür. Filtrasyon işlemi uygulanan kalıntı alkol ve aseton ile yıkanarak kurutulur. İçerisinde bulunan kül ve protein yüzdesi hesaplanarak toplam diyet lifi miktarı bulunur. Temel olarak Prosky metodu esas alınarak çözünür ve çözünmez diyet lifi belirleme metodları gerçekleştirilmiştir [28, 52].



Şekil 1.13. AOAC 985.29 Proskey toplam diyet lifi belirleme metodu [53]

Diyet lifi sınıflandırmasına giren fruktanlar, galaktomannanlar, polidekstrozlar, β -Glukanlar, dirençli nişasta, inülin bu metodla tam bir fraksiyonlama yapılmadığı için belirlenemez. Enzimatik-Gravimetrik yöntemler spektrofotometrik ve kromatografik yöntemler ile modifiye edilerek daha net belirlemeler yapılmıştır. Üronik asitler (galakturonik ve glukoronik), nötr asitler, hemiselüloz bileşenleri, lignin bileşenleri monomerleri olan basit şekerlere ayrılarak net bir şekilde miktarları belirlenebilmesine olanak sağlamıştır. Genel olarak üronik asitlerin belirlenmesinde kalorimetrik analiz kullanılsa da bütün lif fraksiyonları kromatografik analizlerle daha kesin sonuçlar alınabilmektedir. Kullanılan enzim çeşitleri, tamponlar ve sıcaklığın modifikasyonları sonucu tüm gıdalardaki bütün diyet lifi bileşenlerinin belirleme metodu ise AOAC 2011.25-AACC 32-50.01 metodu ile yapılmaktadır [51].

1.4.3.3. Diyet Liflerinin Fizyolojik Özellikleri

Diyet lifleri, son yıllarda beslenme ve halk sağlığı alanındaki en çekici ve çalışılan konular arasındadır ve bu nedenle, liflerin insan sağlığının çeşitli yönleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için birçok epidemiyolojik çalışma geliştirilmiştir. Diyet lifleri suda çözünabilir veya çözünmez olarak sınıflandırılır ve çoğu bitki gıdaları

bileşimlerinde çeşitli miktarlarda çözünebilir ve çözünmez liflerin bir karışımını içerir. Diyet lifleri, bağırsak fizyolojisinin tüm yönleri üzerinde etkilidir ve sağlıklı beslenmenin hayati bir parçasıdır. Çözünür olmayan lifler, yüksek gözeneklilik, düşük yoğunluk ve dışkı hacmini artırma kabiliyeti ile karakterize edilir ve bağırsak geçişini kolaylaştırarak hareket eder, böylece kolondaki karsinojenlere maruz kalmayı azaltır ve bu nedenle kolon kanserine karşı koruyucu olarak hareket eder. Çözünebilir lifin sindirim sistemindeki etkisi, su tutma ve jel oluşturmanın yanı sıra kolon bakterilerinin fermentasyonu için bir substrat olarak önemli bir rol alır. Bununla birlikte, viskoz çözünebilir polisakkaritler sindirimi geciktirebilir ve besleyicilerin bağırsaktan emilimini bir dereceye kadar uzatabilir. Diyet lifleri açısından zengin olan diyetler, hemoroidler ve bazı kronik hastalıkların yanı sıra kolorektal, prostat ve meme kanseri de dahil olmak üzere çeşitli kanser türlerinin görülme sıklığının azaltılması gibi hastalıklara karşı koruyucu bir etkiye sahiptir. Ayrıca, lifler sahip oldukları mineral absorblama özelliklerinden dolayı kalsiyum, demir, çinko ve bakır gibi bazı vitamin ve minerallerin emilimine engel olabilir. Bunlara ilaveten diyet lifleri insan metabolizmasındaki karbonhidrat mekanizmasında önemli rol oynayarak glukoz düzeyini ve insülin miktarını düşürmesiyle diyabetik hastalıklarda, yağ metabolizmasında serum lipidleri üzerinde rol oynayarak kolestrol hastalığında ve buna bağlı olarak kardiyovasküler hastalıklar üzerinde de önemli rol oynamaktadır. Sahip oldukları düşük enerji miktarları ve verdikleri uzun süre tokluk hissi nedeniyle beslenmeler de kullanımı kilo artışının önüne geçmekte ve kilo artışı ile gözlemlenen hastalıklarında önüne geçmede önemli olduğu kanıtlanmıştır [54–56].

1.4.3.4. Diyet Liflerinin Teknolojik Özellikleri

1.4.3.4.1. Su ve Yağ Tutma Kapasitesi

Su tutma kapasitesi, lifin su ile karıştırılmasının akabinde santrifüjleme ile strese maruz bırakılarak lifin matrisinde tutulması esasına dayanarak ölçülür. Polisakkaritler hidrofiliktir ve içerdikleri büyük miktarda serbest hidroksil grupları, su ile hidrojen bağları oluşturarak yapısına suyu bağlar. Bu nedenle, bir ortamın pH'sı su tutma kapasitesini etkiler. Su tutma kapasitesi hem çözünür hem de çözünmez polisakkarit zincirlerinin gözenekli matris yapının hidrojen bağlama özelliği ile ilgilidir. Çözünmez lifler ağırlıklarının 20-30 katı kadar suyu yapısında tutabilir. Bu nedenle, öğütme veya

lifin matris yapısının değişmesine neden olan herhangi bir şey, su tutma kapasitesini ve şişme kapasitesini etkileyecektir [6].

Yulaf veya bezelye kepeği gibi nötr, düşük su tutucu lifler cips, kraker ve aperatif gibi ekstrüde ürünlerde kırılmayı özelliğini arttırarak bu ürünlere işlenebilir [57].

Yağ tutma kapasitesi, lifin yağ ile karıştırılmasının akabinde santrifüjleme ile strese maruz bırakılarak lifin matrisinde tutulması esasına dayanarak ölçülür. Yağ bağlama kapasitesi, yüzey özellikleri, toplam yük yoğunluğu, kalınlık ve fiberin hidrofobik yapısı bağlıdır. Çözünmeyen diyet lifleri miktarlarının 5 katı yağı tutabilmektedir. Yağ tutma kapasitesi su ve yağ emülsiyon karışımların stabilitesi üzerine de etkilidir. Gıda endüstrisinde kalite parametresi olarak kullanılan bu özellik liflerin gözenekliliğine, moleküler afiniteden daha fazla bağlıdır. Bu nedenle et ürünleri endüstrisinde pişme sırasında kaybolan yağın tutulması ve lezzet kaybına sebep vermemesi sebebiyle kullanılmaktadır. Bazı viskoz polisakkaritler su tutma kapasitesinin etkisiyle safra asit salgılanmasını arttırarak lipid emilimini değiştirir ve kolesterolü düşürür. Kızartma işlemi sırasında aşırı yağın girişini önlemek için başlangıçta suya konulmalıdır. Su ve yağ tutma özelliklerinin liflerin partikül boyutuna ve ham maddesine göre değiştiği bilinmektedir. Bazı materyallerden elde edilen liflerin partikül boyutu büyüdükçe bu özelliklerin artışı bazense azaldığı belirlenmiştir [32].

1.4.3.4.2. Viskozite ve Jel Kapasitesi

Belirli polisakkaritlerin, su içerisinde çözünerek kalınlaşması yeteneğidir. Kalınlaşmanın derecesi, polisakkaritlerin kimyasal kompozisyonundan etkilenir. Alglerden elde edilen gamlar, pektinler, β -glukanlar ve polisakkaritler, viskoz solüsyonlar oluştururlar ve genellikle koyulaştırıcılar olarak kullanılırlar. Jeller, su ve suda çözünen maddeleri stabil veya hareketsiz kılan kolloidal sistemlerdir. Çok sayıda çözünebilir lif farklı özelliklerde jeller oluşturur ve ürüne tektürel özellik kattığı için gıda endüstrisinde kullanımı çok önemlidir. Gıda endüstrisinde, reçel yapımında pektin jellerinin kullanımı yaygındır. Jel oluşumu polisakkarit (çözünür diyet lifi) konsantrasyonuna, sıcaklığa, özel iyon ve pH değerine bağlıdır. Gamlar, özellikle ekmek yapımında, gıda dokusunu ve yapısını geliştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Atıştırmalık gıda endüstrisinde, diyet lifinin yağ ikame maddesi özellikleri ile birlikte, atıştırmalık yiyeceklerde kullanılmış ve daha sağlıklı ürünler elde

edilmiştir. Çözünür liflerin viskoz ve jel oluşturuıcı özellikleri, ana bileşenleri et veya balık eti olan gıdaların yeniden yapılandırılmasına yardımcı olmaktadır. Meyve lifleri, az yağlı kuru fermente sosise eklendiğinde, geleneksel sosislere benzer duyusal özelliklere sahip ürünler ortaya çıkarmıştır. Kısılmış et ürünlerine yaklaşık %25 fiber içeren soya proteini konsantresi eklenmiş ve ürünlerin bozulmasını ve büzülmesini engellediği gözlemlenmiştir. Düşük yağlı sığır eti burgerinde eklendiğinde burgerin pişme verimini arttırdığı ve daha hacimli bir burger meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Süt ürünü olan yoğurt ve dondurmaya da eklenen diyet lifleri ürünlerin reolojik özellikleri üzerine etkili olduğu belirtilmiştir. Diyet liflerin sahip olduğu sayısız özellikler gıda katkı maddesi olarak yaygınlaşmasını arttırmaktadır [49, 55].

1.4.3.4.3. Şelat Kapasitesi

Lifler sahip oldukları polar molekülleri ve iyon derişimi sayesinde “in vitro” ortamda katyonik değişim ile mineralleri yapılarında tutarlar. “In vivo” ortamda ise mineral mevcutiyeti ve elektron alma eğilimi yani mineral bağlama eğilimleri düşer. İyonları bağlama kapasitesi, serbest karboksil gruplarının sayısı ve özellikle üronik asit içeriği ile ilişkili görünmektedir. Örneğin, pektinler “in vitro” olarak demir, kalsiyum, bakır ve çinko gibi bivalent iyonlarla etkileşir. Buğday kepeği ile görülen absorpsiyon inhibisyonu fitattan kaynaklanırken, çinko ve demirin emiliminin şeker pancarı lifinde arttığı bildirilmiştir [58].

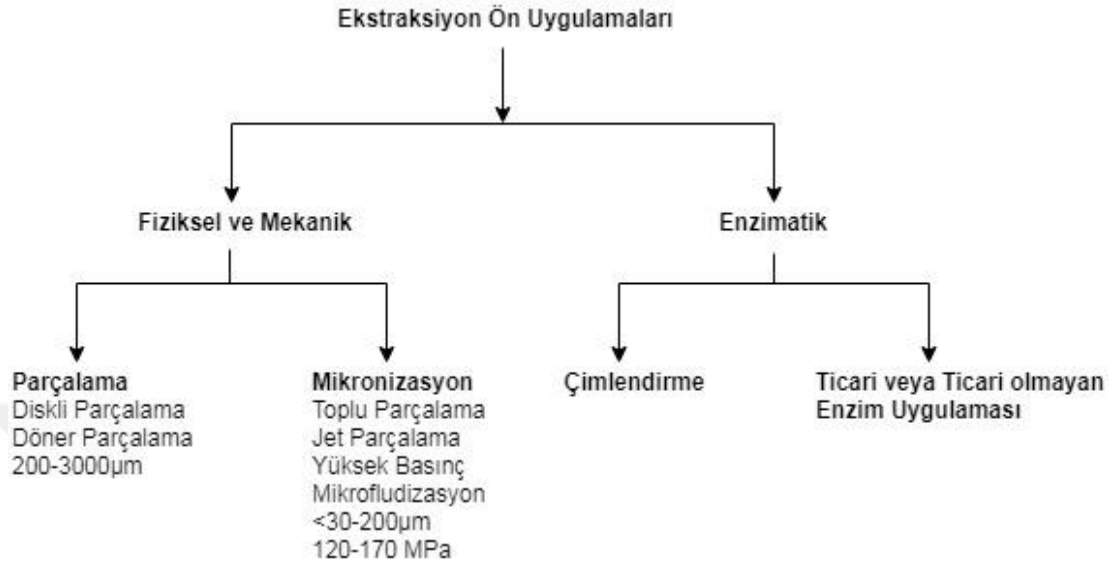
1.4.3.4.4. Kristalizasyonu Önleme Özellikleri

Çavdar bitkisinden ve buğday bitkisinden elde edilen saf arabinoksilanlar ve diğer yapı polisakkaritleri, sulu ortama ilave edilmiş ve donma sırasında meydana gelen kristal yapının oluşumunu sınırlandırmıştır [31].

1.4.3.5. Konsantre Diyet Lifi Ekstraksiyonu

Günümüzde farklı gıda kaynaklarından diyet lifi ekstraksiyonu için kimyasal, enzimatik, enzimatik-kimyasal ve termal yöntemler kullanılmaktadır. [25]. İşleme koşulları, diyet liflerin bileşimini ve mikro yapısını etkilemektedir. Bu işleme koşulları liflerin fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde arzu edilen ve istenmeyen etkilere yol açmaktadır [59]. Diyet lifi ekstraksiyonu için bitki materyallerine mekanik veya

enzimatik olarak farklı şekilde ön uygulama da bulunarak ekstraksiyon işleminin etkisi artmaktadır (Şekil 1.15) [25].



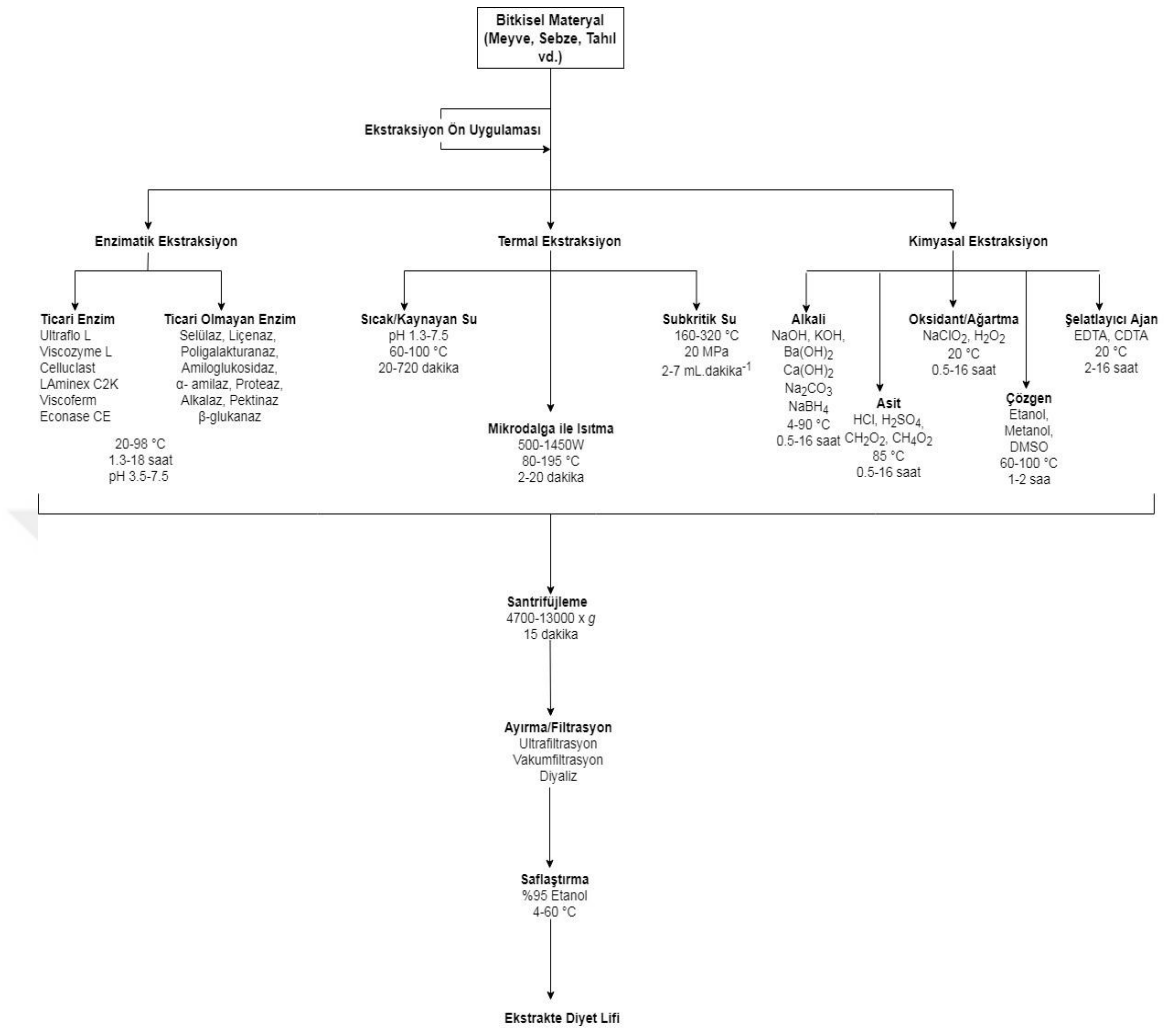
Şekil 1.14. Diyet lifi ekstraksiyonu ön uygulamaları [25]

Diyet lifinin ekstraksiyonu için çeşitli yöntemler ve çalışmalar yer almaktadır (Şekil 1.16).

Margareta ve Nyman (2002), glikozidik bağların kopmasına bağlı olarak kimyasal yöntemlerin %100 çözünür lifler, %30-40 hemiselüloz ve %10-20 selüloz kaybına neden olduğunu bildirmişlerdir [60].

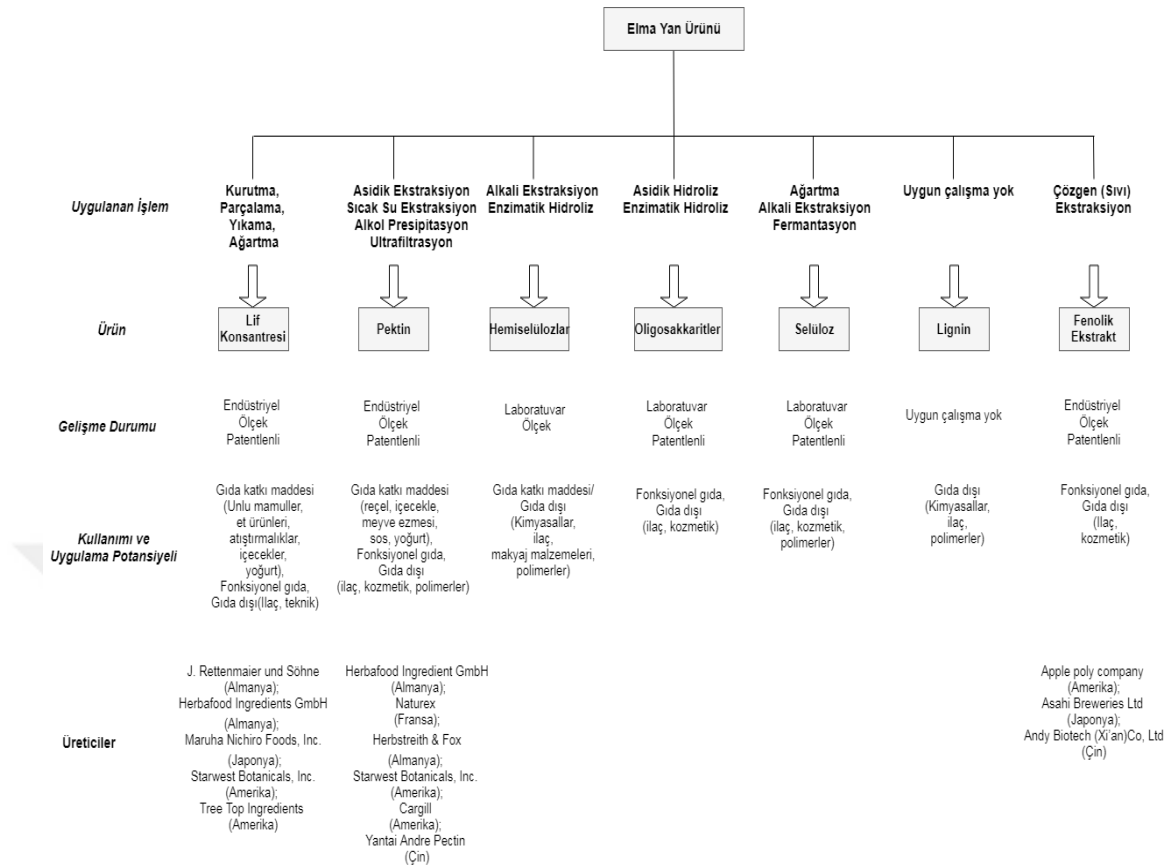
Diyet liflerinin ekstraksiyonun da şeker ve suda çözünen maddelerin uzaklaştırılması için materyaller su içerisinde bekletilerek homojenize edilir ve sonrasında yıkanarak konsantre edilir. Materyallerin 1 dakika boyunca yüksek hız kullanılarak soğuk damıtılmış su içinde homojenize edilmesi ve çözünmeyen kısmın süzülmesinin ardından %70 etanol ile yıkanması sonucu konsantre diyet lifi elde edilebileceğini bildirmişlerdir [61].

Liflerin birçoğu suda çözündüğü için, alkolik işlem lif ekstraksiyonunda suya oranla daha az etkilidir. Ayrıca, elde edilen liflerin düşük saflığı, protein miktarından kaynaklanmaktadır. Dahası, etanolik işlem biyoaktif fenolik bileşikler uzaklaştırır ve diyet lifinin antioksidan aktivitesini azaltır. Bununla birlikte fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu, lifin su bağlama kapasitesi gibi fiziksel özelliklerini daha iyi geliştirir [11, 62].



Şekil 1.15. Diyet lifi ekstraksiyon yöntemleri [25]

Alkollü yıkama işleminin bir başka avantajı da, kurutma işlemi sırasında gözenekli çökmeyi ve lifin büzülmesini önlemesidir. Ekonomik açıdan bakıldığında, sulu işlem, ölçeklendirmenin en kolay yoludur ve maliyet açısından daha avantajlıdır. Şeker giderme basamağının sonuçları çözünmeyen diyet lif artışı ve bazen lif oranının az miktarda değişmesidir. Su ile yıkamadan sonra genellikle materyallerin hidrasyon özelliklerinin iyileştiği görülür. Sulu şeker giderme işleminin, diyet lifi içeriğini 1,2 kat arttırdığı ve 1,4 katına kadar hidrasyon özelliklerini geliştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca elma yan ürününden farklı liflerde elde edilmektedir (Şekil 1.17) [11].



Şekil 1.16. Elma posasının karakterizasyonu ve endüstriyel kullanımı [11]

Ağartma işlemiyle birlikte, serbest şekerler ekstrakte edileceği için ağartma işleminin şeker giderme basamağının yerini alabileceğini gösterir. Böyle bir modifikasyon, hidrasyon özelliklerinin geliştirilmesini sağlar [11]. Elma posasının ağartılması, polifenollerin degradasyonunu veya çözünmesini içerir. En çok tercih edilen klorit, alkalın peroksit yöntemler olarak delignifikasyon için kullanılırlar. Asidik koşullarda sodyum klorit, yapılarını incelerken hücre duvarlarının parçalanması için yaygın olarak kullanılır. Alkalın peroksit yöntemleri çoğunlukla lignoselülozik materyallere uygulanmaktadır [63].

Beyazlatma işlemi, açık renkli lif konsantreleri üretmek için kahverengileşen elma posasına uygulanır. pH 12' deki alkali hidrojen peroksit ile işleminin, selüloz açısından zengin sarı bir ürün vererek elma posasını renksizleştirdiği kanıtlanmıştır. Ağartma işleminin sonucu, lignin ekstraksiyonuna ve pektinlerin büyük kısmına bağlı olarak lif oranı önemli şekilde modifiye edilmiştir. Chen ve Li (2013) almış olduğu bir patentte alkali solüsyon / ozon ultrasonik destekli ekstraksiyon ile elma posası ağartma yöntemi

geliştirilmiştir. Ayrıca, ağartılmamış elma posası lifi, gıda ürünleri, yani ekmek, süt ürünleri ve içeceklere entegre edilebilir [11].

1.4.4. Ultrason

Duyulamayan frekanslarındaki sesleri tanımlamak için ultrason terimi kullanılmıştır. Ses frekansları Hertz olarak ifade edilir. Duyma eşiği olarak adlandırılan ses frekansları yani saniyedeki titreşimleri 20Hz-20kHz aralığındadır. Bu aralığın çok üstünde olarak ultrasonik frekanslar ise 20kHz-100kHz aralığındadır. Bulundukları ortama özelliklerine göre bu dalgalar farklı miktarda titreşim ve farklı hızlarda yayılırlar. Bulundukları ortamda yayılırken ortamın parçacık yapısına göre, hareket yönü ve doğrultusu ile dalga yoğunluğu oluşturarak titreşirler. Ultrason enerjisi bulunduğu ortamda bir basınç meydana getirerek yayılır ve bu dalgalar halinde yayılan enerji madde ile nüfuz eder. Ultrasonik dalgalar, elektromanyetik dalgalardan 100.000 kat daha yavaş hareket eder. Ultrasonik dalgalar, opak malzemelere kolayca nüfuz edebilirken, görünür ışık gibi diğer birçok radyasyon türü bunu gerçekleştiremez. Ultrasonik dalga kaynakları ucuz, hassas ve güvenilir olduğundan, opak nesnelerin içini araştırmak ve görüntülemek için oldukça cazip bir yol sağlar. Bitkisel hücre duvarı materyallerinin ekstraksiyonunda kullanılan ultrasonik yöntem materyalin parçalanmasına neden olarak bileşenlerin serbest kalmasını sağlamaktadır [64, 65].

Ses dalgaları boyuna göre üçe ayrılır [65].

1. İşitilebilen dalga boyu (sonic): İnsan kulağının işitebildiği, duyma işlevini gerçekleştirebildiği dalga boyu aralığıdır. 20 Hz-20 kHz aralığındaki frekansa sahiptirler. Ses frekanslarının çıkışı farklı olmakla beraber algılayabildiğimiz bütün ses dalgaları bu gruba girer.
2. İnfrasonic (ses altı) dalgalar: Deprem dalgaları işitemediğimiz boyuna dalgalar halinde yayılan ve işitme frekansından düşük frekansa sahip ses dalgalarıdır.
3. Ultrasonic (ses üstü) dalgalar: İşitilebilen dalga boyuna eş değer dalga boyuna ve işitme frekansından daha yüksek frekansa sahip olan ses dalgalarıdır.

Titreşim sebebiyle oluşan ses dalgaları basınç dalgaları şeklinde ortamda yayılır. Net titreşim etkisinin görülebilmesi ortamın şekline bağlı olarak değişmekte olup en uygun

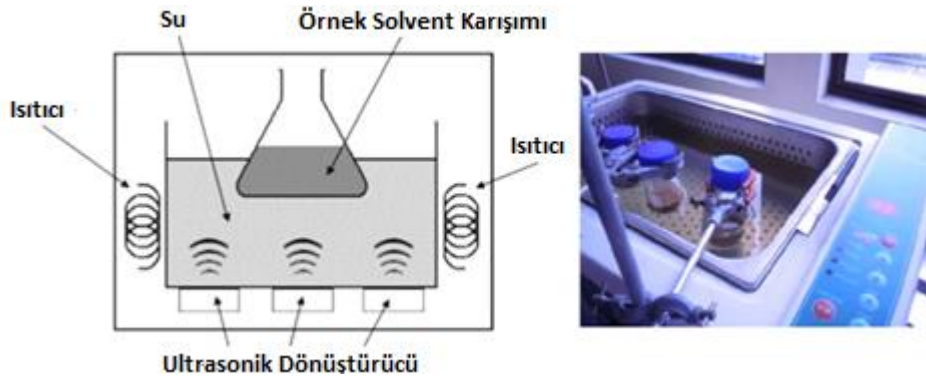
ortam genelde sıvı ortamdır. Ortamda sıvı partikülleri dönüşümlü ve sürekli bir şekilde hareket ettirilerek kinetik enerji oluşumu gözlenir [66].

Ultrasonik yöntemin veriminde ortamdaki bulunan çözgenin fiziko-kimyasal özellikleri, sıcaklığıyla birlikte dış basınç etkisi önemlidir. Ekstrakte edilecek materyalin nem içeriği, partikül büyüklüğü, çözgenin yanı sıra frekans, süre, sıcaklık gibi faktörler ekstraksiyon verimini değiştirmektedir. Ucuz ve basit olması, ekstraksiyon süresinin kısa ve etkili olması, sıcaklıktan olumsuz etkilenen materyallerin ekstraksiyonunda kullanılması avantajları olarak gösterilebilir [67].

Gıdaların fizikokimyasal özelliklerini iyileştirmek için laboratuvar ve endüstriyel gıda proseslerinde yaygın olarak kullanılan ultrason, polisakkaritlerin kimyasal bağlarını bozabilir. Kırılma yüzey hidrofiliğini değiştirebilir ve biyoaktif faktörlerin salınmasını kolaylaştıran ve çözünmeyen liflerin çözünmesini kolaylaştıran dokuyu gevşetebilir. Ortam koşullarının, emniyetli çalışmanın ve yüksek verimliliğin avantajları göz önüne alındığında, ultrasonik teknoloji genellikle çözünmez diyet lifi modifikasyonu için seçilmektedir. Ultrasonik uygulama lif ekstraksiyonunu arttırmak veya enzimatik uygulamaların etkisini arttırmak için sıklıkla kullanılır. Liflerin modifikasyon derecesi, moleküler yapısına, uygulanan ultrasonun gücü veya yoğunluğuna, uygulama süresine ve sıcaklığa ve diğer faktörlere bağlıdır [66].

1.4.4.1. Ultrason Yardımıyla Kullanılan Cihazlar

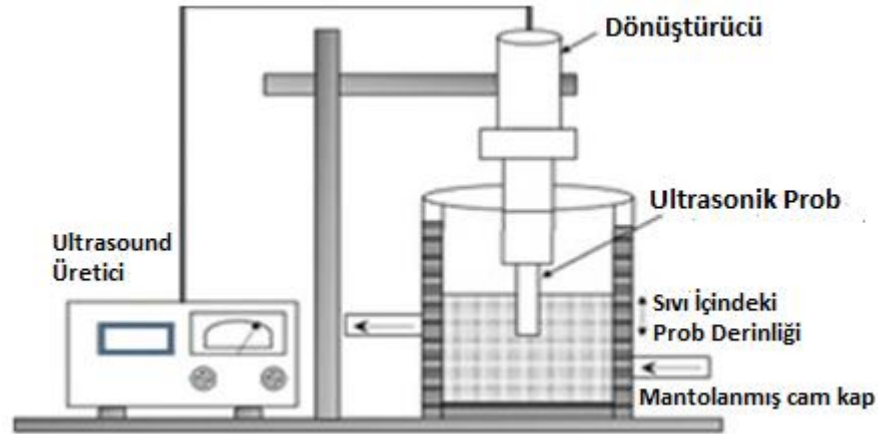
Elektrik enerjisi yardımıyla ürettiği ses dalgalarını sıvı ortama veren cihazlar kullanılmaktadır. Belirli bir titreşimde çalışan bu cihazlar elektrik enerjinden kaynaklı alternatif akımı dörüştürücüler ile mekanik titreşime çevirir. Genel olarak kullanım ve etkilerine bakıldığında ultrasonik banyo ve ultrasonik prob olarak kullanılır. Genellikle çalışmalarda ultrasonik banyo kullanılmaktadır (Şekil 1.18). Sıcaklık kontrolünün zor olması, sabit frenkasta titreşim üretmesi ve proba göre daha az şiddet uygulaması dezavantajlarını ortaya koyar [67].



Şekil 1.17. Ultrasonik banyo

Problu ultrasonik cihazlarda ise yüksek enerjinin ortamda kaybedilmeden aktarılması ve bu enerjinin kontrolünün sağlanarak etkin kullanması birçok avantaj sağlamaktadır [67].

Problu cihazların sabit titreşim yayması, sıcaklığın aşırı yükselmesi ve kontrolün zor oluşu, materyale göre radikal oluşturma potansiyeli ve titreşimi ileten metal yüzeylerde korozyona sebebiyet vermesi dezavantaj olarak görülebilir (Şekil 1.19). Ultrasonik problu cihazların uygulamalar yayılan titreşim şiddetine, prob çapına ve prob tipine göre çeşitlilik gösterir [67].



Şekil 1.18. Ultrasonik prob

1.4.4.2. Ultrasonun Avantajları

Ultrason destekli ekstraksiyon, geleneksel ekstraksiyon teknikleri için ucuz, basit ve etkili bir yöntemdir. Ultrasonik uygulamaların temizleme, ekstraksiyon, gaz giderme, partikül küçültme, kristalizasyon, emülsifikasyon, köpük giderme, homojenizasyon, pastörizasyon, enzim aktivasyonu, viskozite üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Gıdalar üzerinde ultrason uygulamaları üzerine yapılan çalışmalar artış göstermekle birlikte kullanma potansiyeli de artmıştır. Ultrasonik ekstraksiyon sistemi, verimli maliyetsiz ve ucuz olması sebebiyle alternatif bir ekstraksiyon yöntemi olmuştur. Mikrodalga destekli ekstraksiyon gibi diğer yeni ekstraksiyon teknikleri ile karşılaştırıldığında, ultrason aparatı daha ucuzdur ve kullanımı daha kolaydır. Sağladığı verim artışı ve düşük sıcaklıklı ekstrakte edebilme özelliği termolabil maddelerin ekstraksiyon edilebilmesini kolaylaştırmıştır. Soxhlet ekstraksiyonu gibi ultrason destekli ekstraksiyon da çok çeşitli doğal bileşiklerin ekstre edilmesi için herhangi bir çözücü ile kullanılabilir. Ayrıca yöntemin enerji tasarrufu sağlaması ve ekstraksiyon zamanını kısaltması son zamanlarda yaygınlaşmasını arttırmıştır. Bitkisel dokular üzerine parçalayıcı ekti göstererek dokuya nüfuzun kolaylaşmasını sağlamaktadır [66].

1.4.5. Kurutma

Kurutma en eski, en yaygın ve en çeşitli gıda işleme yöntemlerinden biridir. Kesin süreç kontrolü gerektiren eş zamanlı ısı ve kütle aktarımını içeren karmaşık bir süreçtir. Nemli bir malzemenin kurutulması, katı maddenin içinden atmosfere hem serbest hem de gevşek şekilde bağlanmış suyun buharlaşmasını ifade eder [68, 69].

Her şeyden önce, gıda maddelerinin kurutulması büyük ölçüde hem sıcaklık (gıda malzemesinin cam geçiş sıcaklığı), basınç, bağıl nem ve hava akış hızı gibi dış koşullara, hem de gıda maddesi bileşimi, nem içeriği, kalınlık ve geometri, başlangıç yapısı, su difüzivitesi ve fiziksel (camsı veya kauçuksu) hali gibi kurutma sırasında gelişen iç faktörlere bağlıdır [68].

Buharlaşma gizli ısısı, ıslak malzemenin mikrodalga veya radyo frekanslı elektromanyetik alanlara yerleştirilmesiyle konveksiyon, iletim ve radyasyon yoluyla veya volumetrik olarak sağlanabilir [70].

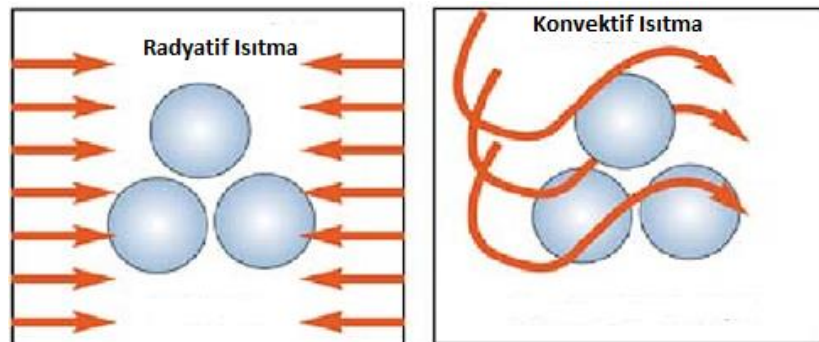
Kurutma, dünya çapında gıda üretim prosesin de kullanılan toplam enerjinin %10-25' ini oluşturan işlemdir. Meyve ve sebzeler genellikle, raf ömrünü uzatmak, depolama stabilitesini arttırmak, ambalaj gereksinimlerini en aza indirmek ve nakliye ağırlığını azaltmak için kurutulur. Meyve ve sebzelerin kuruması için çok sayıda işleme tekniği kullanılmıştır. Geleneksel olarak, meyveler ve sebzeler güneşte veya sıcak hava ile kurutulur. Geleneksel güneşte kurutma sis, yağmur (yüksek nem), rüzgârlı hava durumundan etkilendiği gibi böcek, kemirgen ve kuşların teması ile de (renk, beslenme

bileşimi ve hijyen açısından) etkilenen bir süreçtir. Bu alternatif kurutma teknolojilerinin geliştirilmesine yol açmıştır [70, 71].

Kurutma yöntemlerinin ve bunların kombinasyonlarının kurutulmuş maddenin fiziksel özellikleri (renk, görünüm, parçacık boyutu ve şekli), dokusal özellikleri, kendilerine özgü yapısal özellikleri (yoğunluk, gözeneklilik, özgül hacim, vb.), duyu özellikleri (aroma, tat) etkili olduğu gibi nihai ürünlerin besinsel değerleri (vitamin, fitokimyasal içerik, vb.) ve fonksiyonel özellikleri (rehidrasyon kapasitesi, antioksidan aktivite, toz akışkanlığı vb.) üzerine etkileri olduğu belirtilmiştir [68].

1.4.5.1. Konvektif kurutma

Sıcak hava (SHK) veya konvektif kurutma olarak da adlandırılan geleneksel kurutma, uzun kurutma süreleri ve yüksek hava sıcaklıkları gerektirmesine rağmen, gıda endüstrisinde en ekonomik ve yaygın olarak benimsenen tekniktir (Şekil 1.20). Kurutma sırasında düşük bağıl nem oranına sahip ısıtılmış hava, ısıyı esas olarak iletim yoluyla katıya aktaran ıslak malzemenin yüzeyiyle karşılaşır. SHK genellikle iki aşamada gerçekleşir, her biri farklı bir kuruma oranıyla karakterize edilir. İlk aşamada aşamada, serbest su yüzeye hareket eder ve buharlaşma ile kolayca giderilir. Daha sonra, kurutma ilerledikçe, kurutma zorlaşır (katı malzemelerde bulunan sıvı faz daha viskoz hale gelir) ve kurutma hızı azalır (iç nemin yüzeye hareket etmesi daha fazla zaman alır). Genellikle, kuruma süresinin yaklaşık üçte ikisi nem içeriğinin son üçte birini gidermek için harcanabilir. Konvektif kurutma yöntemiyle çeşitli kurutucular geliştirilmiş ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır [69, 72].



Şekil 1.19. Radyoaktif ısıtma ve konvektif ısıtma mekanizması [73]

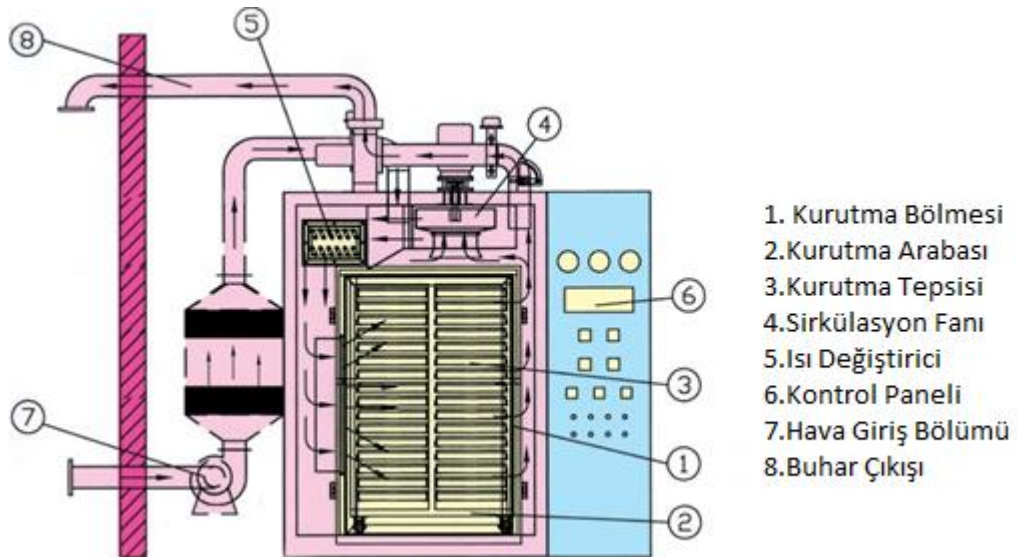
Kurutma yöntemleri, kabin tepsili kurutma (50-80°C), konveyör bant kurutma, vakumlu kurutma (60-75°C), kimyasal kurutma, dondurarak kurutma (-50°C), mikrodalga

kurutma (180-900 W), radyo frekansı kurutma (1-300 MHz) gibi özel kurutma yöntemlerini ve bunların kombinlerini içerir [72].

1.4.5.1.1. Kabin (Tepsili) Kurutucu

Çeşitli kabin kurutucu tipleri olmasına rağmen hepsinin prensibi aynıdır. Kurutulacak olan katı, püre veya sıvı haldeki materyal, çeşidine göre ızgaralı, delikli tepsilere veya düz tavalara ince bir tabaka oluşturacak şekilde serilir (Şekil 1.21). Kabin tepsisi kurutucular kabin adı verilen kapalı bir alanda ürünü ısıtılmış havaya maruz bırakmak için tepsileri kullanır. Isıtma, tablaların üzerinden geçen bir hava akımıyla ısıtılmış tepsilerden veya tepsilerin üzerinde bulunan ısıtılmış resistanslardan oluşur [73, 74].

Geleneksel bir tepsili kurutucuda, havanın boşluktan kanalizasyon için belirli bir derinliğe sahip olması gerekmektedir. Tepsili kurutucularda malzeme, kurutma işleminin gerçekleştiği tepsilere oldukça ince bir şekilde yayılır. Daha kalın malzemeler, toplu halde akış direnci göstererek biraz daha uzun kurutma süresi gerektirdiğinden, kalın gevşek bir tabaka halinde yayılmalıdır. Yayılma kalınlığındaki artışla, nem, çıkarılmış olan nemin yerini almak için yeterince yüksek bir hızda yüzeye ulaşmayacaktır [71, 73].



Şekil 1.20. Tepsili kurutucu [74]

Ürün yüzeyi üzerindeki hava hareketi, konvektif ısı ve kütle transferinin verimli bir şekilde ilerlemesini sağlamak için nispeten yüksek hızlardadır. Kurutma için, kurutma

odasının hacimsel hava içeriğinin çok kısa bir bekleme süresi içinde (~ 2 s) dolaştırılması ve ısıtılması gerekmektedir. Bu hava sürekli olmadıkça nem oluşturur. Kurutucunun aşırı yüklenmesi, daha yüksek kurutma sıcaklığı ve daha uzun kurutma süresi gerektirir. Ürünün kuruması yayılma kalınlığının yanı sıra havanın akış hızı ve sıcaklığı, bağıl nem değeri ve yapısal özelliklerine göre süresi ve verimi değişmektedir [73].

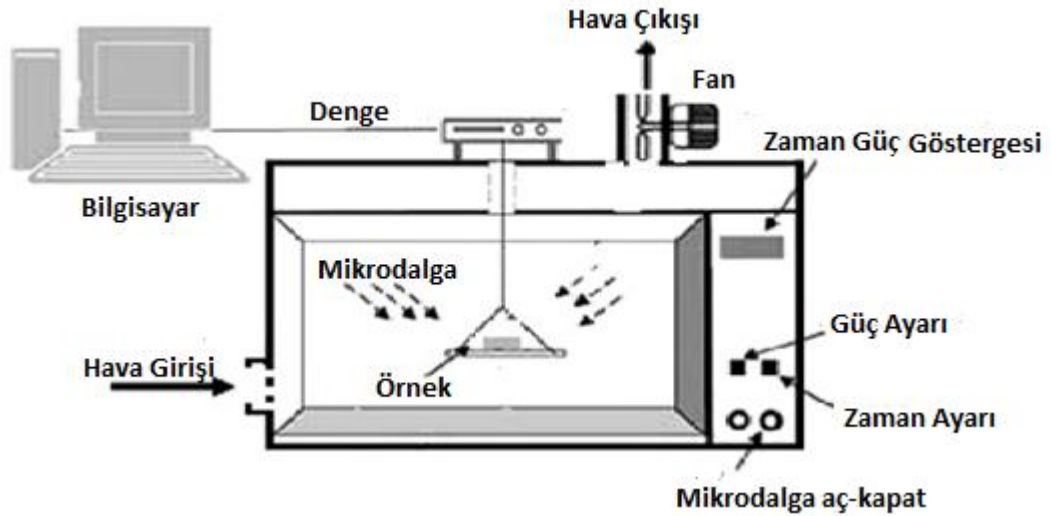
1.4.5.2. Mikrodalga Kurutucu

Mikrodalga kurutma (MDK) sıcak hava kurutma süresini %89 oranında azaltan ve endüstriyel gıda ürünlerini kurutmada kullanılan süper hızlı bir kurutma metodudur (Şekil 1.22). "Mikrodalga" terimi, 1mm-1m dalga boyunda 300MHz-300GHz aralığında frekanstaki elektromanyetik radyasyon anlamına gelir. Elektrik ve manyetik alanın boşlukta yayılarak elektro manyetik dalga enerjisi oluşturmaya dayanır. Direkt madde içerisindeki su moleküllerinin hedef alınması ile seçici ısıtma yapılır. Bu yüzden ısı ürün içerisinde oluşur. Materyal içerisindeki su molekülleri çok kısa bir zaman zarfında buharlaştırılmakta olup aynı zamanda iç ve dış ortamdaki buhar basıncı farkı sebebiyle kütle transferi içten dışa doğru olmaktadır [75].

Bir MW kurutma işlemi üç kurutma periyodundan oluşur [72]:

1. Nemli malzemeler içinde mikrodalga enerjisinin termal enerjiye dönüştürüldüğü bir ısıtma süresi sonucu ürün sıcaklığı zamanla artar.
2. Termal enerji hızlı bir şekilde suyun buharlaşması ve kütle aktarımı için kullanılır.
3. Nemin buharlaştırılması için gerekli olan enerjinin mikro dalga tarafından indüklenen termik enerjiden daha düşük olduğu bir noktaya kadar kurutma devam eder.

Mikrodalgalar için kuruma süresi, elektromanyetik alan nedeniyle oluşan yüksek sıcaklıktaki yüksek kütle aktarım oranının bariz artmasından dolayı önemli ölçüde azaltılmıştır. Isıtma, yalnızca gıda maddesinde gerçekleşip çevreleyen ortamda gerçekleşmediğinden, mikrodalga işleme enerji maliyetlerini azaltabilir. Daha kısa ısıtma süresi aynı zamanda daha fazla besin tutumu, doku, renk ve lezzet gibi kalite özelliklerinin de artmasını sağlar [75].



Şekil 1.21. Mikrodalga kurutucu [75]

Mikrodalga'nın diğer kurutma yöntemleri ile kombinasyonu bazı kurutma sonucu olumsuzlukların üstesinden gelmeye izin verir. Kombine kurutma yöntemlerinde mikrodalga'nın özellikle ısıya duyarlı malzemelerin kurutulması için uygun olması sadece SHK ya da sadece MDK ile kurutulan ürünlere göre süre-kalite parametrelerinin istenilene yakın olması için bir alternatif olmuştur. Mikrodalga destekli kurutma teknikleri, mikro dalga destekli hava kurutma, mikrodalda destekli vakum kurutma ve mikrodalga destekli dondurarak kurutma olarak ayrılabilir [72, 75].

1.4.6. Mikronizasyon-Boyut Küçültme

Mikron boyutta partikül küçültme işlemi, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Yani katı bir malzemenin parçacıklarının ortalama çapını azaltma işlemidir. Mekanik dış kuvvetlere maruz kalan katı parçacıkların iç moleküler bağlanma kuvvetlerinin dayanımının azalmasıyla parçalanma meydana gelir. Boyut küçültmek için gerekli olan enerji, parçacık inceliğinin veya oluşturulan yüzey alanının doğrudan bir fonksiyonudur. Öğütme işlemleri, yani geleneksel öğütme, mikronizasyon ve kriyojenik öğütme, gıda maddesi tozu ve mikron çapa sahip tozları işlemek için uygulanmıştır. Bir öğütme işleminin etkinliği büyük ölçüde, bir yandan gıda malzemesinin niteliğine ve özelliklerine bağlıyken bir yandan da uygulanan teknolojiye ve öğütme aleti tarafından uygulanan gerilimin yoğunluğuna bağlıdır [72, 76].

Geleneksel parçalama yönteminin, aşağıdaki gibi çeşitli dezavantajları da vardır [77].

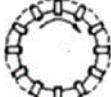
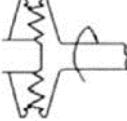
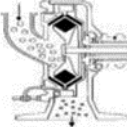
(i) Öğütme duvarlarının ve eleklerin, temizlik için sık sık durmasıyla sonuçlanan yapışkan maddeler,

(ii) Çok fazla enerji tüketimi

(iii) En önemlisi de ısıya duyarlı malzemeler için uygunsuzluğu

Materyal ve parçalama teknolojisinin farkından dolayı boyut, şekil, yapı, bileşim ve fonksiyonel özellikler bakımından farklı özelliklere sahip tozların üretimi mümkün olmuştur. Materyalin yapısına ve nihai ürünün istenen özelliklerine bağlı olarak, boyut küçültme işlemi farklı cihazlar vasıtasıyla gerçekleştirilebilir. Mikronizasyon işlemi bıçak, bilye, pim, disk veya çekiç gibi farklı mekanizmaya sahip olan bilyalı, bıçaklı, diskli, çekiçli parçalayıcılar yardımıyla farklı şekillerde gerçekleşir (Tablo 1.8) [72, 78].

Tablo 1.8. Parçalayıcı tipleri şematik gösterimi ve parçalama hızları [72]

Parçalayıcı Tipi	Şematik Gösterimi	Boyut Küçültme Mekanizması ve Hızları
Pin ve disk değirmeni		Darbe 80-160 m s ⁻¹
Çekiçli değirmen		Darbe 40-50 m s ⁻¹
Toplu değirmen		Darbe ve Kesme (Hızı Belirlenememiş)
Kesme granülatör		Darbe ve Kesme 5-18 m s ⁻¹
Kanat çırpıcı değirmeni		Darbe ve Kesme 50-70 m s ⁻¹
Bıçaklı değirmen		Kırma 5-20 m s ⁻¹
Dikey diş değirmeni		Kesme 4-8 m s ⁻¹
Turbo değirmen		Darbe, Kesme ve Kırma 80-100 m s ⁻¹

Son zamanlarda, gıda araştırmalarında mikronizasyon uygulaması, çeşitli lif bakımından zengin bitki materyallerinin partikül boyutunun azaltılmasının, parçacıkların yapısını, yüzey alanını ve fonksiyonel özelliklerini değiştirdiği belirlenmiştir. Mikronizasyonun diyet liflerin potansiyel teknolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiş ve gıda liflerinin fonksiyonel aktivitesi üzerindeki etkisinin olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, parçacık boyutlarının azaltılması partikül yüzey alanını genişletmesinden ve bazı antioksidan bileşiklerin salınmasına neden olabileceğinden ekstraksiyon etkinliğini arttırmak için kullanılabilir [72, 79].

Geleneksel öğütme sırasında, parçacıkların kırılması sırasında daha küçük boyutlara sürtünme ile indüklenen ısıya bağlı olarak 90°C 'nin üzerindeki sıcaklıklara yükselebilir. Bu lokal sıcaklık artışı, önemli kalite bozulmalarının yanı sıra önemli aroma ve besin bileşenleri kaybına neden olabilmektedir. Bu sıcaklık artışının önüne geçebilmek için sıvı azot ile dondurularak parçalama teknikleri geliştirilmiştir. Basınçla, hava akımı ve çeşitli solventler ile bitki doku materyallerine zarar vermeyecek şekilde birçok farklı parçalama tekniği geliştirilmiş olup ultra ince öğütme boyutta parçalamalar gerçekteşirilmiiştir [72, 77].

Partikül boyutundaki değişim diyet liflerin fizyokimyasal ve fonksiyonel özelliklerinde değişikliklere neden olarak diyet lif yapısını, gözenekliliği ve yüzey alanını etkiler. Wuttipalakorn et al. (2009), diyet lif partikül büyüklüğindeki azalmanın su tutma kapasitesini azalttığını, Peerajit et al. (2012), diyet lif parçacık büyüklüğünün azalmasının glikoz adsorpsiyon kapasitesi (GAC) üzerinde önemli bir etkisi olmadığını, ancak glisemik (GDRI) indeks ve safra asit geciktirme indeksi (BRI) üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu bildirmiştir [59, 80].

1.4.7. Elma Posası ve Diyet Lifi Çalışmaları

Fischer et al. (1984)' e göre kurutma işlemine tabi tutulmuş elma posasının, gıda işleme tesislerinde buhar üretimi için yakıt olarak kullanmasının enerji için önemli bir katkıda bulunabileceği belirtilmiştir. Sargent et al. (1986)' e göre elma atıklarının fabrika içi yanması için fizibilite çalışması yapılmış ve elde edilen elma posalarının, elma işletmeleri tarafından fosil yakıt olarak kullanılabileceği ve atık imha maliyetlerinin azaltılabileceği bildirilmiştir [18].

Hofvendalh ve Hagerdal (2000)' e göre mükemmel karbon kaynakları olan serbest glukoz ve fruktoz içeriğine sahip elma posası, laktik asit üretimi için iyi bir hammadde olarak öne çıkmaktadır [81]. Joshi et al. (1996) yaptığı çalışmada, elma marmelatı ve sos gibi gıda ürünlerinde ve sitrik asit üretiminde elma posaları kullanılmıştır [81]. Kubicek ve Rhor (1986) ve Shojaosadati ve Babaeipouri (2002) esas olarak sukroz veya melaslı ortamda gerçekleşen sitrik asit üretimi için substrat olarak elma posasını kullanmışlardır. Sitrik asit üretimi için önemli parametreleri belirlemişlerdir [82].

Albuquerque et al. (2006)' a göre glukoz, fruktoz ve sukroz gibi basit şekerleri içeren farklı karbon kaynakları bakımından zengin olması [81], biyoproses için mükemmel bir substrat gibi görünmektedir. Sharma ve Joshi (2001) ve Kaushal et al. (2002) yaptığı çalışmada elma posalarından yüksek besin değerlikli ve düşük hacimli olan atıştırmalık (Pomace Papad) hazırlamışlardır. Rotova (1983)' nın yaptığı çalışmada elma posası tozunu parçalama, ezme, kurutma ve kalıplanabilmesi için yeni bir yöntem geliştirmiştir. Ürettiği tozları çeşitli şekerleme yapımında kullanmıştır. Eingor et al. (1984)' ün yaptığı bir çalışmada bir şekerleme türü olan “toffee” de soya unu ile karıştırmış ve kalite üzerinde bir değişikliğe sebebiyet vermeyerek ikame olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır. Hindistan da şekerleme sektöründe kullanılan elma tozu tüketiminin 2000 ton olduğunu bildirmiştir [83].

Bae et al. (1994) yaptıkları çalışmada %39 oranında elma posası ilave edilen yemlerle beslenen hayvanların kontrol grubuyla kıyaslaması yapılmıştır. Kontrol diyetiyle beslenen hayvanlarla karşılaştırıldığında süt bileşenlerinde proteinin oranının daha fazla, laktoz oranının daha az, yağ oranının ise değişmediği belirtilmiştir. Elma posası ilaveli yemle beslenen hayvanların vücut ağırlıkları kontrol grubuna göre daha ağırdır. Her kg süt başına yem maliyeti hesaplandığında elma posa ilaveli yemler daha maliyetli olmuştur fakat süt kalitesi olarak bakıldığında maliyetin daha düşük olduğu bildirilmiştir [84].

Waugh (1981) elma posasının dolgu maddesi ve hacim arttırıcı olarak mikrokristal selülozun yerine kullanılma potansiyelini belirlemiştir [18].

Ramm et al. (1994) kurutulmuş elma posalarından mumsu madde olan triperpenoid ekstraksiyonu üzerine çalışma yapmışlar ve mumsu madde veriminin CO₂ oranı daha yüksek olan çözücülerle daha fazla olduğunu bildirmiştir. Depektinizasyon işlemi sonrası

%90'lık etanol ile muamele edilen örneklerin verimleri daha fazla arttığını bildirmişlerdir [18].

Stredansky et al. (2000) tarafından yapılan çalışmada, γ -linolenik asit (GLA) üretimi için kullanılmıştır. Biyolojik olarak aktif %11,43 GLA içeren yüksek değere sahip olan fungal yağ üretimi için ana substrat bileşenleri olarak malt taneleriyle birlikte elma posası kullanılarak elde edilmiştir [82].

Paganini et al. (2005) elma posasından etanol üretimi için katı hal fermantasyon işlemini tarif etmiştir. Sonuçlar, elma posasından katı hal fermantasyonu ile etanol üretiminin, artık imhasını azaltmak için etkili bir seçenek olduğunu belirtmiştir. Nogueira et al. (2005), substrat olarak elma posasının sulu ekstraktını fermantasyon ile değerlendirmiş ve %60'lık bir fermantasyon verimi elde etmiştir [18, 82].

Yılmaz ve Alagöz (2009) organik materyal olarak elma posasını gübre olarak killi toprağa eklemiş ve toprağın verimi ve mineral dengesine etkisini incelemişlerdir. Elma posası uygulaması ile toprağın N, P, Fe, Mn ve Cu içeriklerinde artışa sebep olduğu belirlenirken toprağa ekilen fasulye bitkisinin kuru madde verimine bir etkisi olmadığı bildirilmiştir [85].

Figuerola et al. (2005) elma ve narenciye meyve artıklarından elde edilen lif konsantratlarının bazı fonksiyonel özelliklerini belirleyerek gıdaların zenginleştirilmesinde potansiyel lif kaynakları olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Eksrakte edilen diyet liflerin fonksiyonel özelliklerinin, parçacık boyutuna büyük ölçüde bağımlı olarak arttığını yanı sıra ısıtma işlemiyle de artabileceğini belirlemişlerdir [6].

Jung et al. (2015) elma posasını farklı kurutma teknikleri ile kurutarak fırın ve et ürünlerinde kurutulmuş elma posası ununu değerlendirmişlerdir. %15-20 oranında elma posası unu ile zenginleştirilmiş örneklerin, kontrollere kıyasla %44-59 daha yumuşak, %30 daha fazla çiğneme ve %14 oranıyla daha az nem miktarına sahip olduğu bulunmuştur. Takviyeli et ürünlerinin, kontrol örneklerden daha yüksek diyet lifi içeriği ve radikal süpürme aktivitesine sahip olduğunu belirlemişlerdir [86].

Bhushan et al. (2015) elma posalarını farklı yöntemlerle kurutmuş ve kurutma yönteminin posa hücre duvarı özellikleri ile fenolik profili üzerindeki etkilerini incelemiştir. Dondurarak kurutulmuş örneklerde, toplam diyet lifi verimi (%74),

yoğunluk, su ve yağ tutma kapasitesi, şişme kapasitesi ve glukoz diyaliz geciktirme indeksi (%36,9) gibi fonksiyonel özellikler daha iyi gözlenmiştir. Toplam fenolik madde içeriği ($5,78 \pm 0,08$ mg GAE / g kuru ağırlık) dondurularak kurutmada belirlenmiştir. Aynı zamanda, %50 su-aseton çözgeninin fenolik bileşen ekstraksiyonu için daha verimli bir çözücü olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle, endüstriyel ölçekte üretilen posanın gıda katkı maddesi olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır [83].

Ou et al. (2011) Buğday kepeği ve soya fasulyesi tohumu kabuğundan çözünmeyen diyet lifi, elma kabuklarından çözünen diyet lifleri elde ederek bunların tek başına ve kombinasyonlarının dört toksik element (Pb, Hg, Cd ve As), kolesterol ve safra asidi bağlama kapasitelerini incelemişlerdir. Suda çözünen diyet lifleri, üç toksik katyon, kolesterol ve sodyum cholat için daha yüksek bir bağlama kapasitesi göstermiştir. Elma kabukları, buğday kepeği ve soya fasülyesi tohum gövdesi 2:4:4 (w/w) oranındaki diyet liflerinin karışımı, üç toksik katyon, kolesterol ve sodyum cholat ve safra asidi için suda çözünmeyen diyet liflerinin bağlama kapasitesini önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir [87].

Demir (2011) yaptığı çalışmada kefirin probiyotik özelliklerini devam ettirip ettiremeyeceğini tespit etmek amacıyla yarım yağlı UHT inek sütlerine elma lifi (%1-2) ve limon lifi (%1-2) ilave edilmiş yarım yağlı süttten elde edilen kefirde elma ve limon lifinin prebiyotik olarak kullanımının ürünün fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerine etkisini ve depolama süresince değişimini incelemiş ve lif ilave edilen örneklerin lif konsantrasyonuna ve depolama süresine göre duyuşal özelliklerinin değiştiğini bildirmişlerdir [88].

Macagnan et al. (2015) Ratlar üzerinde yapılan denemeler sonucunda besinlere eklenen elma posası, portakal posası ve passion meyvesinin, ratların glukoz ve lipid metabolizması üzerinde olumlu etkilerinin olduğu bildirmiştir [43].

Chiewchan et al. (2012) lime posasını diyet lifi tozu üretmek için hammadde olarak kullanılmıştır. Lime posalarını ağartma işlemine tabi tutmadan önce ön muamele için (30 dakika %95 (V/V) etil alkol içerisinde bekletmiş ve 60°C' de kurutarak partikül boyutunu (38-450µm) küçülterek teknolojik-beslenme özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Glikoz adsorpsiyon kapasitesi (GAC), glikoz retardasyon indeksi (GRI) ve safra asidi gerileme indeksi (BRI) sonuçlarına göre etkileri belirlenmiştir. Etanol ön

uygulaması sonrası ağartılan diyet lifi tozunun, daha yüksek GRI ve BRI sergilediğini göstermiş fakat, ön uygulamanın GAC' ı etkilemediğini belirlemişlerdir. Etanol ıslatmalı ve ağartılmış küçük boyutlu (38-63 μm) diyet lifi tozlarının incelenen bütün örneklerle göre daha yüksek GRI ve BRI'ye sahipti olduğunu bildirmişlerdir [59].

Ahmed et al. (2013) hurma meyvesinden sulu ortamda mikrodalga destekli diyet lifi izolasyonu yapmış elde edilen lif konsantresi üzerinde partikül boyutunun etkisini incelemiştir. Diyet lifi konsantrasyonunun, ekstraksiyon yönteminin ve partikül boyutun lifin teknolojik özellikleri üzerine önemli etkileri olduğunu bildirmiştir [89].

Ma ve Mu (2016) yağı alınmış kimyon bitkisinden farklı yöntemler kullanarak konsantre çözünmez diyet lifini enzimatik ve alkali yöntem kullanarak gerçekleştirmişler ve partikül boyutunun lif özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Liflerin partikül boyutu arttıkça teknolojik özelliklerinin paralel olarak iyileştiğini bildirmişlerdir [60].

Chau et al. (2005) yaptığı çalışmada havuçtan çözünmez diyet lifi ekstraksiyonu gerçekleştirmişler ve farklı mikronizasyon yöntemleriyle partikül boyutunu küçülterek farklı parçalama teknikleri ve partikül boyutunun lifin teknolojik özellikleri üzerine önemli etkisi olduğunu bildirmiştir. Teknolojik özellikleri bakımından bilyalı ve jet parçalamaya kıyasla en iyi parçalama yönteminin yüksek basınçlı parçalama yöntemi olduğunu bildirmişleridir [61].

Day et al. (2011) havuç posasının değerlendirilmesi amacıyla diyet lifi içeriği yüksek tozları iki farklı ıslak parçalama yöntemiyle partikül boyutunu küçültmüş ve farklı parçalama tekniklerinin fonksiyonel özellikler üzerine etkisini incelemek amacıyla %0,5-2 oranlarında yoğurda ilave ederek yoğurt jeli üzerindeki etkilerini belirlemişlerdir. Su tutma ve yoğurt jeli üzerinde partikül boyutunun ve parçalama tekniğinin etkili olduğunu bildirmişlerdir [90].

Zhou et al. (2016) şeker kamışına alkali hidrojen peroksit yöntemiyle ön işlem uygulamışlar ve derişik HCl ile nötralizasyon işleminin ardından akabinde su ile yıkama işlemi sonucu konsantre diyet lifi elde etmişler. Aynı zamanda miyofibril protein ekstraksiyonu gerçekleştirerek, proteinlerin jel yapma kabiliyetlerini incelemişlerdir [91].

Du et al. (2014) bir arpa çeşidi olan Qingke bitkisinden diyet lifi ekstraksiyonu için ultrasonik destekli enzimatik yöntem uygulamışlardır. Konsantre diyet liflerinin partikül boyutunu ultrafine parçalama yöntemiyle küçülterek su tutma, yağ tutma, yutma kapasitesi, iyon absorpsiyon kapasitesinin partikül boyuta bağlı değişimini incelemişler ve partikül boyutunun azalmasına bağlı olarak su tutma özelliğinin azaldığı, yağ tutma, yutma ve iyon absorpsiyon kapasitesinin arttığını tespit etmişlerdir [92].

Zhou et al. (2010) yaptığı çalışmada benzer şekilde buğdaydan diyet lifi ekstraksiyonu gerçekleştirmiştir. “Ultrafine” parçalama yöntemini kullanarak partikül boyutunu küçültmüş ve liflerin fiziko-kimyasal özellikleri üzerine partikül boyutun önemli olduğunu bildirmiştir [93].

Du et al. (2015) yaptıkları başka bir çalışma da ise Qingke’ den diyet lifi ekstraksiyonunu önceki çalışmalarındaki gibi gerçekleştirmişler ve elde ettikleri diyet liflerinin partikül boyutunu “Superfine” parçalama yöntemiyle küçültmüşlerdir. Partikül boyutu küçülen liflerin teknolojik özellikleri partikül boyutunun küçülmesine göre su tutma kapasitesi önemli şekilde değişmemiş diğer özellikleri ise artmıştır. Buna ilaveten bu yöntem ile yapılan parçalama diyet liflerinin çözünmez durumdan büyük oranda çözünür duruma geçmesini sağlamıştır [94].

Coda et al. (2014) farklı parçacık boyutlarında (750, 400, 160, 50 μm) biyoproses uygulaması ile buğday kepeğinin beslenme kalitesi ve sağlık etkileri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Biofermentasyon işlemini, *Lactobacillus brevis* E95612 ve *Kazachstania exigua* C81116 ve belirli karbohidraz aktiviteleri içeren bir enzim ilave ederek gerçekleştirmişlerdir. Biyolojik işleme, partikül büyüklüğüne bağlı olarak buğday kepeğinin mikroyapısını ve kimyasal ve besinsel özelliklerini açıkça etkilemiştir. Biyolojik işleme, antioksidan ve fitaz aktivitelerini (3,7 kat), peptidleri ve toplam serbest amino asitleri ve içeriği (%40’ a kadar) ve proteinlerin in vitro sindirilebilirliğini önemli ölçüde geliştirmiştir. Antioksidan aktivite ve besin indeksleri, daha küçük partikül büyüklüğüne sahip olan kepek ile karşılaştırıldığında, biyoproses uygulanan örneklerin daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir [95].

Ulbrich ve Flöter (2014) selüloz içerikli ticari diyet liflerini yüksek basınçlı homojenizatör ile mekanik homojenizasyon işlemine tabi tutmuşlar ve farklı kurutma yöntemleriyle lifleri kurutarak homojenizasyon ve kurutma tekniklerinin diyet lifin su

tutma kabiliyeti üzerine etkisini incelemişlerdir. Dondurarak kurutma ve su-etanol-özütleyerek kurutma yöntemlerinin püskürtme ve fırında kurutmadan daha yüksek su bağlama kapasitene sahip olduğunu bildirmişlerdir. Selüloz esaslı lif konsantrelerinin su bağlama kapasitesi üzerinde mekanik işlemin etkisinin, kurutulmuş numunelerin gözenekliliği ile önemli ilişkisi olduğunu belirlemişlerdir [96].

1.5. Model Gıda Uygulaması

1.5.1. Model gıda yoğurt

Türk Standartları Enstitüsü TS 1330 Yoğurt Standardında göre yoğurt; inek, koyun, manda, keçi sütü veya karışımlarının pastörize edilmesi veya pastörize sütün gerektiğinde süttözu ilavesiyle homojenize edilip veya edilmeden *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'dan oluşan yoğurt kültürünün ilave edilmesi ile elde edilen mamuldür [97].

Yoğurt laktik asit bakterileri tarafından süt bileşenlerinin insan beslenmesinde yararlı olan metabolik ürünlere dönüştürüldüğü tüm bileşenleri içermektedir. Yoğurt protein, kalsiyum, fosfor, B1 (tiamin), B2 (riboflavin), ve B12 vitaminleri içeriği bakımından oldukça zengin bir üründür. Ayrıca yoğurdun folik asit, niasin, magnezyum ve çinko değerleri de süte oranla oldukça yüksektir. Dolayısıyla düzenli yoğurt tüketimi ile özellikle çocuklar ve gençler için günlük önerilen vitamin A, folik asit, vitamin B12, kalsiyum ve magnezyum miktarlarının önemli bir bölümü karşılanabilmektedir [98].

Yoğurt üretiminde kullanılacak çiğ süt, mikrobiyolojik yönden çok kaliteli olmalıdır. Antibiyotik kalıntısı içeren ve mastitisli hayvanlardan elde edilen sütler, kesinlikle yoğurt yapımında kullanılmamalıdır. Çiğ süt kabul kriterlerini taşıyan hammadde yoğurt yapımı için önce klarifikasyon işleminden geçirilir. Süt yağının standardize edilmesi için seperatöre yönlendirilir. Burada fazla kremanın çekilmesi suretiyle, sütün yağ oranı yaklaşık $4\pm 0,2$ ' ye ayarlanır. Standardize edilmiş süt, pastörizasyon işlemi için pastörizatöre yönlendirilir. Bu üniteye süte, $75\pm 3^{\circ}\text{C}$ ' de yaklaşık 15 sn ısıtma işlemi uygulanır. Daha sonra kuru madde standardizasyonu için pastörize süt, evaporatöre gönderilir. Evaporatörde yaklaşık $55-65^{\circ}\text{C}$ ' de sütün suyu vakum altında uçurularak istenilen kuru madde oranı ayarlanır. Evaporatörden çıkan süt, 55°C ' de homojenize edilir. Homojenizasyonun amacı; süt yağının, serum içerisinde çaplarının küçültülmesi yoluyla eşit oranda dağılımını sağlamaktır. Bu işlemin bitiminde homojenizatörden çıkan süt tekrar pastörize edilir ve $4-6^{\circ}\text{C}$ ' ye soğutulularak proses tankına alınır. Burada

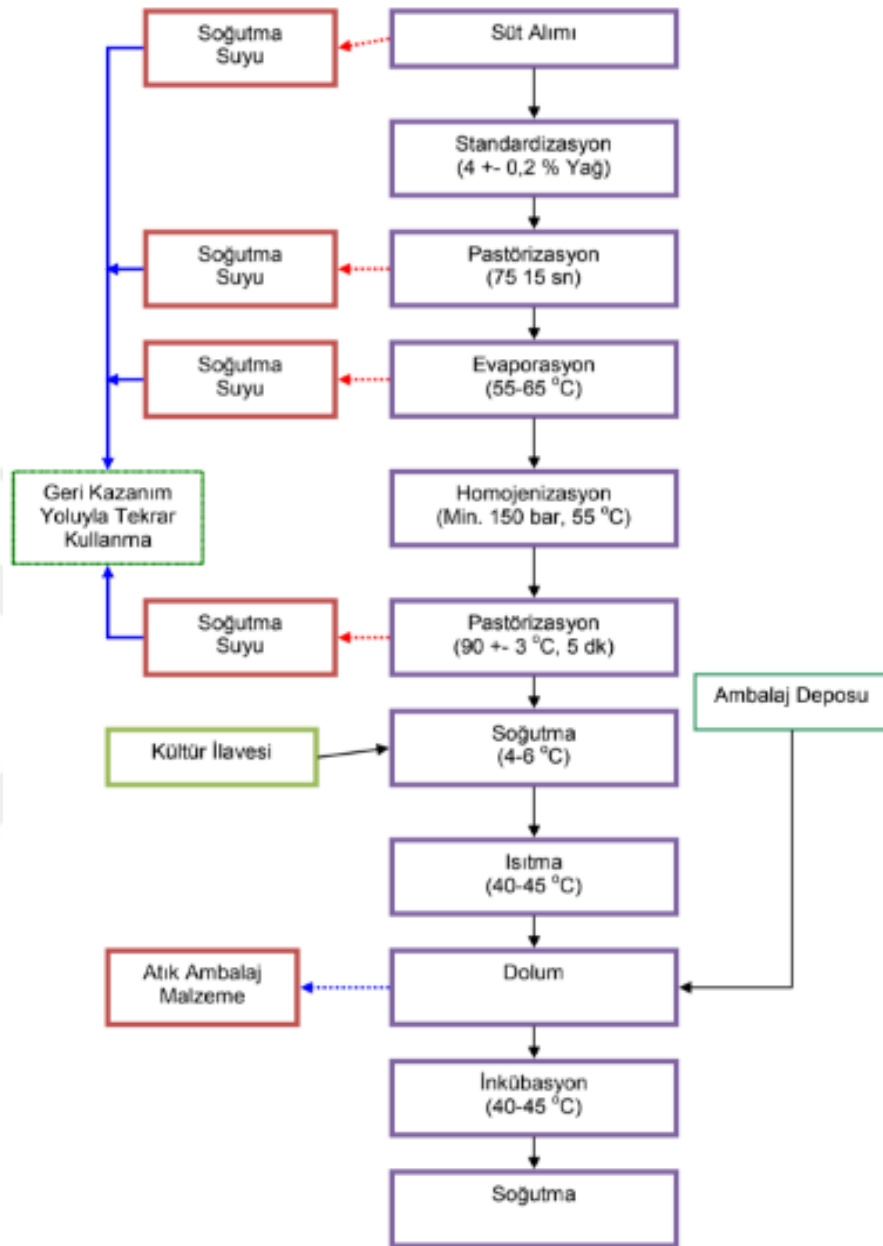
süte *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* tan oluşan yoğurt kültürü ilave edilir ve tankın karıştırıcıları açılır. Üretime başlamadan hemen önce 40-45°C' ye ısıtılan kültürlü süt doluma gönderilir. Dolumu yapılan ambalajlar, 40-45°C' de ki inkübasyon odalarına alınırlar. Bu odalarda istenilen yapı ve kıvam kazanan yoğurtlar, 4°C' de depolanmak üzere soğuk hava depolarına gönderilir. Bu üretim yöntemi ile üretilen yoğurtlar Set yoğurt (pıhtısı kırılmamış yoğurt), olarak adlandırılırken, fermantasyon işlemi bir tank içerisinde gerçekleşmekte ve inkübasyon sonunda pıhtı kırılarak bir pompa aracılığı ile kaplara dolum gerçekleştiriliyor ise bu tip yoğurtlar ise Stirred yoğurt (pıhtısı kırılmış yoğurt) olarak adlandırılır (Şekil 1.22) [97, 98].

Yoğurdun sağlık üzerine etkilerini üzerine yapılan çalışmaların artmasına paralel olarak, tüm dünyada yoğurt üretim ve tüketimi yaygınlaşmıştır. Yoğurt, yapısında kaliteli protein, karbonhidrat ve lipid bulunan, kuru madde içeriği yüksek, ayrıca; kalsiyum, fosfor ve B vitaminleri bakımından da oldukça zengin bir süt ürünüdür. Beslenmede önemli bir yere sahip olan yoğurt fonksiyonel bir gıda olarak değerlendirilmektedir. Yapılan çalışmalarda yoğurt tüketiminin artışıyla kan-lipid profilinin iyileştiği bildirilmiştir. Bunun yanında yoğurdun diyabet yönetimi, ishal tedavisi, kilo yönetimi, bağırsak mikroplarını azaltıcı etkileri de çalışmalarla desteklenmiştir [98].

Yoğurt kimyasal bileşimi bakımından süte benzemekle beraber sütün bileşimine göre, yoğurt yapımı sırasında süte uygulanan işlemlerden, üretim sırasında katılan maddelerden veya bakteriyel fermentasyon sırasında meydana gelen değişimlerden kaynaklanan farklılıklar göstermektedir (Tablo 1.9.). Yönteme bağlı olarak süt bileşenlerindeki artış oranları farklılık gösterse de, yoğurt sütü üretildiği inek sütünden daha çok kuru madde içermektedir. Laktik asit bakterilerinin fermentasyonundan dolayı orijinal sütün bileşimindeki laktozdan laktik asit, proteinlerden peptit ve amino asitler, yağlardan yağ asitleri oluşur [97].

Tablo 1.9. Yoğurt içeriğinin bileşimleri (%) [97]

Yoğurdun Bileşimi	Miktar (%)
Su	80-86
Kuru madde	14-20
Yağ	2-8
Protein	4-8
Süt şekeri	2-5
Mineral madde	0,8-1,2
Asitlik	0,9



Şekil 1.22. Set tip yoğurt üretim akış şeması [97]

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyaller

2.1.1. Elma Posası

Diyet lifi üretimini gerçekleştirdiğimiz bu tez çalışmasında hammadde olan elma posaları (Şekil 2.1) Göknur Gıda Maddeleri Enerji İmalat İthalat İhracat Ticaret ve Sanayi A.Ş.' den temin edilmiştir. Gerekli analizlerin yapımı ve üretimler boyunca +4°C 'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.



Şekil 2.1. Elma posası

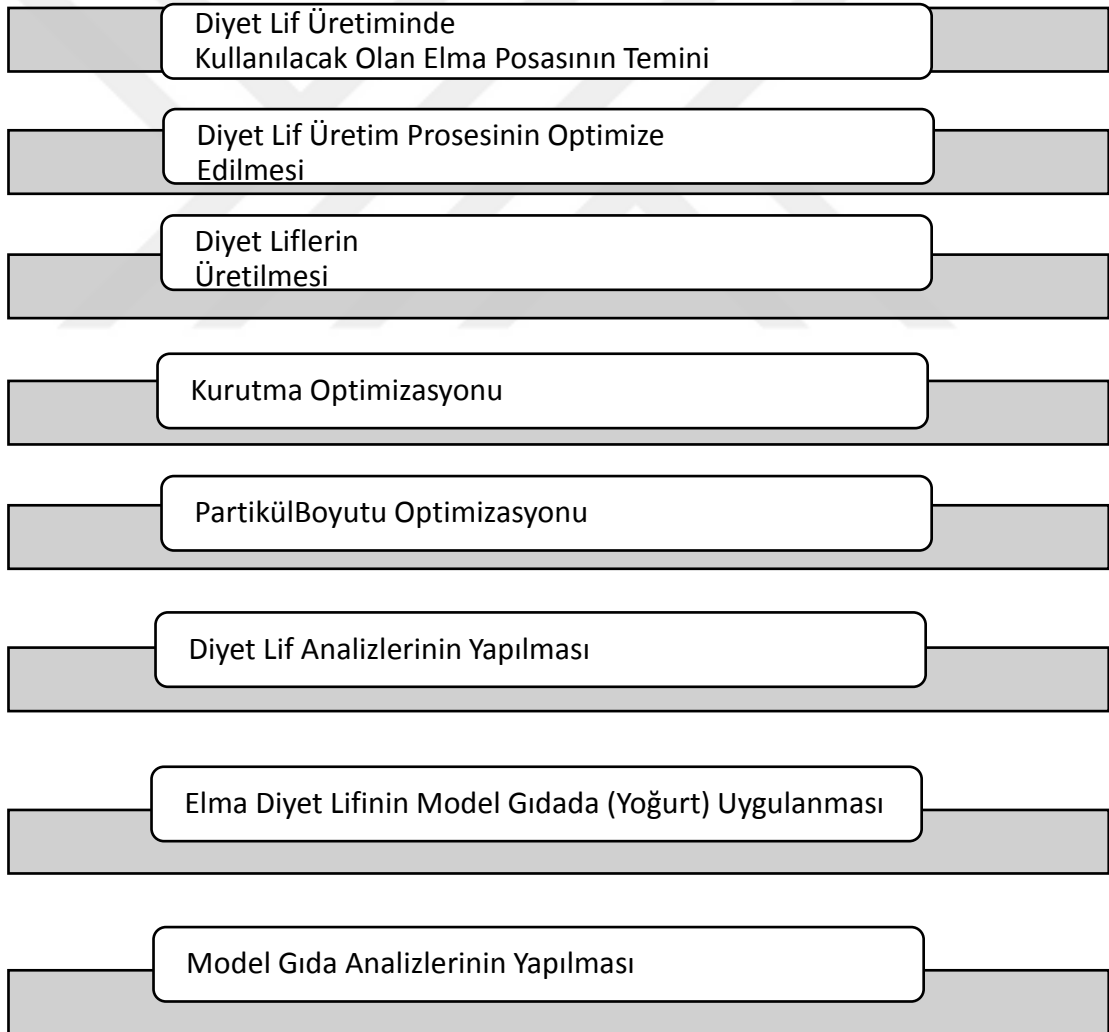
2.1.2. Kimyasallar

Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler analitik saflıkta firmalardan temin edilmiştir. Kullanılan kimyasallar, Amiloglikosidaz (Sigma-9913), Proteaz (Sigma-P6110), D-Glukoz Standart Çözeltisi (Sigma-G3285), Sodyum Dihidrojenfosfat (Merck-106345), Alfa-Amilaz (Sigma-A3306), Aseton (Merck-100014), Borik Asit (Merck-100165), (D+) Glukoz Monohidrat (Merck-T090271), Di Sodyum Hidrojen Fosfat (Merck-106579), DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Sigma-D9132), Etil Alkol (Merck-100971), Folin & Ciocalteu's Phenol Reagent (Sigma-F9252), GOPOD Çözeltisi (Sigma-G3660), Hidrojen Peroksit %30 (Merck-108597), Hidroklorik Asit (Merck-100314), Metanol (Merck-106007), Sodyum Bi Sülfid (Merck-106357), Sodyum Hidroksit (Merck-

106462), Sodyum Karbonat (Merck-106392), Sülfirik Asit (Merck-100713), ABTS(2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(Sigma-A1888), Megazym D-Glukoz Assay Kit'tir.

2.2. Yöntem

Sunulan tez dört aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak elma posasından diyet liflerin üretilmesi ve üretim yönteminin optimizasyonu, ikinci olarak kurutma ve boyut küçültme optimizasyonu, üçüncü olarak model gıda olan yoğurtta üretilen diyet liflerinin denenmesi son olarak ise diyet lifi ilaveli yoğurtların özelliklerinin incelenmesidir. Şekil 2.2' de tez çalışma planı ve uygulama akım şeması görülmektedir.



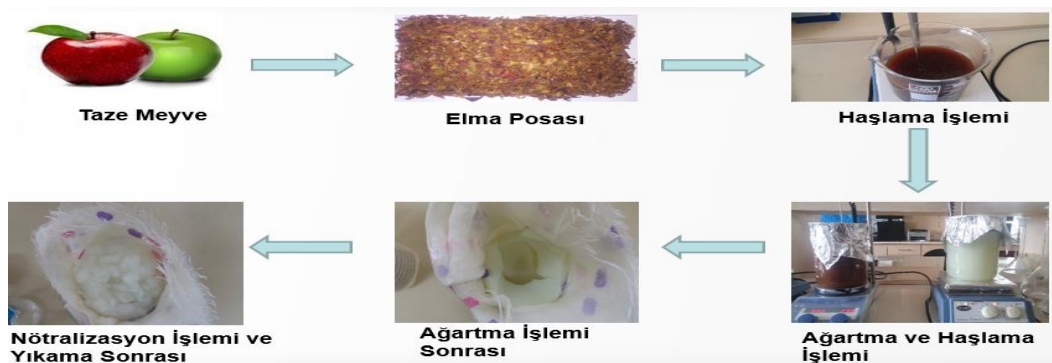
Şekil 2.2. Tez çalışma planı

2.3. Diyet lifi üretim yöntemi

Elma posasından diyet lifi üretimi yöntemi AOAC 985.29 (enzimatik) ve AOAC 993.21 (enzimatik olmayan) toplam diyet lifi belirleme metodları modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir [53]. Ön denemeler sonucu %20 kuru madde içeren 100g posa içerisine 500ml saf su eklemesi uygun görülmüştür. Nişastanın ve suda çözünen maddelerin uzaklaştırılması amacıyla manyetik karıştırıcı (IKA C-MAG HS 7) ile 200-230 rpm de karıştırma işlemi uygulanarak 95-100°C’ de yarım saat haşlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Haşlanan posa Renard et al. (1996)’ın elma üzerinde yapmış olduğu ağartma optimizasyonu verileri doğrultusunda 60°C’ ye soğutularak 2M NaOH ile pH’ sı 12 ye getirilmiştir [63]. Ön denemeler sonucu; %2(v/v)’lik H₂O₂ ağartma için uygun görülmüştür. pH 12 de toplam hacmin %2’ si olacak şekilde H₂O₂ eklenmiştir. 60-70°C’ lik sıcaklık sabit tutularak, alkali ortamda manyetik karıştırıcı ile 200-230 rpm de karıştırılmasıyla bir saat ağartma işlemi uygulanmıştır. Ağartma işlemi sonrası süzme işlemi gerçekleştirilerek sonrasında süzülen sıvı kısım kadar katı materyale saf su eklenmiştir.

Miedzianka ve Pesksa (2012) çalışmasında da belirtilen yöntem ile içerisinde bulunan proteinin çöktürülmesi ve ağartma sonrası içerisinde artan kül miktarının azaltılması için nötralizasyon işlemi uygulanmıştır. Nötralizasyon işlemi için %37’ lik HCl asit ile pH’ sı 7 ye ayarlanmıştır. Ve içerisine toplam hacmin %0,045(w/v)’ i kadar CaCl₂ eklenmiştir. Sıcaklığı 80-85°C’ de sabit tutularak 20 dakika işlem gerçekleştirilmiştir [99, 100]. Nötralizasyon işlemi sonrası diyet lifleri süzölmüştür. 60°C’ de etüvde kurutulmuştur. Boyutu küçültülerek toz hale getirilmiştir. Tez kapsamında elma diyet lifi üretim akışı şekil 2.3 ve şekil 2.4’ de verilmiştir.



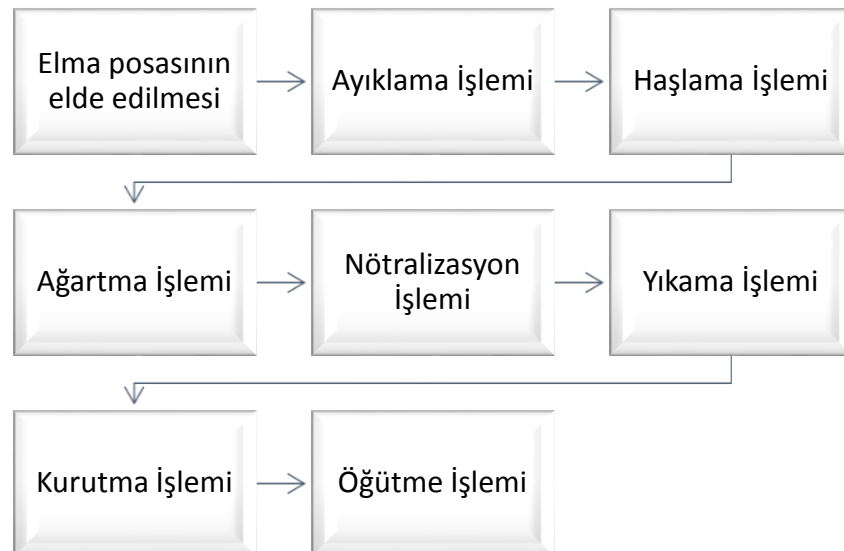
Şekil 2.3. Elma diyet lifi üretim görsel şeması

Enzimatik olmayan elma diyet lifi üretiminde ultraturrax işlemin, ultrasonikasyon işleminin, alkol-aseton ile yıkama işleminin ve 12 saat posaları saf suda bekletme işlemleri eklenerek optimizasyon bölümünde yer verilen şekilde optimize edilmiştir. Belirlenen enzimatik olmayan optimum elma diyet lifi üretim yöntemine haşlama sırasında termo stabil α -amilaz, nötralizasyon sırasında proteaz eklenerek sıcaklığı 60°C de 30dk tutulmuş ve enzimatik yöntemle de diyet lifi elde edilerek iki yöntem arasındaki saflık değerleri (protein (%), kül (%), nişasta (%)) karşılaştırılmıştır.

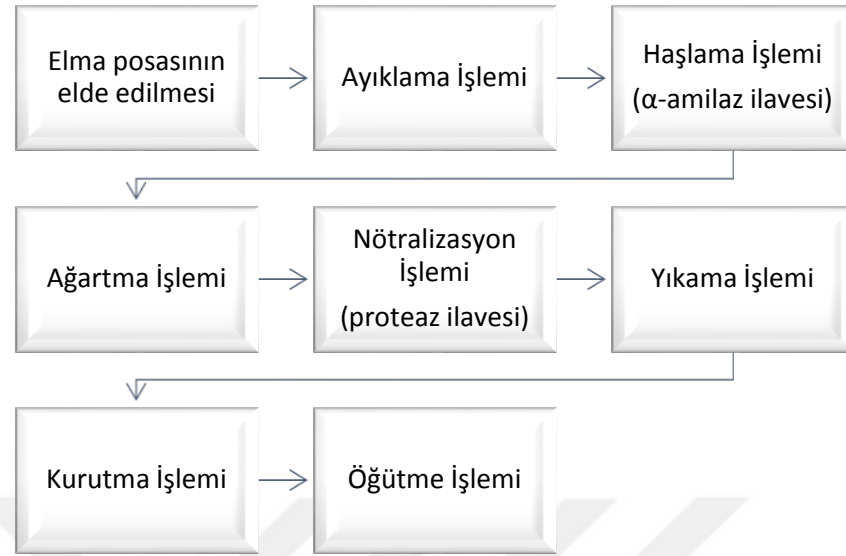


Şekil 2.4. Elma diyet lifi üretim görsel şeması devamı

Elma diyet lifi üretim yöntemi aşamaları Şekil 2.5 ve Şekil 2.6' da verilmiştir.



Şekil 2.5. Enzimatik olmayan elma diyet lifi üretimi akışı



Şekil 2.6. Enzimatik elma diyet lifi üretimi akışı

2.3. Optimizasyon

2.3.1. Optimizasyon Yöntemi

Elma posasından diyet lifi üretim yöntemi optimizasyonu Taguchi matematiksel model kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelenmiş ve Taguchi Mixed Level Orthogonal Design ($4^2 \times 2^1$) kullanılarak elma posasından diyet lifi (yüksek saflıkta ve renksiz) üretimi ile ilgili çalışma bulunmamıştır. Bu nedenle tez çalışması özgündür.

Taguchi matematik modellemesi için Minitab 18.1.0.0 programı kullanılmıştır. Taguchi yönteminde; sistem, parametre ve tolerans tasarımları olmak üzere üç tasarım aşaması bulunmaktadır. Bu çalışmada, parametreler için en iyi toleransları belirlemek için Taguchi yönteminin tolerans tasarımı kullanılmıştır. Signal Ratios (SNR), seçilen parametrelerin etki düzeylerinin belirlenebilmesi için en önemli ölçüttür. SNR, sinyal gücü oranı olarak tanımlanır, yani S (sinyal) ortalama anlamına ve N (gürültü) standart sapma anlamına gelir. SNR yükseldikçe, ürünün kalitesi artar. Temel amaç SNR'yi maksimize etmektir. Böylece faktörlerin olumsuz etkisini en aza indirgeyerek, işlem performansı üzerinde önemli bir etkinin sağlanması hedeflenmektedir [101].

Taguchi, özellikle ürün tasarımının ve maliyetlerinin en aza indirgenmesi için; parametre tasarımında ve tolerans tasarımında, kaliteyi geliştirmeyi kolaylaştırmak için istatistiksel deneysel tasarım yöntemlerinin kullanılmasını önermektedir. Taguchi

analizinde, hedef tasarımının verileri üç farklı kalite parametresi bulunmaktadır. Bunlar; daha yüksek daha iyidir, nominal en iyisidir ve daha düşük olan daha iyidir. Mühendislik analizlerinde yaygın olarak kullanılan Taguchi yöntemi, sistem parametrelerini tasarlamak için güçlü bir araçtır. Taguchi yöntemi, deneylerin tasarımı için ortogonal diziler olarak bilinen standart tabloları kullanır. Ayrıca bu diziler, sistemin performansını etkileyen tüm parametrelerin etkilerinin az sayıda denemeyele araştırılması için kullanılır. Yöntem, deneysel araştırma için gereken süreyi önemli ölçüde azaltır. Her bir kontrol edilebilir parametre için optimum seviyeyi ve bireysel parametrelerin yanıt üzerindeki ana etkileri bakımından önemini belirlemek için ortogonal bir deney yapılır [102].

Diğer taraftan, ortogonal dizilere dayanan matris deneyleri, birkaç faktörün aynı anda daha az sayıda denemeyele etkisini incelemeye olanak sağlar. İşlem parametrelerinin sayısına ve ayar seviyelerine bağlı olarak, uygun bir dizi seçilir. Ortogonal dizinin her bir sütunu, her denemede bir işlem parametresi ve ayar düzeyini belirtir. Her bir satır ise, farklı işlem parametrelerinin düzeyleri ile bir denemeyi belirtir [102].

Deneysel modelleme sonucunda elde edilen verilerin kalite parametreleri bakımından etkisinin ölçülmesinde ANOVA (Analysis of Variance) kullanılarak $p < 0,05$ güven aralığında faktörlerin ağırlıklı etkisi Tukey testi yapılarak belirlenmiştir.

Bu bağlamda optimum diyet lifi için yapılan deney modellemesi cevapları sonucu lif içerisinde bulunan protein (%), nişasta (%) ve kül (%) için daha küçük olan daha iyidir kalite parametresi kullanılırken, L (parlaklık) renk değeri için daha yüksek olan daha iyidir, a^* (kırmızılık değeri) ve b^* (sarılık değeri) için negatif (-) değerler pozitif alınarak daha küçük daha iyidir kalite parametresi seçilmiştir.

2.3.2. Taguchi Model İle Diyet Lifi Üretim Optimizasyonu

Yüksek saflıkta ve renksizleştirilmiş diyet lifi üretim yöntem optimizasyonu gerçekleştirmek için Taguchi Mixed Level Ortogonal Design $L_{16} (4^2 \times 2^1)$ kullanılarak üretim yönteminde;

Haşlama işlemi öncesi ultraturrax (IKA T18) ile homojenizasyonun (1 dk-20.000 rpm) [61],

Ağartma işlemi sırasında (VWR ultrasonik banyo) ultrasonikasyon işleminin (1saat-45kHerz 80W),

Nötralizasyon işlemi sonrası süzülen liflerin %78(v/v) ve %95(v/v) lik etil akolle yıkanmasının,

Nötralizasyon işlemi sonrası %99,9(v/v)' luk aseton ile yıkanmasının,

Posanın işleme alınmadan önce 12 saat suda bekletilmesinin,

Diyet lifinin saflığı (%protein, %kül, %nişasta) ve renksizliği (L , a^* , b^*) üzerine etkisine bakılmıştır. Bunun için üç farklı etki faktörü ve dört farklı etki seviyesi belirlemiş olup iki paralel yapılarak 16 deneyli matematiksel modelleme uygulanmıştır (Tablo 2.1.).

Deney modellemesi sonucu elde edilen optimum diyet lifi üretim yönteminde doğrulama deneyleri iki paralel olacak şekilde yapılmıştır. Doğrulama deneyi neticesinde, diyet lifi üretim yönteminde bazı modifikasyonlar yapılmış ve optimum bulunan noktalarda uygulanmıştır.

Yapılan değişiklikler şöyledir;

Elma posasından sap ve çekirdekler ayrılmıştır.

H'ng et al. (2015) çalışması göz önünde bulundurularak nötralizasyon aşamasında, %37(v/v)' lik HCl asit yerine %99,9(v/v)' luk asetik asit kullanılmıştır [103].

Nötralizasyon aşamasında kullanılan %0,045(m/v) CaCl_2 tuzu kullanılmamıştır.

Taguchi mixed level ortogonal design ($4^2 \times 2^1$) ile oluşturulan deneysel modellemenin faktörleri;

A faktörü (metodlar)

- A_1 -Ultraturrax
- A_2 -Ultasonik
- A_3 -Mixed metod
- A_4 -Kontrol

B faktörü (yıkama çözeltileri)

- B₁-Alkol ile yıkama
- B₂-Aseton ile yıkama
- B₃-Mixed yıkama
- B₄-Kontrol

C faktörü (12 saat suda bekletme işlemi)

- C₁-12h Bekletme İşlemi
- C₂-Kontrol

Tablo 2.1. Matematiksel modelleme deney tasarımı

A	B	C
1	1	1
1	2	1
1	3	2
1	4	2
2	1	1
2	2	1
2	3	2
2	4	2
3	1	2
3	2	2
3	3	1
3	4	1
4	1	2
4	2	2
4	3	1
4	4	1

2.3.3. Kurutma Optimizasyonu

Matematiksel model sonuçlarına göre seçilen optimum üretim yöntemiyle üretilen diyet lifleri tepsili kurutucu (Eksis TK-Lab) ve mikrodalga kurutucu (Arçelik MD 674) ile kurutulmuştur. 20 g yaş diyet liflerinden alınarak cam petrilere 1 mm kalınlığında serilmiştir. Mikro dalgalı kurutucuda sırasıyla 260W, 300W, 460W güç uygulanarak <%1,5 son nem değerine düşüne kadar kurutulmuştur. Kurutma gücüne göre kurutma süreleri belirlenmiştir.

Benzer şekilde 20g yaş lif örneği 1mm kalınlıkta cam petrilere ve ince gözenekli elek üzerine serilerek sırasıyla 50, 60, 70 ve 80°C' de 1,5 m/s hava akış hızı, %1 histerisis miktarı, 1°C PID (Proportional-Integral-Derivative) farkı ve 5 devir/dk dönme hızına

sahip olan tepsili kurutucuda nem değeri $<1,5$ olana kadar kurutulmuştur. Kurutma sıcaklığına göre kurutma süreleri belirlenmiştir.

İki kurutma yönteminden elde edilen kurutulmuş lifler bilyalı öğütücü ile öğütülmüş ve partikül boyutları $<36\mu\text{m}$ a indirilmiştir. Boyutu küçültülen toz liflerin yağ tutma, su tutma ve renk (L , a^* , b^*) değerlerine göre en uygun kurutma yöntemi belirlenmiştir.

2.3.4. Mikronizasyon (boyut küçültme) optimizasyonu

Kurutma optimizasyonu sonucu belirlenen optimum kurutma yöntemiyle kurutulan liflere bıçaklı (IKA M20) ve bilyalı parçalayıcı (Retsch MM400) yardımıyla mikronizasyon işlemi uygulanmıştır. Partikül boyutu mikron düzeyde küçültülen toz lifler titreşimli elek (Retsch AS 400) yardımıyla boyutları sınıflandırılmıştır. Toz lifler partikül boyutuna göre $<75\mu\text{m}$, $75\mu\text{m} < x < 180\mu\text{m}$, $180\mu\text{m} < x < 300\mu\text{m}$ olarak üç grupta incelenmiştir. Yağ tutma ve su tutma özellikleri belirlenerek lifin partikül boyutunun teknolojik özelliklerine etkisi belirlenmiştir.

2.4. Analizler

2.4.1. Diyet Lifi Analizi

Diyet lifi analizi için Total Dietary Fiber Assay Kit kullanılarak AOAC 985.29 toplam diyet lifi analizi yapılmıştır. 1g örnek 500mL shot şişe içerisine konulmuştur. Üzerine 50mL pH' sı 6 ya ayarlanmış fosfat buffer ve 50µL termo satabil α -amilaz eklenmiştir. 15dk 95-100°C' de su banyosunda 5 dakikada bir çalkalayarak bekletilmiştir. Su banyosundan alınan örnek soğutulmuştur. 10mL 0,275N NaOH eklenip pH' sı 7,5' e getirildikten sonra 100µL proteaz solüsyonu eklenmiştir. 60°C' de su banyosunda sürekli çalkalanarak 30dk bekletilmiştir. Su banyosundan alınan örnek soğutulmuş ve 10 mL 0,325N HCl eklenerek Ph' sı 4,5' e ayarlanmıştır. 200µL amyloglukosidaz solüsyonu eklenerek 60°C' deki su banyosunda sürekli çalkalanarak 30dk bekletilmiştir. Su banyosundan alınan şişeye 60°C' de 280 mL %95(v/v)'lik etanol eklenerek oda sıcaklığında 1 saat prespitasyon uygulanmıştır. 1 saat sonunda prespite olan lifler süzümüştür. Kalıntı üç kere 20mL %78(v/v) etanol ile, iki kere 10mL %95(v/v)' lik etanol ile ve iki kere 10mL aseton ile yıkanmıştır. 105°C' de etüvde kurutulmuştur. Protein ve kül miktarı belirlenmiştir. Kuru örnek ağırlığından çıkarılarak toplam diyet lifi miktarı belirlenmiştir [104].

2.4.2. Kül Analizi

AOAC 1990’ da belirtilen yöntemine göre üretilen diyet liflerinden 1g sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmış olan krozelere tartılmıştır. Liflerin yüzey kısmı %96(v/v)’lık etanol ile ıslatılarak ön yakma işlemi uygulanmıştır. Ön yakma işlemi uygulanan örnekler kül fırına atılıp 250°C’ den başlayarak yarım saatte bir kademeli olarak sıcaklığı artırılarak 550°C ye getirildikten sonra beyaz renge gelene kadar 1 gece yakılmıştır. Desikatöre alınan örnekler soğutularak tartımları yapılmıştır. Son tartımlardan krozelerin darası çıkartılarak kül miktarı belirlenmiştir.

Lif içerikli yoğurt örneklerinden 3g sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmış olan krozelere tartılmıştır ve yarı sıvı halde olduklarından sıçramanın önlenmesi için 75°C’ de 1 gün etüvde bekletilerek nemi uçurulmuştur. Örnekler kül fırına atılıp 250°C’ den başlayarak yarım saatte bir kademeli olarak sıcaklığı artırılarak 550°C’ ye getirildikten sonra beyaz renge gelene kadar 1 gece yakılmıştır. Desikatöre alınan örnekler soğutularak tartımları yapılmıştır. Son tartımlardan krozelerin darası çıkartılarak kül miktarı belirlenmiştir [105].

A: Kroze ağırlığı

B: Örnek miktarı

C: Kroze+Kül ağırlığı

$$Kül(\%) = \frac{C-A}{B} \times 100$$

2.4.3.Nem Tayini

Diyet lif örneklerinin ve posanın nem içeriğini belirlemek için yapılmıştır. 1g örnek tartılarak önceden sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmış olan cam petrilere konulmuştur. 105°C’ de 3 saat bekletilerek içerisindeki su miktarının uçurulması sağlanmıştır. Kurutulan örnekler desikatöre alınarak soğutulmuştur. Soğutulan petrideki örnekler örnekler tartılarak içerisindeki nem miktarı belirlenmiştir. Aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

m: başlangıçta tartılan örnek kütlesi

n: sabit tartıma gelen petri ağırlığı

k: kurutma sonrası petri + örnek ağırlığı

$$Nem (\%) = \frac{m+n-k}{m} \times 100 -$$

2.4.4. Nişasta Tayini

Diyet lifinde nişasta tayini için Megazym Starch Assay Kit (AACC 76-13.01) kullanılmıştır. Uzun cam tüplere diyet lifi örneklerinden 100mg tartılmış ve 0,2mL %80(v/v)' lik etanol ilave edildikten sonra vorteks ile karıştırılmıştır. Üzerlerine 1/30 oranında pH: 5 sodyum asetat buffer ile seyreltilen termostabil α -amilaz enzim solüsyonundan 3mL eklenmiştir. Kaynayan su banyosunda her 2 dakikada bir çalkanarak 6 dakika işlem uygulanmıştır. Tüpler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmış ve soğuyan tüplere 0,1mL amiloglukoksidaz enzim solüsyonundan eklenerek vortekslenmiştir. Kapakları kapatılarak 50°C' deki su banyosunda 30dk dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucu 100mL balon jojelerin üzerine huniler yerleştirilerek kaba filtre kâğıdı ile sıvı kısım balon jojelere süzölmüştür. Saf su ile hacmi 100mL' ye tamamlanmıştır. Saf su ile tamamlanmış çözeltilerden cam tüplere 0,1mL alınarak üzerlerine 3ml GOPOD (glukoz oksidaz/peroksidaz) belirteci eklenmiştir. Aynı şekilde glukoz standardından 0,1mL ve kör için 0,1mL saf su cam tüplere alınarak üzerine 3mL GOPOD çözeltisi eklenip vortekslenmiştir. 50°C' de 20 dk su banyosunda bekletilmiştir. Su banyosundan alınan örnekler 510nm dalga boyunda spektrofotometre ile okunarak absorbansları belirlenmiştir. Kite verilen absorbans denkleminde göre nişasta oranı (%) belirlenmiştir [106].

2.4.5. Protein Tayini

Elma posasından elde edilen diyet lifinde ve elma elma posasında protein tayini AOAC 2000'e göre Kjeldahl metodu kullanılarak belirlenmiş ve ham protein miktarı Nx6.25 alınarak hesaplama yapılmıştır [107]. İşlem basamakları ise şu şekildedir:

Yakma: 1g örnek tartılarak yakma tüpüne alınmıştır. Üzerine yaklaşık 6g yakma tuzu karışımı konulmuş, daha sonra 25mL derişik H₂SO₄ eklenmiştir. Bu işlemlerden sonra yakma tüpü yakma setine konulmuş ve yakma işlemi başlatılmıştır. Yakma işleminin tam anlamıyla bitmesi için, karışımın berraklaşmasından sonra yakma işlemine en az 20-30 dakika daha devam edilmiştir. Bu yakma işlemi tamamlandıktan sonra tüpün yaklaşık 40°C' a kadar soğuması için 10-15 dakika beklenmiş, süre sonunda tüpe yaklaşık 40mL damıtık su ilave edilmiştir.

Damıtma: Bir erlenmayere %4(m/v)' lük borik asitçözeltisinden 25mL ve 4-5 damla indikatör çözeltisi konulmuştur. Erlen damıtma cihazının soğutucusunun altına yerleştirilmiştir.

Yoğunlaştırıcının ucu erlenin içine batırılmış, yakma tüpüne 50mL su ilave edilmiştir. Üzerine %35(m/v)' lik NaOH çözeltisi eklenerek damıtmaya başlanmıştır. Damıtma işlemine erlen içerisindeki toplam hacim yaklaşık 150mL oluncaya kadar devam edilmiştir.

Titrasyon: Destilat ayarlı 0,01 N HCl çözeltisi ile titre edilmiştir. Çözeltinin rengi açık pembe renge dönünce titrasyona son verilmiştir.

Şahit Deneme: Yakma aşamasından itibaren, örnek dışında, bütün kimyasal madde ve çözeltiler kullanılarak bir şahit deneme yapılmıştır.

Hesaplama:

V_1 = Şahit numune için ml 0,01 N HCl sarfiyatı

V_2 = Örnek için ml 0,01 N HCl sarfiyatı

Normalite = HCl çözeltisinin gerçek normalitesi

$$\% N = \frac{(V_2 - V_1) \times Normalite \times 0,014(g) Azot \times 100}{Örnek kütlesi}$$

$$\% Protein = \% N \times 6,25$$

2.4.6. Yağ Analizi

Elma posasından elde edilen diyet lifinde yağ tayini Soxhlet (AOAC Method 920.39) metodu kullanılarak belirlenmiştir [108]. İşlem basamakları ise şu şekildedir.

Örnekler kaba süzgeç kâğıdı üzerine 5g tartılmış ve süzgeç kâğıdı da katlanarak kartuşa alınarak numunenin çözen ile kartuş dışına taşmaması için üzeri yağsız pamukla kapatılmıştır. Kartuşlar ekstraktöre yerleştirilmiştir. Analizde kullanılacak balonlar etüvde 105°C' de sabit tartıma gelene kadar bekletildikten sonra desikatörde soğutulmuş ve tartım yapılarak daraları kaydedilmiştir. Balona ve gövdeye yeterli miktarda (yaklaşık 1,5 sifon yapacak kadar) petrol eteri ilave edilmiştir.

Çözücü yavaş kaynayacak şekilde ısıtıcı tabla sıcaklığı ayarlanmıştır. Ekstraksiyon

sonucu damıtma işlemiyle balonda toplanan yağ ve az miktarda çözgen içeren karışım etüvde 80°C’ de bekletilmiş ve çözgenin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Desikatöre soğutulan balonların ağırlıkları tartılmış ve örneklerin içerisinde bulunan yağ miktarları belirlenmiştir. Örnek içindeki yağ miktarı % yağ olarak formülden hesaplanır.

Hesaplama:

M_0 : Deney numunesinin kütlesi

M_1 : Ekstraksiyon balonunun darası

M_2 : Ekstraksiyondan sonra yağ ve balonun birlikte ağırlığı

$$Yağ\ Miktarı\ (\%) = \frac{M_2 - M_1}{M_0} \times 100$$

2.4.7. Renk Analizi

Üretim ve kurutma optimizasyonundan elde edilen elma liflerinin ve model gıda olarak kullanılan yoğurt örneklerinin renk özelliklerinin belirlenmesinde (Konica Minolta CR-5, Japan) renk tayin cihazı kullanılmıştır. Renk ölçümlerinde L değeri, siyahtan (0) beyaza kadar (100) örneğin parlaklık-koyuluk oranını belirtirken; $(-a^*)$ yeşillik, $(+a^*)$ kırmızılık renk değerini; $(+b^*)$ sarılık, $(-b^*)$ mavilik renk değerlerini belirtmektedir.

2.4.8. Yağ ve Su Tutma Analizi

Diyet lifi örnekleri falkon tüplerine 100mg tartılmıştır. Falkon tüpleriyle daraları hesaplanmıştır. Su tutma kapasitesinin ölçülmesi için tüplerine 10mL saf su, yağ tutma kapasitesinin ölçülmesi için 10mL ayçiçek yağı eklenmiştir. Vorteks yardımıyla karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. 24 saat sonrasında falkon tüpleri santrifüj cihazına yerleştirilerek 5000rpm’ de 10 dk santrifüjlenmiştir. Sıvı ve katı kısmın dağılmaması için sıvı kısım mikro pipet yardımıyla alınmıştır. Falkon tüpü ve kalan katı kısım tartılmıştır. Başlangıçtaki daradan son tartım çıkarılarak absorblanan yağ ve su miktarı g olarak belirlenmiştir [109].

a: Falkon tüpü

b: Örnek miktarı

c: Santrifüj sonrası falkon tüpü + su veya yağ absorblayan katı kısım

Formül: $\frac{c - (a + b)}{b}$ şeklinde hesaplanır.

2.4.9. Fenolik Madde Analizleri

2.4.9.1. Fenolik Madde Ekstraksiyonu

Optimizasyon sonucu diyet lifi, elma posasından fenolik ekstraksiyonu Cetkovic, G. et al. (2008) tarafından yapılan yöntemin modifiye edilmesiyle gerçekleştirilmiştir [110]. Elma posası etüvde 48 saat süreyle kurutulmuştur. Ekstraksiyon işlemi öncesi kurutulan örnekler toplu parçalayıcıda öğütülmüştür. Örneklerden 6g tartılarak 1:10 oranında 2 kere %80(v/v)' lik aseton çözeltisi ve 1 kere %80(v/v)' lik metanol çözeltisi ile oda sıcaklığında 1 saat süreyle çalkalama cihazında ekstrakte edilmiştir. Ekstraktlar kaba filitre kâğıdı ile süzülerek balon jojelere aktarılmıştır. Rotary evaporatöründe 35°C' de sıvı kısım uçurulmuştur. Elde edilen diyet lifi ekstraktına 1:20 oranında, elma posası ekstraktına 1:28 oranında saf metanol eklenerek ekstraktlar metanol içerisinde çözündürülmüştür. 3500 rpm de 15 dk santrifüj işlemi uygulanmıştır. Sıvı kısım alınarak 4 °C' de kışlama uygulanmıştır. Kışlama sonucu bulanıklık meydana getiren örnekler 15000 rpm' de 1°C' de soğuk santrifüj uygulanmıştır. Santrifüj sonrası 45µm filtreden geçirilerek fenolik madde ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir.

2.4.9.2. Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde miktarı Singlethon et al. (1995) Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak gallik asit cinsinden belirlenmiştir. Seyreltilmemiş lif ekstraktından ve 1/10 oranında seyreltilmiş posa ekstraktından 0.2 mL cam tüplere alınmıştır. Üzerine 1,8mL metanol, 1mL folin çözeltisi ve %7,5(m/v)' lik Na₂CO₃ çözeltisinden 2mL eklenerek karanlık ortamda 1 saat bekletilmiştir. Kör için 0,2mL metanol kullanılarak aynı işlemler tekrarlanmış ve spektrofotometre de 760nm de absorbansları belirlenmiştir. 20, 40, 60, 80 ve 100 mg/L konsantrasyonlarında gallik asit standartlarıyla kalibrasyon eğrisi hazırlanarak örnek içerisindeki toplam fenolik madde miktarı hesaplanmıştır [111].

2.4.9.2.1. Troloks Eş Değeri Antioksidan Kapasitesi (TEAC)

Örneklerin, troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesinin belirlenmesi için spektrofotometrik ABTS (2,2'-azinobis (3- etilbenzothiazolin 6-sulfonik asit) yöntemi kullanılmıştır. ABTS radikali ve 7,4 pH daki fosfat tamponu Pellegrini et al. (1995) tarafından yapılan yönteme göre hazırlanmıştır. 16 saat bekletilen ABTS stok çözeltisi, fosfat tamponu ile 734nm dalga boyunda 0,700±0,005 absorbans değerini verecek

şekilde seyreltilmiştir. Örneklerde yapılan seyreltme işlemi de aynı şekilde fosfat tamponuyla yapılmıştır. Seyreltilmiş örneklerden 50µL alınarak spektrofotometre küvetlerine eklenmiş ve ABTS stok çözeltisi ile hacmi 2mL' ye tamamlanmıştır. 6 dakika karanlık ortamda bekletildikten sonra örneklerin absorbans değerleri 734nm' de belirlenmiştir. Sonuçlar; mg troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC) olarak ifade edilmiştir [112].

2.4.9.2.2. Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi (DPPH)

Posaların ve üretilen liflerin antioksidan kapasitesinin ve antioksidan aktivitelerinin spektrofotometrik yöntem ile belirlenmesinde DPPH radikali kullanılmıştır. 11,8 mg DPPH radikali tartılarak 100mL %80(v/v)' lik metanol içerisinde çözümüştür. Çözünme işleminin hızlanması için ultrasonik banyoda muamele edilmiştir. Hazırlanan DPPH çözeltisinden cam tüplere 3,9mL eklenmiştir. Sonrasında üzerlerine seyreltme işlemi uygulanmamış lif ekstratından ve 1/10 kat seyreltilmiş posa ekstratından 0,1mL alınarak hacmi 4mL' ye tamamlanmıştır. Kontrol grubu aynı miktarda saf su kullanılarak hazırlanmıştır. Cam tüpteki örnekler karanlık ortamda 30 dakika bekletildikten sonra spektrofotometrede 517nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuştur. Antioksidan aktivite değeri (%AA), antioksidan kapasitesi (mg trolox/g örnek) olarak ifade edilmiştir [113].

$$\%AA = \left[1 - \frac{A_{\text{örnek}}(517nm)}{A_{\text{kontrol}}(517nm)} \right] \times 100$$

A:517 nm de ölçüm yapılan örnek absorbans değeri

2.4.10. Glukoz Absorblama Kapasitesi Analizi

Chau et al. (2004)' te belirtilen yöntem modifiye edilerek farklı molarlar da lifin glukoz absorblama miktarları belirlenmiştir. Glukoz absorblama analizi için 9,008 g (D+) Glukoz Monohidrat (Merck) tartılarak 1L shot şişeye aktarılmıştır. Üzerine 500mL saf su eklenerek çözündürülmüş ve 100mM çözelti hazırlanmıştır. Farklı şişelerde seyreltmeler yapılarak 100' er mL 75 mM, 50 mM ve 25 mM stok çözeltileri hazırlanmıştır. Liflerden 1 g tartıldıktan sonra şişelere eklenerek vortekslenmiştir. Şişelerin kapakları kapatılarak 37°C' de 6 saat etüvde bekletilmiştir. Bekletme sonrası örnekler filtre kâğıdı ile süzümüştür. Analiz için Megazym D-Glukoz Assay Kit (AACC 76-13.01) kullanılmıştır [106]. Stok çözeltiler ve absorblama sonucu elde edilen süzüntü analiz edilerek glukoz absorblama miktarları tespit edilmiştir. Bunun için 100

mM ve 75 mM stok çözeltiler 1/40 oranında seyreltilmiş, diğer çözeltiler ise 1/20 oranında seyreltilmiştir. Seyreltilen çözeltilerden 0,1mL cam tüplere alınmıştır. Üzerlerine test kitine uygun olarak hazırlanmış GOPOD (glukoz oksidaz/peroksidaz) solüsyonundan 3mL eklenmiştir. Aynı şekilde 0.1 mL glukoz standartından (1mg/mL) ve kör için 0,1mL saf su cam tüplere alınarak üzerine 3mL GOPOD çözeltisi eklenip vortekslenmiştir. 40-50°C' de 20 dk su banyosunda bekletilmiştir. Su banyosundan alınan örnekler 510nm dalga boyunda spektrofotometre ile okunarak absorbansları belirlenmiştir. Sonuçlar mg glukoz/g olarak ifade edilmiştir [106].

A: Standart glukoz çözeltisi absorbans değeri

B: Stok çözelti absorbans değeri

C: Absorlama sonrası süzülen çözelti absorbansı

D: Seyreltme faktörü

Absorlanan Glukoz Miktarı: $[(B/A) - (C/A)] \times 100 \times D$

2.4.11. Asitlik Tayini

Elma diyet lifi eklenmiş yoğurt örneklerinin pH değerleri pH:4, pH:7 ve Ph:10 ayarlı stok çözeltileriyle kalibrasyonu yapıldıktan sonra (Hach, ABD) pH metre probunun örnekler içerisine daldırılarak asitlik değerleri ölçülmüştür.

2.4.12. Lif Katkılı Yoğurtların Reolojik Karakterizasyonu

Kontrol grubunu da içeren %0,5, %1, %1,5 ve %2(m/m) diyet lifi katkılı yoğurt örneklerinin reolojik özellikleri (ThermoHAAKE, Mars III, Karlsruhe, Almanya) reometre ile belirlenmiştir. Akış özelliklerinin belirlenmesi için Job Manager menüsünden Stress Sweep (basınç süpürmesi) seçilmiştir. Analiz için P35TiL prob kullanılarak cihaz kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Örneklerden mikropipet ile 1 ml alınarak koni plaka (koni çapı: 35 mm, açı: 1°, koni plaka aralığı: 1mm) arasına yerleştirilmiştir. 25°C' de 1-100 s⁻¹ frekans aralığında kesmeye tabi tutulmuştur. Her bir frekanstaki kesme hızında 10s beklemeyle görünür viskozite değerleri (η_{50}), kesme gerilimi ve kesme hızı verileri tespit edilmiştir. 5 paralelli şekilde yapılan analiz sonucu kıvam katsayısı (K) için Ostwald de Waele denkliğine göre göz önüne alınarak kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi belirlenmiştir. Belirlenen kesme hızlarındaki veriler RheoWin Data Manager yazılımı ile belirlenmiş ve RheoWin Data Pro yazılımı ile 25 adet data elde edilmiştir. Aynı şekilde örnek miktarları ve cihaz özellikleri sabit

tutularak, örneklerin viskoelastik özelliklerinin belirlenmesi için Frequency Sweep (frekans süpürmesi) modülü seçilerek cihazın kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. 0,1-10 Hz frekans aralığında 0,2 Pa basınç altında örneklerin depo modülü (G'), viskoz modülü (G'') ve $\tan(\delta)$ (G''/G') değerleri belirlenmiştir. 5 paralelli şekilde yapılan analiz sonucu RheoWin Data Pro yazılımı ile 19 adet data elde edilmiştir.

2.4.13. Partikül Boyutu Belirleme Analizi

Partikül boyutu küçültülen diyet liflerinin partikül boyutunun belirlenebilmesi için titreşimli eleme cihazı ve 36 μ m, 75 μ m, 180 μ m ve 300 μ m çapına sahip elekler kullanılmıştır. Titreşimli eleme cihazına elekler yerleştirilerek farklı boyutlardaki liflerin elekler üzerine tutunması sağlanarak boyut sınıflandırılması yapılmıştır.

2.4.14. İstatistiksel Analiz

Çalışma süresince, optimizasyon sonuçlarının ve model gıdada diyet lifin etkisinin belirlenebilmesi için yapılan kalite analizi sonuçları Minitab 18.1.0.0 paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Güven seviyesi %95 olarak kabul edilmiştir. Tek yönlü varyans analizi kullanılmış ve önemli farklılıklar Tukey çoklu fark testi ile tespit edilmiştir.

2.5. Model Gıda Üretimi

2.5.1. Diyet Lif Katkılı Yoğurt Yapılışı

Yoğurt yapımı için Torku makalı tam yağlı uht süt ve Torku markalı homojenize yoğurt kullanılmıştır. Lee ve Lucey (2010)' da belirtilen klasik yoğurt üretim yöntemi modifiye edilerek üretilmiştir [98]. 500mL süt behere alınarak 90°C' de 10 dk ısıtma işlemi uygulanmıştır. Isıtma işlemi sonucunda sıcaklığı 45°C' ye getirilerek kontrol yoğurt içerisine %3(m/v) oranında yoğurt eklenmiştir. Aynı şekilde diyet lifi katkılı yoğurt örneklerine %0,5, %1, %1,5, %2(m/v) oranında diyet lifi ilavesi gerçekleştirilmiştir. 43°C' de 2,5-3 saat inkübasyona bırakılarak pH 4,5-4,6 aralığına geldiğinde fermentasyon sonlandırılmıştır. İnkübatörden alınan yoğurt örnekleri oda sıcaklığına soğutulmuş ve olgunlaşması için 1 gece buzdolabında 4°C' de bekletilmiştir. Yoğurt örneklerinin reolojik analizleri için tahta kaşık yardımıyla karıştırılarak örnekler homojen hale getirilmiştir. 0, 7, 14, 21 ve 28. günlerde asitlikleri ölçülmüştür. Renk ölçümleri de yapılarak L , a^* , b^* değerlerindeki değişimler belirlenmiş ve kül analizi yapılarak kül miktarları (%) hesaplanmıştır.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Optimizasyon

3.1.1. Diyet Lifi Üretim Yöntemi Optizasyon Bulguları

3.1.1.1. Protein Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Diyet lifi üretim yöntemi optimizasyonu için seçilmiş olan Taguchi karışık seviye ortogonal dizayn L_{16} ($4^2 \times 2^1$) deneyi faktörleri, seviyeleri ve protein ölçüm değerleri verilmiştir (Tablo 3.1). Protein (%) yanıtlarının değerlendirilmesi için Ω dönüşümü yapılmış ve en küçük en iyidir kalite parametresi kullanılarak etkisi belirlenmiştir.

Tablo 3.1. Deneysel modelleme ve protein (%) ölçüm değerleri

Faktörler ve Seviyeleri				Gözlemler Protein (g/100g)		Omega Dönüşümü	Sinyal/Gürültü
Metod	Yıkama Çözeltisi	Suda Bekletme		1	2	(Ω)	S/N
1	Ut	Al	B	0,98	0,97	20,08	-26,05
2	Ut	As	B	1,06	1,05	19,73	-25,90
3	Ut	Al-As	NB	0,86	0,83	20,70	-26,32
4	Ut	NY	NB	1,12	1,10	19,49	-25,80
5	Us	Al	B	1,39	1,38	18,53	-25,36
6	Us	As	B	1,36	1,35	18,63	-25,41
7	Us	Al-As	NB	1,46	1,44	18,33	-25,26
8	Us	NY	NB	1,99	1,90	17,03	-24,62
9	Ut-Us	Al	NB	1,05	1,04	19,77	-25,92

Tablo 3.1 Deneysel modelleme ve protein (%) ölçüm değerleri devamı

10	Ut-Us	As	NB	0,96	0,95	20,16	-26,09
11	Ut-Us	Al-As	B	0,88	0,86	20,57	-26,27
12	Ut-Us	NY	B	0,96	0,96	20,13	-26,08
13	NM	Al	NB	2,00	1,95	16,96	-24,59
14	NM	As	NB	1,69	1,69	17,65	-24,94
15	NM	Al-As	B	1,61	1,61	17,86	-25,04
16	NM	NY	B	2,11	2,08	16,70	-24,46

Ut: Ultraturax ile homojenizasyon işlemi uygulama Us: Ultrasound işlemi uygulama Al: %78-%95 etil Alkol ile yıkama As: %99,9 Aseton ile yıkama NM: Metod uygulanmamış NY: Yıkamasız NB: Bekletme işlemi uygulanmamış B: Bekletme işlemi uygulanmış

Belirlenen ortalama ve SNR oranlarına göre yapılan analizde diyet lifi üretimindeki en etkili faktör A (Metod) faktörü sırasıyla etki oranına göre B (Yıkama Çözeltilisi) faktörü ve C (Suda Bekletme) faktörü olarak sıralanmıştır. (Tablo 3.3)

Tablo 3.2. Protein (%) için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi

Taguchi Dizayn				
Taguchi Dizisi Tasarım Özeti: L16(4 ² 2 ¹)				
Faktörler: 3				
Denemeler: 16				
L16 (4 ² 2 ¹) Dizisinin Sütunları: 1 2 3				
Doğrusal Model Analizi: SNR ile A; B; C kıyaslaması				
SNR için tahmini model katsayıları				
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T değeri	P değeri
Sabit	-2,0920	0,1915	-10,927	0,000
A ₁	2,1781	0,3316	6,568	0,000
A ₂	-1,5106	0,3316	-4,555	0,002
A ₃	2,4920	0,3316	7,515	0,000
B ₁	-0,1225	0,3316	-0,369	0,721
B ₂	0,2912	0,3316	0,878	0,405
B ₃	0,9298	0,3316	2,804	0,023
C ₁	0,2664	0,1915	1,391	0,202

Tablo 3.3. Protein (%) için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi devamı

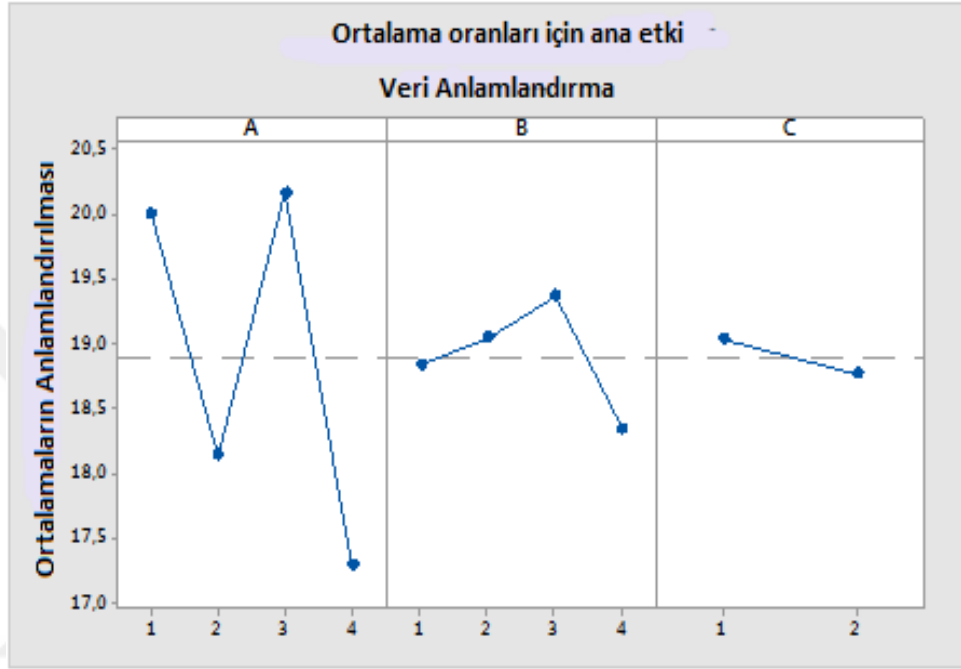
Doğrusal Model Analizi: Ortalamalar ile A; B; C kıyaslaması Ortalamalar için tahmini model katsayıları				
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T değeri	P değeri
Sabit	1,33119	0,03560	37,394	0,000
A ₁	-0,33581	0,06166	-5,446	0,001
A ₂	0,19994	0,06166	3,243	0,012
A ₃	-0,37419	0,06166	-6,069	0,000
B ₁	0,01244	0,06166	0,202	0,845
B ₂	-0,06956	0,06166	-1,128	0,292
B ₃	-0,13881	0,06166	-2,251	0,054
C ₁	-0,04506	0,03560	-1,266	0,241

Tablo 3.3. Protein (%) için SNR ve ortalamaya göre faktör etkisi

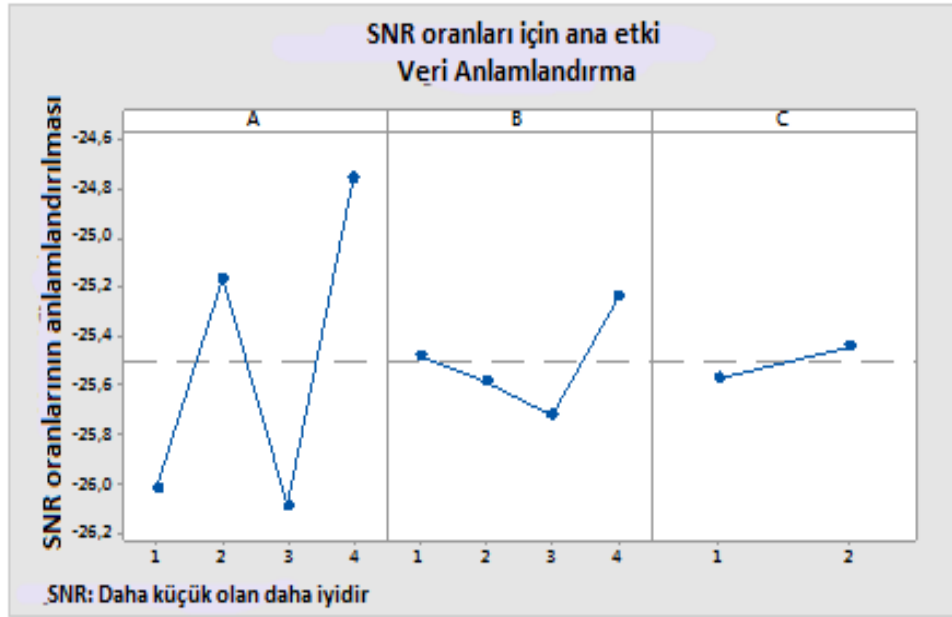
Taguchi Dizayn			
Taguchi Dizisi Tasarım Özeti: L16(4 ² 2 ¹)			
Faktörler: 3			
Denemeler: 16			
L16 (4 ² 2 ¹) Dizisinin Sütunları: 1 2 3			
SNR için yanıtlar (daha küçük olan daha iyidir)			
Seviye	A	B	C
1	-26,02	-25,48	-25,57
2	-25,16	-25,58	-25,44
3	-26,09	-25,72	
4	-24,75	-25,24	
Etki	1,33	0,48	0,13
Derece	1	2	3
Ortalama için yanıtlar			
Seviye	A	B	C
1	20,00	18,83	19,03
2	18,13	19,04	18,76
3	20,16	19,37	
4	17,29	18,34	
Etki	2,86	1,03	0,27
Derece	1	2	3

Diyet lifi üretiminde protein yüzdesinin azaltılması için en etkili faktör ve seviyeleri sırasıyla, A₃(Ut-Us), A₁ (Ut), A₂(Us), B₃(Al-As) olarak belirlenmiştir (p<0,05) (Tablo 3.2). Proteinin yüzdece azaltılması üzerine A faktörünün 3 seviyesi olan karma metod en etkili faktör olmakla birlikte, diyet lifi üretim yönteminde ayrı ayrı ultraturrax ile

homojenizasyonun ve ağartma işleminde ultrasound uygulamasının önemli etki gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$) (Şekil 3.1) (Şekil 3.2). B faktörünün sadece 3.seviyesi olan karma yıkama çözeltisi yani, %95 ve %78 etil alkol-%99 aseton ile yıkamanın protein giderilmesinde önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$)



Şekil 3.2. Protein (%) ortalamalar için sonuç grafiği



Şekil 3.1. Protein (%) SNR sonucu için sonuç grafiği

Tablo 3.4. Protein (%) minitab sonuçlarına göre özetlenmiş veri analizi

Faktörler	SNR Oranı İçin Sonuç (En Küçük En İyi)		Ortalamalar İçin Sonuç (En Küçük En İyi)	
	Etki Derecesi	Uygun Seviye	Etki Derecesi	Uygun Seviye
A	1	3	1	3
B	2	3	2	3
C	3	1	3	1

Sonuç olarak % protein giderilmesi için optimum üretim yöntemi faktör ve seviyeleri, $A_3B_3C_1$ olarak belirlenmiştir (Tablo 3.4, Şekil 3.1, Şekil 3.2).

3.1.1.2. Kül Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Diyet lifi üretim yöntemi optimizasyonu için seçilmiş olan Taguchi karışık seviye ortogonal dizayn L_{16} ($4^2 \times 2^2$) deneyi faktörleri, seviyeleri ve kül ölçüm değerleri verilmiştir (Tablo 3.5). Kül (%) yanıtlarının değerlendirilmesi için Ω dönüşümü yapılmış ve en küçük en iyidir kalite parametresi kullanılarak yüzde etkisi belirlenmiştir.

Tablo 3.5. Deneysel modelleme ve kül (%) ölçüm değerleri

Deney	Faktörler ve Seviyeleri			Gözlemler Kül (g/100g)		Omega Dönüşümü	Sinyal/Gürültü
	Metod	Yıkama Çözültisi	Suda Bekletme	1	2	(Ω)	S/N
1	Ut	Al	B	10,73	10,53	9,25	-19,32
2	Ut	As	B	7,57	7,47	10,90	-20,75
3	Ut	Al-As	NB	9,50	9,20	9,87	-19,88
4	Ut	NY	NB	12,01	11,91	8,67	-18,76
5	Us	Al	B	9,12	9,07	9,99	-19,99
6	Us	As	B	8,00	7,94	10,62	-20,53
7	Us	Al-As	NB	6,04	6,00	11,93	-21,54
8	Us	NY	NB	7,12	7,02	11,19	-20,97
9	Ut-Us	Al	NB	8,10	8,03	10,57	-20,48
10	Ut-Us	As	NB	6,14	6,04	11,88	-21,50
11	Ut-Us	Al-As	B	9,21	9,14	9,96	-19,96
12	Ut-Us	NY	B	10,54	10,35	9,33	-19,40
13	NM	Al	NB	9,54	9,40	9,80	-19,83
14	NM	As	NB	6,70	6,62	11,47	-21,19
15	NM	Al-As	B	6,95	6,78	11,32	-21,08
16	NM	NY	B	9,47	9,33	9,84	-19,86

Ut: Ultraturrax ile homojenizasyon işlemi uygulama Us: Ultrasound işlemi uygulama A1: %78-%95 Etil Alkol ile yıkama As: %99,9 Aseton ile yıkama NM: Metod uygulanmamış NY: Yıkamasız NB: Bekletme işlemi uygulanmamış B: Bekletme işlemi uygulanmış

Belirtilen ortalama ve SNR oranlarına göre yapılan analizde % kül miktarına bağlı olarak diyet lifi üretimindeki en etkili faktör B (Yıkama Çözeltisi) faktörü sırasıyla etki oranına göre faktörü A (Metod) ve C (Suda Bekletme) faktörü olarak sıralanmıştır (Tablo 3.6.).

Tablo 3.6. Kül (%) için SNR ve ortalamaya göre faktör etkisi

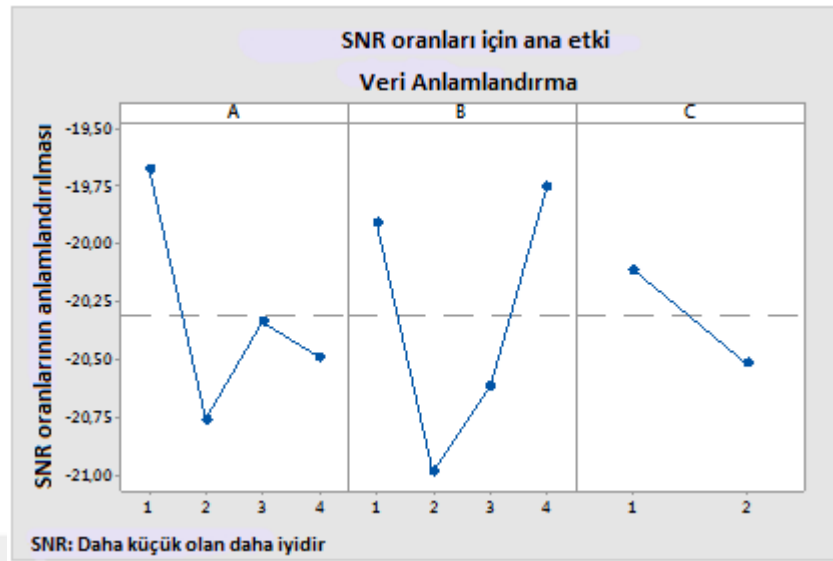
Taguchi Dizayn			
Taguchi Dizisi Tasarım Özeti: L16(4 ² 2 ¹)			
Faktörler: 3			
Denemeler: 16			
L16 (4 ² 2 ¹) Dizisinin Sütunları: 1 2 3			
SNR için yanıtlar (daha küçük olan daha iyidir)			
Seviye	A	B	C
1	-19,68	-19,91	-20,11
2	-20,66	-20,99	-20,52
3	-20,33	-20,62	
4	-20,49	-19,75	
Etki	1,08	1,24	0,41
Derece	2	1	3
Ortalama için yanıtlar			
Seviye	A	B	C
1	9,670	9,904	10,152
2	10,936	11,217	10,672
3	10,434	10,770	
4	10,609	9,757	
Etki	1,266	1,460	0,520
Derece	2	1	3

Diyet lifi üretiminde kül (%) miktarı üzerine en etkili faktör ve seviyeleri sırasıyla, B₂ (As), A₁ (Ut) olarak belirlenmiştir (p<0,05) (Şekil 3.3) (Şekil 3.4). Diyet lifi üretim yönteminde külün yüzdesi üzerine B faktörünün 2. seviyesi etkili olmakla birlikte %99,9 aseton ile yıkamanın kül miktarını önemli derecede azalttığı, A faktörünün 1.

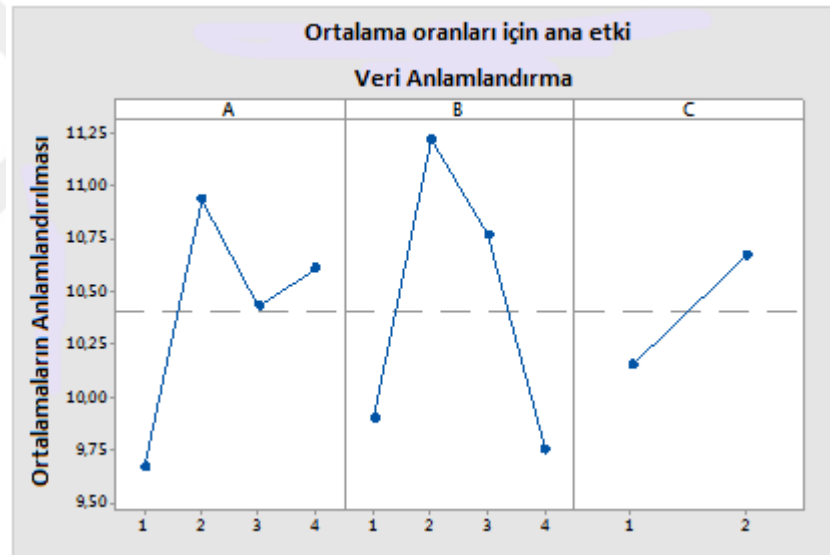
seviyesi ultraturrax ile homojenizasyonun kül miktarını önemli derecede arttırdığı belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3.7) (Şekil 3.4).

Tablo 3.7. Kül (%) için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi

Taguchi Dizayn				
Taguchi Dizisi Tasarım Özeti: L16(4 ² 2 ¹)				
Faktörler: 3				
Denemeler: 16				
Columns of L16 (4 ² 2 ¹) array: 1 2 3				
Doğrusal Model Analizi: SNR ile A; B; C kıyaslaması				
SNR için tahmini model katsayıları				
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T değeri	P değeri
Sabit	-18,4036	0,3189	-57,711	0,000
A ₁	-1,3528	0,5523	-2,449	0,040
A ₂	0,9572	0,5523	1,733	0,121
A ₃	0,0399	0,5523	0,072	0,944
B ₁	-0,9378	0,5523	-1,698	0,128
B ₂	1,4748	0,5523	2,670	0,028
B ₃	0,6554	0,5523	1,187	0,269
C ₁	-0,4821	0,3189	-1,512	0,169
Doğrusal Model Analizi: Ortalama ile A; B; C kıyası				
Ortalama için tahmini model katsayıları				
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T değeri	P değeri
Sabit	8,48656	0,3078	27,576	0,000
A ₁	1,37844	0,5330	2,586	0,032
A ₂	-0,94781	0,5330	-1,778	0,113
A ₃	-0,04281	0,5330	-0,080	0,938
B ₁	0,82844	0,5330	1,554	0,159
B ₂	-1,42656	0,5330	-2,676	0,028
B ₃	-0,63406	0,5330	-1,190	0,268



Şekil 3.3. Kül (%) SNR oranı için sonuç grafiği



Şekil 3.4. Kül (%) ortalamalar için sonuç grafiği

Tablo 3.8. Kül (%) minitab sonuçlarına göre özetlenmiş veri analizi

Faktörler	SNR Oranı İçin Sonuç (En Küçük En İyi)		Ortalamalar İçin Sonuç (En Küçük En İyi)	
	Etki Derecesi	Uygun Seviye	Etki Derecesi	Uygun Seviye
A	2	2	2	2
B	1	2	1	2
C	3	2	3	2

Sonuç olarak en düşük kül (%) değeri için optimum üretim yöntemi faktör ve seviyeleri $A_2B_2C_2$ olarak belirlenmiştir ($p < 0,05$) (Tablo 3.8) (Şekil 3.3) (Şekil 3.4).

3.1.1.3. L^* Renk Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Diyet lifi üretim yöntemi optimizasyonu için seçilmiş olan Taguchi karışık seviye ortogonal dizayn L_{16} ($4^2 \times 2^1$) deneyi faktörleri, seviyeleri ve L^* renk ölçüm değerleri aşağıda verilmiştir (Tablo 3.9). L^* renk yanıtlarının değerlendirilmesi için ortalamadan yararlanılmış ve en büyük en iyidir kalite parametresi kullanılarak faktörlerin etkisi belirlenmiştir.

Tablo 3.9. Deneysel modelleme ve L^* renk ölçüm değerleri

Deney	Faktörler ve Seviyeleri			Gözlemler L^*		Ortalama	Sinyal/Gürültü
	Metod	Yıkama Çözeltilisi	Suda Bekletme	1	2	$\bar{y}$	S/N
1	Ut	Al	B	85,76	85,86	85,81	38,67
2	Ut	As	B	85,30	86,20	85,75	38,66
3	Ut	Al-As	NB	83,90	84,75	84,325	38,52
4	Ut	NY	NB	84,43	85,41	84,92	38,58
5	Us	Al	B	86,61	86,91	86,76	38,77
6	Us	As	B	86,23	86,43	86,33	38,72
7	Us	Al-As	NB	85,39	85,79	85,59	38,65
8	Us	NY	NB	84,74	84,92	84,83	38,57
9	Ut-Us	Al	NB	86,21	87,11	86,66	38,76
10	Ut-Us	As	NB	87,84	88,14	87,99	38,89
11	Ut-Us	Al-As	B	86,96	87,56	87,26	38,82
12	Ut-Us	NY	B	84,42	85,12	84,77	38,56
13	NM	Al	NB	83,29	83,52	83,405	38,42
14	NM	As	NB	81,41	81,61	81,51	38,22
15	NM	Al-As	B	82,51	82,92	82,715	38,35
16	NM	NY	B	79,9	80,05	79,975	38,06

Ut: Ultraturrax ile homojenizasyon işlemi uygulama Us: Ultrasound işlemi uygulama Al: %78-%95 Etil Alkol ile yıkama As: %99,9 Aseton ile yıkama NM: Metod uygulanmamış NY: Yıkamasız NB: Bekletme işlemi uygulanmamış B: Bekletme işlemi uygulanmış

Tablo 3.10. L^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör etkisi

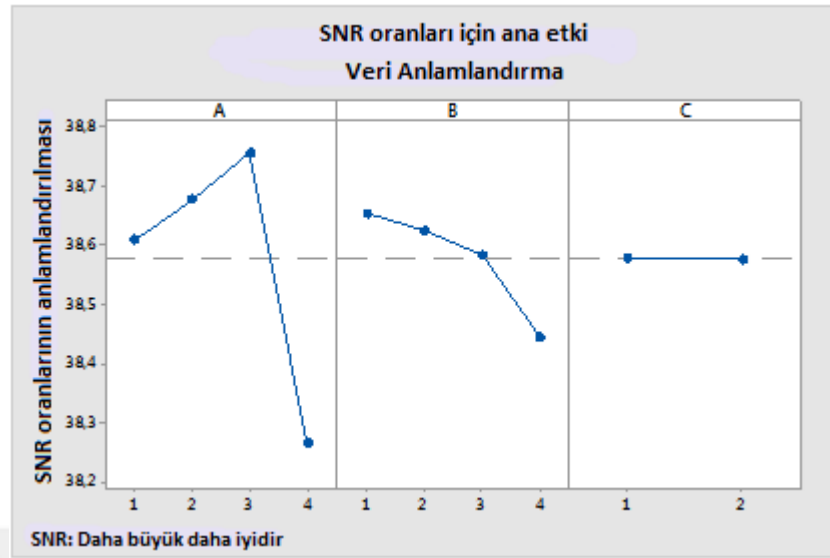
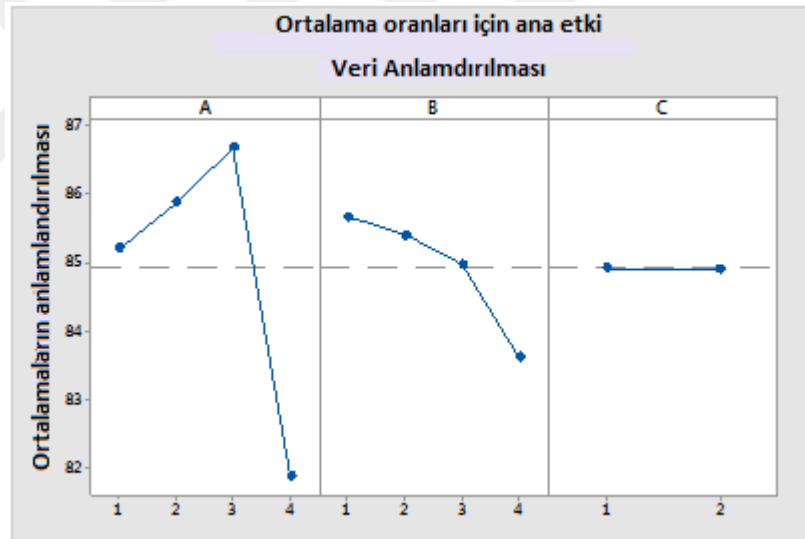
Taguchi Dizayn			
Taguchi Dizisi Tasarım Özeti: $L16(4^2 2^1)$			
Faktörler: 3			
Denemeler: 16			
SNR için yanıtlar (daha büyük olan daha iyidir)			
Seviye	A	B	C
1	38,61	38,65	38,59
2	38,68	38,61	38,57
3	38,76	38,60	
4	38,26	38,44	
Etki	0,49	0,21	0,02
Derece	1	2	3
Ortalama için yanıtlar			
Seviye	A	B	C
1	85,20	85,66	85,01
2	85,88	85,21	84,81
3	86,67	85,16	
4	81,90	83,62	
Etki	4,77	2,03	0,20
Derce	1	2	3

Ortalama ve SNR oranlarına göre yapılan analizde L^* renk değerlerine bağlı olarak diyet lifi üretimindeki en etkili faktör A (Metod) faktörü sırasıyla etki oranına göre faktörü B (Yıkama Çözeltisi) ve C (Suda Bekletme) faktörü olarak sıralanmıştır (Tablo 3.10).

Diyet lifi üretiminde lifin L^* renk değeri üzerine en etkili faktör ve seviyeleri sırasıyla, A_3 (Ut-Us), A_2 (Us) olarak belirlenmiştir. Diyet lifi üretim yönteminde L^* üzerine A faktörünün 3. seviyesi olan ultraturrax ile homojenizasyon uygulamasının ve ağartmada sırasında ultrasound uygulaması etkili olmakla birlikte, A faktörünün 2. seviyesi olan ağartma sırasında uygulanan ultrasound uygulamasının önemli derecede L^* değerini arttırdığı belirlenmiştir ($p < 0,05$) (Tablo 3.11).

Tablo 3.11. L^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi

Taguchi Dizayn				
Taguchi Dizisi Tasarım Özeti: $L16(4^2 2^1)$				
Faktörler: 3				
Denemeler: 16				
Columns of $L16(4^2 2^1)$ array: 1 2 3				
Doğrusal Model Analizi: SNR ile A; B; C kıyaslaması				
SNR için tahmini model katsayıları				
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T değeri	P değeri
Sabit	38,5768	0,02308	1671,418	0,000
A 1	0,0319	0,03998	0,798	0,448
A 2	0,1005	0,03998	2,513	0,036
A 3	0,1797	0,03998	4,496	0,002
B 1	0,0775	0,03998	1,940	0,088
B 2	0,0484	0,03998	1,211	0,261
B 3	0,0071	0,03998	0,177	0,864
C 1	0,0003	0,02308	0,014	0,989
Doğrusal Model Analizi: SNR ile A; B; C kıyaslaması				
Ortalama için tahmini model katsayıları				
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T değeri	P değeri
Sabit	84,9125	0,2228	381,180	0,000
A 1	0,2888	0,3858	0,748	0,476
A 2	0,9650	0,3858	2,501	0,037
A 3	1,7575	0,3858	4,555	0,002
B 1	0,7462	0,3858	1,934	0,089
B 2	0,4825	0,3858	1,251	0,246
B 3	0,0600	0,3858	0,156	0,880

Şekil 3.5. L^* renk SNR için sonuç grafiğiŞekil 3.6. L^* renk ortalamalar için sonuç grafiğiTablo 3.12. L^* renk değeri için minitab sonuçlarına göre özetlenmiş veri analizi

Faktörler	SNR Oranı İçin Sonuç (En Küçük En İyi)		Ortalamalar İçin Sonuç (En Küçük En İyi)	
	Etki Derecesi	Uygun Seviye	Etki Derecesi	Uygun Seviye
A	1	3	1	3
B	2	1	2	1
C	3	1,2	3	1,2

Sonuç olarak en yüksek L^* değeri için optimum üretim yöntemi faktör ve seviyeleri $A_3B_1C_{1,2}$ olarak belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3.12) (Şekil 3.5) (Şekil 3.6).

3.1.1.4. a^* Renk Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Diyet lifi üretim yöntemi optimizasyonu için seçilmiş olan Taguchi karışık seviye ortogonal dizayn L_{16} ($4^2 \times 2^1$) deneyi faktörleri, seviyeleri ve a^* renk ölçüm değerleri aşağıda verilmiştir (Tablo 3.13.). a^* renk yanıtlarının değerlendirilmesi için ortalamadan yararlanılmış ve negatif değerler pozitif alınarak en küçük en iyidir kalite parametresi kullanılarak etkisi belirlenmiştir.

Tablo 3.13. Deneysel modelleme ve a^* renk ölçüm değerleri

Deney	Faktörler ve Seviyeleri			Gözlemler (a^*)		Ortalama	Sinyal/Gürültü
	Metod	Yıkama Çözültisi	Suda Bekletme	1	2	$\bar{y}$	S/N
1	Ut	Al	B	-1,74	-1,64	-1,69	-4,56
2	Ut	As	B	-1,88	-1,68	-1,78	-5,01
3	Ut	Al-As	NB	-0,87	-0,80	-0,84	1,57
4	Ut	NY	NB	-0,69	-0,65	-0,67	3,48
5	Us	Al	B	-0,60	-0,54	-0,57	4,88
6	Us	As	B	-0,42	-0,40	-0,41	7,74
7	Us	Al-As	NB	-1,29	-1,20	-1,24	-1,90
8	Us	NY	NB	-1,24	-1,20	-1,22	-1,73
9	Ut-Us	Al	NB	-1,37	-1,17	-1,27	-2,08
10	Ut-Us	As	NB	-1,59	-1,29	-1,44	-3,17
11	Ut-Us	Al-As	B	-1,62	-1,42	-1,52	-3,64
12	Ut-Us	NY	B	-1,10	-1,12	-1,11	-0,91
13	NM	Al	NB	-0,44	-0,5	-0,47	6,56
14	NM	As	NB	1,18	1,15	-1,17	-1,33
15	NM	Al-As	B	1,08	1,02	-1,05	-0,42
16	NM	NY	B	0,89	0,82	-0,86	1,36

Ut: Ultratürax ile homojenizasyon işlemi uygulama Us: Ultrasound işlemi uygulama Al: %78-%95 Etil Alkol ile yıkama As: %99,9 Aseton ile yıkama NM: Metod uygulanmamış NY: Yıkamasız NB: Bekletme işlemi uygulanmamış B: Bekletme işlemi uygulanmış

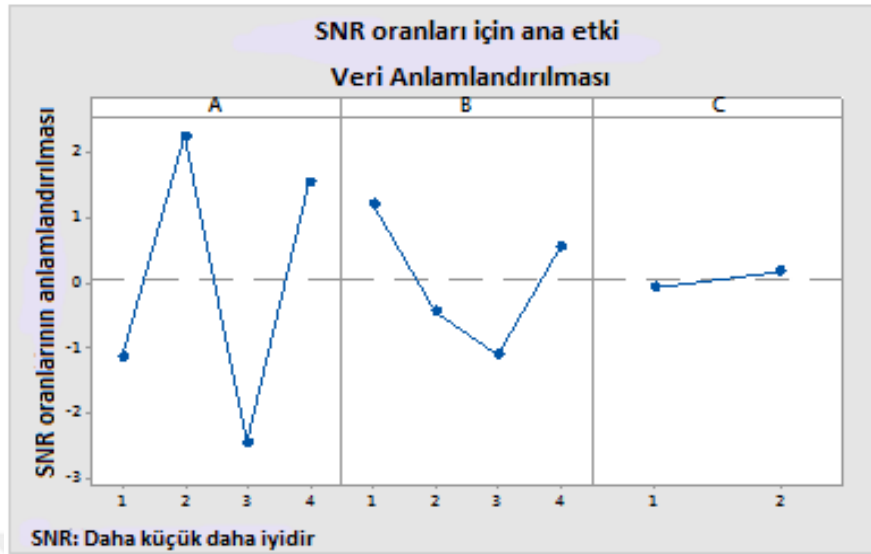
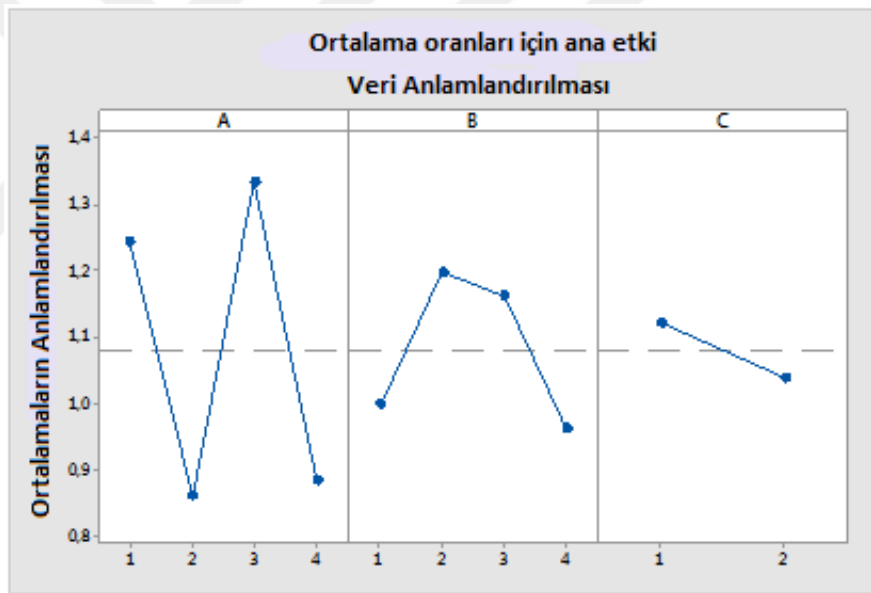
Tablo 3.14. a^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör etkisi

Taguchi Dizayn			
Taguchi Dizisi Tasarım Özeti: L16(4 ² 2 ² 1)			
Faktörler: 3			
Denemeler: 16			
SNR için yanıtlar (daha küçük olan daha iyidir)			
Seviye	A	B	C
1	-1,13034	1,20168	-0,06822
2	2,24906	-0,43946	0,17530
3	-2,44666	-1,09944	
4	1,54210	0,55138	
Etki	4,69572	2,30113	0,24352
Derece	1	2	3
Ortalama için yanıtlar			
Seviye	A	B	C
1	1,2437	1,0000	1,1231
2	0,8613	1,1988	1,0394
3	1,3350	1,1625	
4	0,8850	0,9638	
Etki	0,4738	0,2350	0,0838
Derece	1	2	3

Belirlenen ortalama ve SNR oranlarına göre yapılan analizde a^* renk değerine bağlı olarak diyet lifi üretimindeki en etkili faktör A (Metod) faktörü sırasıyla etki oranına göre faktörü B (Yıkama Çözeltisi) ve C (Suda Bekletme) faktörü olarak sıralanmıştır (Tablo 3.14). a^* renk değeri üzerine 3 faktöründe önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Tablo 3.15).

Tablo 3.15. a^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi

Taguchi Dizayn				
Taguchi Dizisi Tasarım Özeti: L16(4 ² 2 ¹)				
Faktörler: 3				
Denemeler: 16				
Doğrusal Model Analizi: SNR ile A; B; C kıyaslaması				
SNR için tahmini model katsayıları				
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T değeri	P değeri
Sabit	0,05354	1,098	0,049	0,962
A ₁	-1,18388	1,902	-0,622	0,551
A ₂	2,19552	1,902	1,154	0,282
A ₃	-2,50020	1,902	-1,314	0,225
B ₁	1,14814	1,902	0,604	0,563
B ₂	-0,49300	1,902	-0,259	0,802
B ₃	-1,15298	1,902	-0,606	0,561
C ₁	-0,12176	1,098	-0,111	0,914
Doğrusal Model Analizi: SNR ile A; B; C kıyaslaması				
Ortalama için tahmini model katsayıları				
Terim	Katsayı	Hata katsayısı	T değeri	P değeri
Sabit	1,08125	0,1164	9,287	0,000
A ₁	0,16250	0,2016	0,806	0,444
A ₂	-0,22000	0,2016	-1,091	0,307
A ₃	0,25375	0,2016	1,258	0,244
B ₁	-0,08125	0,2016	-0,403	0,698
B ₂	0,11750	0,2016	0,583	0,576
B ₃	0,08125	0,2016	0,403	0,698
C ₁	0,04188	0,1164	0,360	0,728

Şekil 3.7. a^* renk değeri SNR için sonuç grafiğiŞekil 3.8. a^* renk ortalamalar için sonuç grafiğiTablo 3.16. a^* renk değeri için minitab sonuçlarına göre özetlenmiş veri analizi

Faktörler	SNR Oranı İçin Sonuç (En Küçük En İyi)		Ortalamalar İçin Sonuç (En Küçük En İyi)	
	Etki Derecesi	Uygun Seviye	Etki Derecesi	Uygun Seviye
A	1	3	1	3
B	2	3	2	2
C	3	1,2	3	1

Sonuç olarak en düşük a^* değeri için optimum üretim yöntemi faktör ve seviyeleri $A_3B_{3,2}C_{1,2}$ olarak belirlenmiştir (Tablo 3.16.) (Şekil 3.8) (Şekil 3.9).

3.1.1.5. b^* Renk ölçümlerinin değerlendirilmesi

Diyet lifi üretim yöntemi optimizasyonu için seçilmiş olan Taguchi karışık seviye ortogonal dizayn $L_{16} (4^2 \times 2^1)$ deneyi faktörleri, seviyeleri ve b^* renk ölçüm değerleri aşağıda verilmiştir (Tablo 3.17). b^* renk yanıtlarının değerlendirilmesi için ortalamadan yararlanılmış ve en küçük en iyidir kalite parametresi kullanılarak etkisi belirlenmiştir.

Tablo 3.17. Deneysel modelleme ve b^* renk ölçüm değerleri

Deney	Faktörler ve Seviyeleri			Gözlemler		Ortalama	Sinyal/Gürültü
	Metod	Yıkama Çözeltisi	Suda Bekletme	b^*			
				1	2	$\bar{y}$	S/N
1	Ut	Al	B	11,64	11,60	11,62	-21,30
2	Ut	As	B	12,31	12,21	12,26	-21,77
3	Ut	Al-As	NB	12,59	12,49	12,54	-21,97
4	Ut	NY	NB	13,67	13,67	13,67	-22,72
5	Us	Al	B	9,90	9,70	9,80	-19,82
6	Us	As	B	10,47	10,47	10,47	-20,39
7	Us	Al-As	NB	10,35	10,25	10,30	-20,26
8	Us	NY	NB	13,79	13,29	13,54	-22,63
9	Ut-Us	Al	NB	10,45	10,15	10,30	-20,26
10	Ut-Us	As	NB	10,30	10,10	10,20	-20,17
11	Ut-Us	Al-As	B	5,40	5,20	5,30	-14,49
12	Ut-Us	NY	B	7,13	7,03	7,08	-17,00
13	NM	Al	NB	12,38	12,18	12,28	-21,78
14	NM	As	NB	14,89	14,54	14,72	-23,36
15	NM	Al-As	B	12,95	12,87	12,91	-22,22
16	NM	NY	B	15,18	15,01	15,09	-23,58

Ut: Ultraturax ile homojenizasyon işlemi uygulama Us: Ultrasound işlemi uygulama Al: %78-%95 Etil Alkol ile yıkama As: %99,9 Aseton ile yıkama NM: Metod uygulanmamış NY: Yıkamasız NB: Bekletme işlemi uygulanmamış B: Bekletme işlemi uygulanmış

Belirlenen ortalama ve SNR oranlarına göre yapılan analizde b^* renk değerine bağlı olarak diyet lifi üretimindeki en etkili faktör A (Metod) faktörü sırasıyla etki oranına

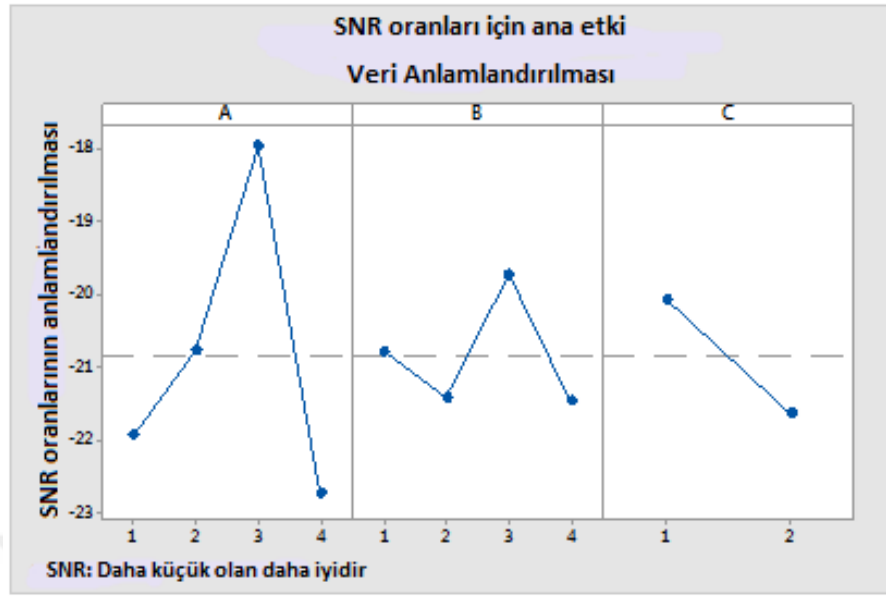
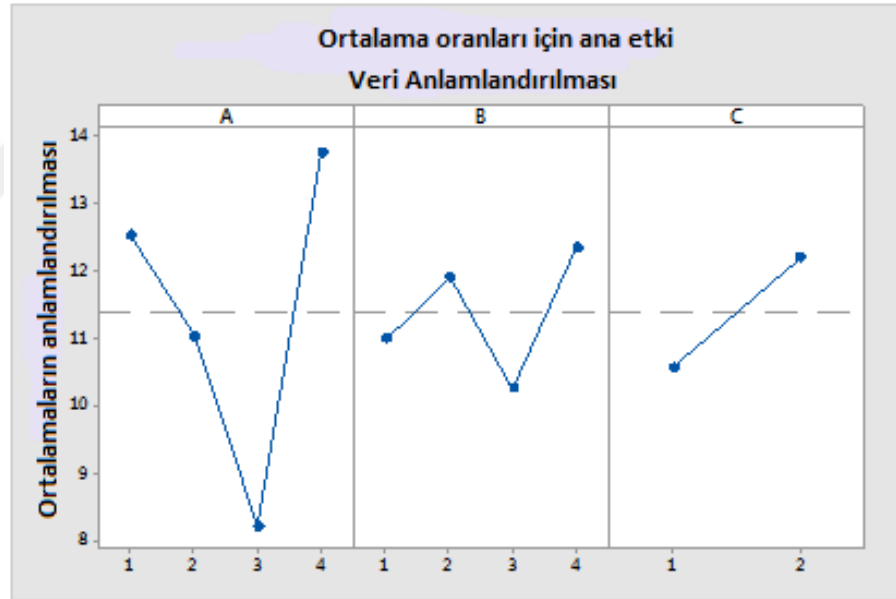
göre faktörü B (Yıkama Çözeltisi) ve C (Suda Bekletme) faktörü olarak sıralanmıştır (Tablo 3.18). b^* renk değeri üzerine etkili olan faktörler sırasıyla $A_3(Ut-U_s)$ ve $C_1(B)$ olarak belirlenmiştir ($p < 0,05$) (Tablo 3.19). Ulturrax ile yapılan homojenizasyon ile ultrasonik destekli ağartma işlemi kombininin ve 12 saat posaları suda bekletmenin diyet lifi b^* renk değeri üzerine etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 3.18. b^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör etkisi

Taguchi Dizayn			
Taguchi Dizisi Tasarım Özeti: L16($4^2 2^1$)			
Faktörler: 3			
Denemeler: 16			
SNR için yanıtlar (daha küçük olan daha iyidir)			
Seviye	A	B	C
1	-21,94	-20,79	-20,07
2	-20,78	-21,42	-21,64
3	-17,98	-19,73	
4	-22,73	-21,48	
Etki	4,75	1,75	1,57
Derece	1	2	3
Ortalama için yanıtlar			
Seviye	A	B	C
1	12,523	11,000	10,567
2	11,028	11,911	12,193
3	8,220	10,262	
4	13,750	12,346	
Etki	5,530	2,084	1,626
Derece	1	2	3

Tablo 3.19. b^* renk değeri için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi

Taguchi Dizayn				
Taguchi Dizisi Tasarım Özeti: L16(4 ² 2 ¹)				
Faktörler: 3				
Denemeler: 16				
Doğrusal Model Analizi: SNR ile A; B; C kıyaslaması				
SNR için tahmini model katsayıları				
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T değeri	P değeri
Sabit	-20,8573	0,3240	-64,377	0,000
A ₁	-1,0815	0,5612	-1,927	0,090
A ₂	0,0792	0,5612	0,141	0,891
A ₃	2,8786	0,5612	5,130	0,001
B ₁	0,0650	0,5612	0,116	0,911
B ₂	-0,5667	0,5612	-1,010	0,342
B ₃	1,1256	0,5612	2,006	0,080
C ₁	0,7850	0,3240	2,423	0,042
Doğrusal Model Analizi: Ortalama ile A; B; C kıyaslaması				
Ortalama için tahmini model katsayıları				
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T değeri	P değeri
Sabit	11,3800	0,3251	35,010	0,000
A ₁	1,1425	0,5630	2,029	0,077
A ₂	-0,3525	0,5630	-0,626	0,549
A ₃	-3,1600	0,5630	-5,613	0,001
B ₁	-0,3800	0,5630	-0,675	0,519
B ₂	0,5313	0,5630	0,944	0,373
B ₃	-1,1175	0,5630	-1,985	0,082
C ₁	-0,8131	0,3251	-2,502	0,037

Şekil 3.9. b^* Renk SNR için sonuç grafiğiŞekil 3.10. b^* renk ortalamalar için sonuç grafiğiTablo 3.20. b^* renk değeri için minitab sonuçlarına göre özetlenmiş veri analizi

Faktörler	SNR Oranı İçin Sonuç (En Küçük En İyi)		Ortalamalar İçin Sonuç (En Küçük En İyi)	
	Etki Derecesi	Uygun Seviye	Etki Derecesi	Uygun Seviye
A	1	3	1	3
B	3	3	3	3
C	2	1	2	1

Sonuç olarak en düşük b^* değeri için optimum üretim yöntemi faktör ve seviyeleri $A_3B_3C_1$ olarak belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3.20) (Şekil 3.11) Şekil 3.11).

3.1.1.6 Nişasta (%) Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Diyet lifi üretim yöntemi optimizasyonu için seçilmiş olan Taguchi karışık seviye ortogonal dizayn $L_{16} (4^2 \times 2^1)$ deneyleri sonucunda 16 örnekte nişasta tespit edilememiştir. Optimizasyonsuz oluşturulan diyet lifi üretim yöntemi nişastanın giderilmesi için uygundur.

3.1.1.7. Optimum Genel Üretim Yöntemi Belirlenmesi Ve Doğrulama Deneyi

3.1.1.7.1. Optimum Genel Üretim Yöntemi Belirlenmesi

%Protein, %kül, L^* , a^* , b^* değerleri için belirlenen optimum faktör ve seviyeleri dikkate alınarak genel optimum diyet lifi üretim yöntemi belirlenmiştir (Tablo 3.21).

Tablo 3.21. Genel optimum yöntem faktör ve seviye belirlemesi

Yanıtlar	A Faktörü	B Faktörü	C Faktörü
Protein (%)	3	3	1
Kül (%)	2	2	2
L^*	3	1	1,2
a^*	3	3,2	1,2
b^*	3	3	1
Genel	3	3	1,2

Doğrulama deneyi öncesi tahmin yapılmış ve optimum noktadaki beklenen değerler belirlenmiştir (Tablo 3.22).

Tablo 3.22. Doğrulama deneyi beklenen değerler tablosu

Deney	Protein (%)	Kül (%)	Renk (L^*)	Renk (a^*)	Renk (b^*)
$A_3B_3C_2$	0,77	7,41	86,72	-1,37	7,92
$A_3B_3C_1$	0,87	9,17	87,26	-1,52	5,3

3.1.1.7.2. Doğrulama Deneyi

Doğrulama deneyi $A_3B_3C_1$ ve $A_3B_3C_2$ deneyleri yapılarak etkin olan optimum yöntem protein ve kül analizleri iki paralelli, renk analizleri üç paralel yapılarak belirlenmiştir.

Tablo 3.23. Doğrulama deneyi sonuçları

Deney	Protein (%)	Kül (%)	Renk (L^*)	Renk (a^*)	Renk (b^*)
$A_3B_3C_2$	$0,66\pm0,02^b$	$7,21\pm0,20^b$	$87,62\pm0,02^b$	$-1,35\pm0,02^a$	$7,52\pm0,12^a$
$A_3B_3C_1$	$0,75\pm0,00^a$	$8,0\pm0,34^a$	$88,26\pm0,05^a$	$-1,42\pm0,05^a$	$5,3\pm0,08^b$

^a aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

Doğrulama deneyi sonuçlarının deneysel modelleme sonuçlarına göre protein (%), kül (%), renk a^* değerlerinin daha düşük, L^* renk değerinin daha yüksek çıkması deneyleri doğrulamıştır (Tablo 3.23).

Tablo 3.24. Modifiye edilen optimum yöntem sonuçları

Yöntem	Protein (%)	Kül (%)	Renk (L^*)	Renk (a^*)	Renk (b^*)
$A_3B_3C_2$	$0,19\pm0,01^a$	$5,20\pm0,14^a$	$90,94\pm0,07^a$	$-0,62\pm0,05^a$	$1,75\pm0,04^a$
$A_3B_3C_1$	$0,22\pm0,02^a$	$5,48\pm0,74^a$	$91,01\pm0,16^a$	$-0,61\pm0,05^a$	$1,73\pm0,06^a$

^a aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

Modifiye edilen iki doğrulama deneyinin sonuçlarına göre bütün değerler de istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0,05$). Optimum diyet lifi üretim metodu $A_3B_3C_2$ olarak belirlenmiş ve elma posasından yüksek saflıkta renksiz diyet lifi üretimi gerçekleştirilmiştir.

H'ng et al. (2015) yaptığı çalışmadaki asetik asit kullanımının diyet liflerinin kül miktarını önemli derecede azalttığı ve benzer etki gösterdiği belirlenmiştir [103]. Asetik asitle kullanılmasının yanı sıra, elma posalarının çekirdek ve sap kısımlarının ayrılması da bütün değerlere etki etmiştir.

3.1.1.8. Diyet lifi üretim yöntemlerinin karşılaştırılması

Matematiksel modelleme ile optimize edilen diyet lifi üretim yöntemi ile optimize edilen diyet lifine enzim ilavesiyle oluşturulan enzimatik yöntem ile üretilen diyet lifleri %protein, %kül, %nişasta oranları göz önüne alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Sonuç olarak enzimatik ve enzimatik olmayan yöntemler arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Tablo 3.23). Elma diyet lifi üretimleri enzimatik olmayan yöntemle gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.25. Diyet lifi üretim yöntemleri sonuçları

Karşılaştırma (%KM)	Enzimatik Yöntem	Enzimatik Olmayan Yöntem
Nişasta	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a
Protein	0,19±0,00 ^a	0,20±0,00 ^a
Kül	5,20±0,15 ^a	5,00±0,10 ^a

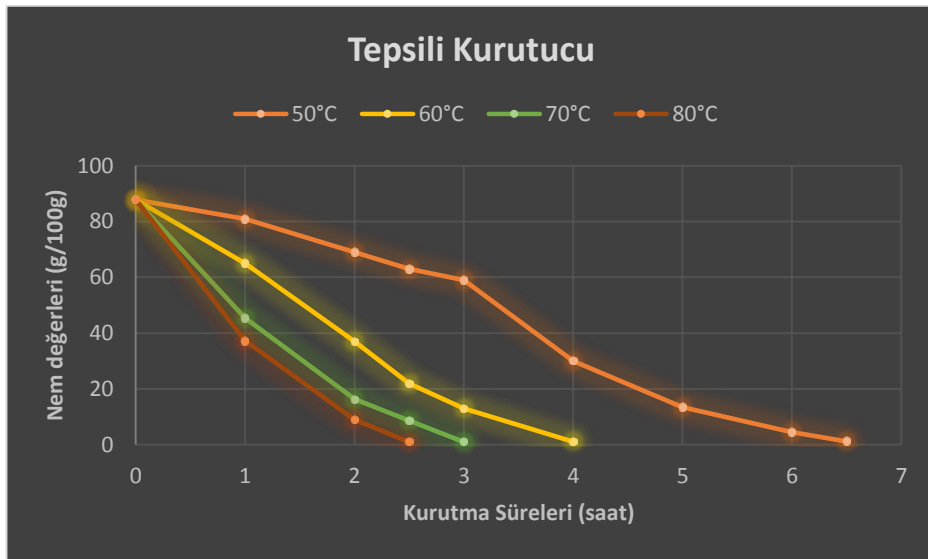
^a aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

3.1.2. Kurutma Optimizasyonu Bulguları

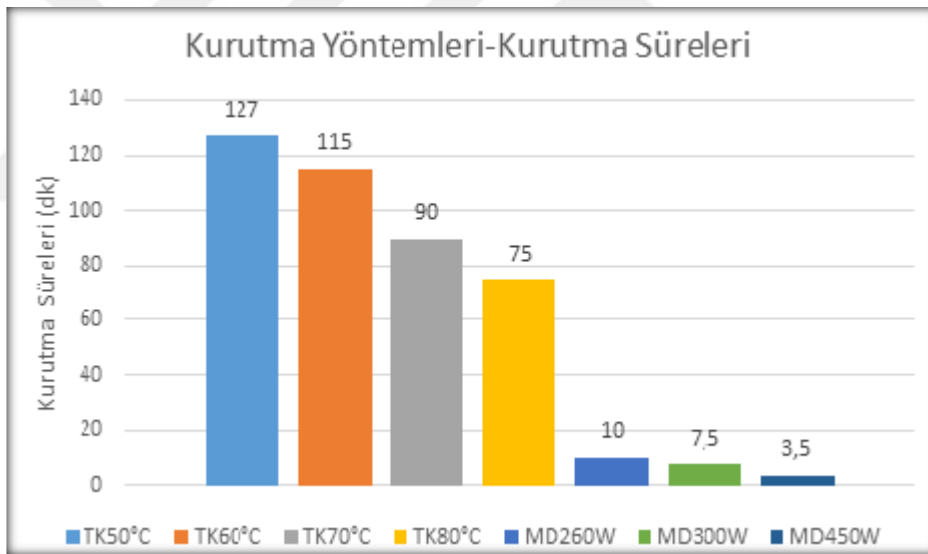
3.1.2.1. Kurutma Yöntemleri Kurutma Süreleri

%87,8 nem değerine sahip olan elma diyet lifleri petrilere ve eleklerle yayılarak 50°C, 60°C, 70°C ve 80°C’ de <%1,5 nem değerine kadar tepsili kurutucuda kurutulmasına bağlı nem (%) kurutma süresi ilişkisi belirlenmiştir. Petrilere yayılarak farklı sıcaklıklarda yapılan kurutmaların kurutma süreleri 6,5 ile 2 saat arasında değiştiği (Şekil 3.12), eleklerle yayılarak yapılan kurutmaların ise 127 dk ile 75 dk aralığında değiştiği belirlenmiştir. Sıcaklığın artmasına bağlı olarak kurutma süresinin azalması ve elek kullanılarak sıcak hava ile temas eden yüzey alanının artırılmasının kurutma etkinliğini artırdığı tespit edilmiştir (Şekil 3.12).

Petrilere yayılarak aynı şartlarda mikrodalga fırında 260W, 300W ve 460W güç uygulanarak diyet lifi örnekleri kurutmaya tabi tutulmuş ve <%1,5 son nem değerine kadar olan kurutma sürelerinin 10dk ile 3,5dk aralığında değiştiği gözlemlenmiş mikrodalga ile kurutma yönteminin tepsili kurutucu ile kurutma yöntemine göre çok daha hızlı bir kurutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.13. Tepsili kurutma (petri) sıcaklığa bağlı nem (%)-süre değerleri



Şekil 3.14. Mikrodalga fırın ve tepsili kurutucu kurutma süreleri

3.1.2.2. Kurutma Yöntemleri Su Tutma Kapasitesi Bulguları

Tepsili kurutucuda (50°C-80°C) ve mikrodalga fırında (260W-460W) kurutulan <36µm partikül boyutuna sahip diyet lif örneklerinin kurutma yöntemine bağlı su tutma kapasitelerinin değişimi incelenmiş ve su tutma kapasitelerinin kurutmaya bağlı olarak 11,32 ile 6,30 g (su)/g arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3.26).

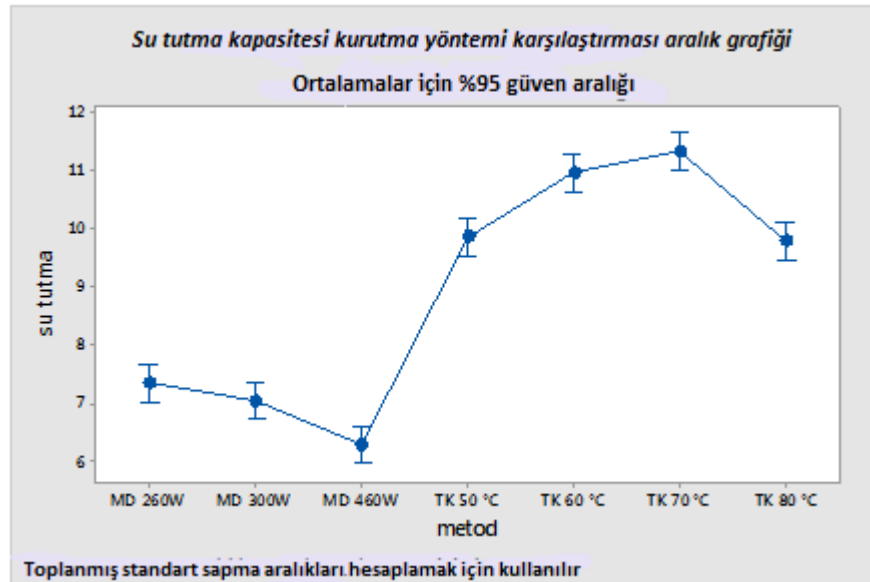
Sonuç olarak, tepsili kurutucu ile kurutulan diyet örneklerinin su tutma kapasitelerinin mikrodalda fırın ile kurutulan diyet lif örneklerinin su tutma kapasitelerine göre daha iyi olduğu ve en iyi su tutma kapasitesine sahip olan örneklerin tepsili kurutucu ile 60°C

(10,95 g/g), 70°C (11,32 g/g) de kurutulanlar olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.13) ($p<0,05$). Tepsili kurutucu ile 50°C (9,85 g/g) ve 80°C (9,78 g/g) de kurutulan diyet lifleri arasında, mikrodalga fırın ile 260W (7,35 g/g) ve 300W (7,04 g/g) güç uygulanarak kurutulan diyet lifleri arasında, mikrodalga fırın ile 300W ve 460W (6,29 g/g) güç uygulanarak kurutulan diyet lifleri arasında su tutma kapasiteleri bakımından önemli bir fark görülmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3.26).

Tablo 3.26. Kurutma optimizasyonu su tutma kapasitesi sonuçları

Örnek	Su Tutma Kapasitesi
TK 50°C	9,85±0,21 ^b
TK 60°C	10,95±0,21 ^a
TK 70°C	11,32±0,24 ^a
TK 80°C	9,79±0,21 ^b
MD 260W	7,35±0,16 ^c
MD 300W	7,05±0,15 ^{cd}
MD 460W	6,30±0,13 ^d

a, b, c, d, aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$). TK: Tepsili kurutucu yöntemi ile kurutulmuş örnekler, MD: mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş örnekler.



Şekil 3.15. Kurutma optimizasyonu su tutma kapasitesi grafiği

3.1.2.3. Kurutma Yöntemleri Yağ Tutma Kapasitesi Bulguları

Tepsili kurutucuda (50°C-80°C) ve mikrodalga fırında (260W-460W) kurutulan <36µm partikül boyutuna sahip diyet lif örneklerinin kurutma yöntemine bağlı yağ tutma

kapasitelerinin değişimi incelenmiş ve yağ tutma kapasitelerinin kurutmaya bağlı olarak 3,03 ile 2,03 g(yağ)/g arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3.27).

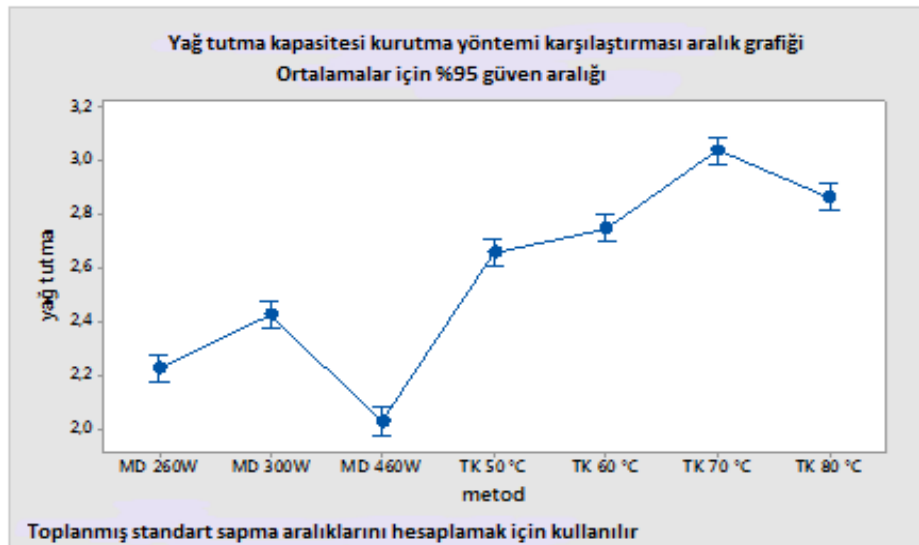
Sonuç olarak, tepsili kurutucu ile kurutulan diyet örneklerinin yağ tutma kapasitelerinin mikrodalda fırın ile kurutulan diyet lif örneklerinin yağ tutma kapasitelerine göre daha iyi olduğu ve en iyi yağ tutma kapasitesine sahip olan diyet lifi örneklerinin tepsili kurutucu 70°C (3,03 g/g) de kurutulanlar olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.14) ($p<0,05$). Tepsili kurutucu ile 60°C (2,74 g/g) ve 80 °C (2,86 g/g) de kurutulan diyet lifleri arasında, mikrodalga fırın ile 260W (2,22 g/g) ve 300W (2,42 g/g) güç uygulanarak kurutulan diyet lifleri arasında, mikrodalga fırın ile 300W (2,42 g/g) ve 460W (2,03 g/g) güç uygulanarak kurutulan diyet lifleri arasında yağ tutma kapasiteleri bakımından önemli bir fark görülmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3.27).

Tablo 3.27. Kurutma optimizasyonu yağ tutma kapasitesi sonuçları

Örnek	Yağ Tutma Kapasitesi
TK 50°C	2,66±0,04 ^c
TK 60°C	2,75±0,02 ^{bc}
TK 70°C	3,04±0,04 ^a
TK 80°C	2,86±0,01 ^b
MD 260W	2,23±0,04 ^e
MD 300W	2,43±0,04 ^d
MD 460W	2,03±0,03 ^f

a, b, c, d, e, f aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

TK: Tepsili kurutucu yöntemi ile kurutulmuş örnekler, MD: mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş örnekler.



Şekil 3.16. Kurutma optimizasyonu yağ tutma kapasitesi grafiği

3.1.2.3. Kurutma Yöntemleri Renk Değerleri Bulguları

3.1.2.3.1. L^* Renk Değeri Bulguları

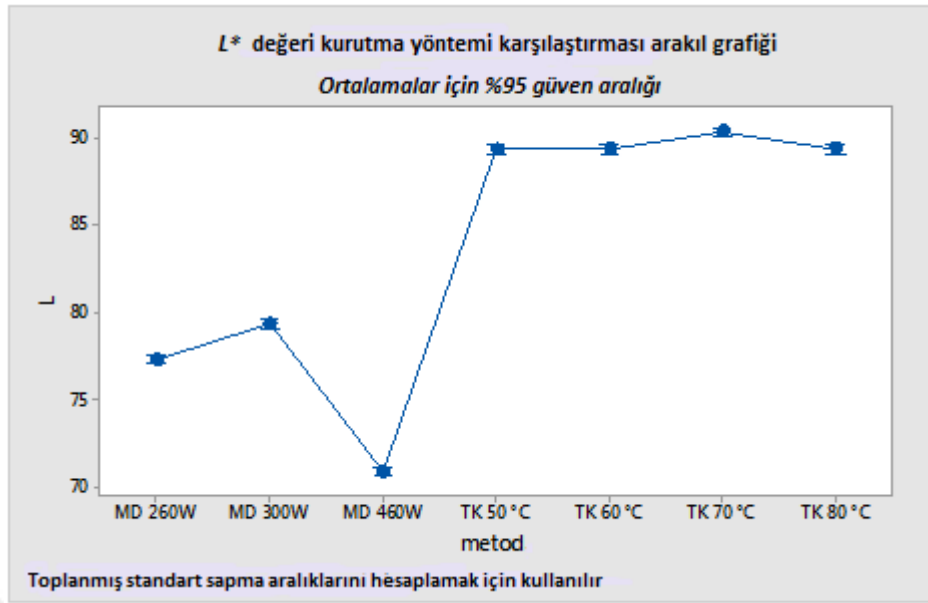
Tepsili kurutucuda (50°C-80°C) ve mikrodalga fırında (260W-460W) kurutulan <36µm partikül boyutuna sahip diyet lif örneklerinin kurutma yöntemine bağlı L^* renk değişimi incelenmiş ve kurutmaya bağlı olarak 90,39 ile 70,88 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3.28).

Tablo 3.28. Kurutma optimizasyonu L^* renk değeri sonuçları

Örnek	L^*
TK 50°C	89,38±0,12 ^b
TK 60°C	89,41±0,11 ^b
TK 70°C	90,39±0,23 ^a
TK 80°C	89,40±0,24 ^b
MD 260W	77,36±0,18 ^d
MD 300W	79,36±0,13 ^c
MD 460W	70,88±0,12 ^e

a, b, c, d, e aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$). TK: Tepsili kurutucu yöntemi ile kurutulmuş örnekler, MD: mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş örnekler.

Kurutma işlemi sonucu olarak tepsili ile kurutulan örneklerin L^* renk değerlerinin daha yüksek olduğu ve en yüksek L^* renk değerine sahip olan diyet lifi örneklerinin tepsili kurutucuda 70°C’ de (90,39) kurutulanlar olduğu ($p<0,05$), 50°C (89,38), 60°C (89,41) ve 80°C (89,40) de tepsili kurutucu da kurutulan diyet lifi örneklerinin kendi aralarında L^* değeri bakımından önemli bir fark görülmediği belirlenmiştir ($p>0,05$) (Tablo 3.28) (Şekil 3.15). Mikro dalga ile kurutulan diyet lifi örneklerin de ise 260W (77,33), 300W (79,36) ve 460W (70,88) güç uygulanarak kurutulan diyet lifi örnekleri arasında da L^* renk değeri açısından önemli bir fark olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Mikrodalga fırın ile kurutulan diyet lifi örneklerinin L^* renk değerlerinin düşük olmasının sebebi ise <1.5 nem seviyesine kadar kurutma sırasında ürün yüzeylerinde meydana gelen yanıklar olmaktadır. Mikro dalda ile kurutma işlemi üretmiş olduğumuz diyet lifinin istenilen en yüksek L^* değeri için uygun bulunmamıştır.



Şekil 3.17. Kurutma optimizasyonu L^* renk değeri grafiği

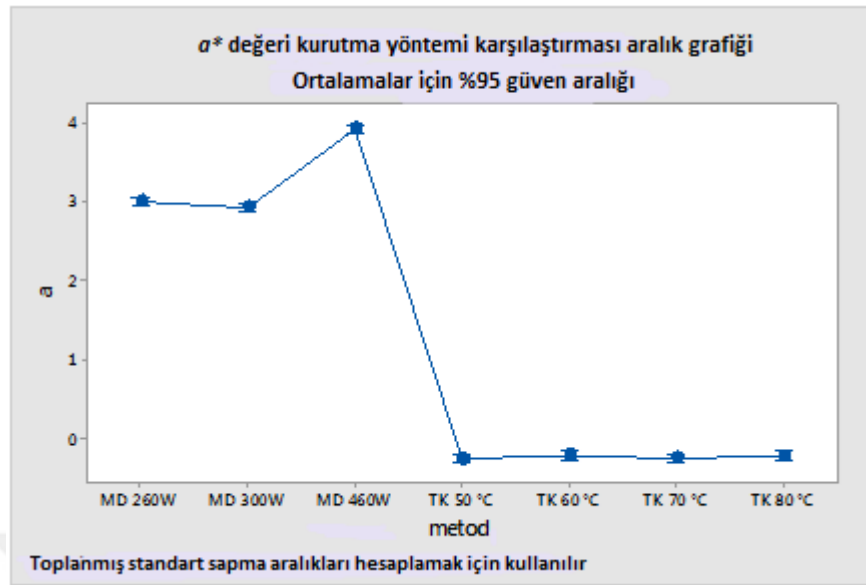
3.1.2.3.2. a^* Renk Değeri Bulguları

Tepsili kurutucuda (50°C-80°C) ve mikrodalga fırında (260W-460W) kurutulan <36µm partikül boyutuna sahip diyet lif örneklerinin kurutma yöntemine bağlı a^* renk değişimi incelenmiş ve kurutmaya bağlı olarak -0,25 ile 3,93 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3.29).

Tablo 3.29. Kurutma optimizasyonu a^* renk değeri sonuçları

Örnek	a^*
TK 50°C	-0,25±0,01 ^c
TK 60°C	-0,20±0,01 ^c
TK 70°C	-0,24±0,02 ^c
TK 80°C	-0,21±0,01 ^c
MD 260W	3,93±0,10 ^b
MD 300W	2,94±0,05 ^b
MD 460W	3,93±0,10 ^a

^{a, b, c, d, e} aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0,05$). TK: Tepsili kurutucu yöntemi ile kurutulmuş örnekler, MD: mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş örnekler.



Şekil 3.18. Kurutma optimizasyonu a^* renk değeri grafiği

Kurutma işlemi sonucu olarak tepsili ile kurutulan örneklerin a^* renk değerlerinin daha düşük olduğu ve en düşük a^* renk değerine sahip olan diyet lifi örneklerinin tepsili kurutucu ile kurutulanlar olduğu belirlenmiş ($p < 0,05$), kendi aralarında ise 50°C (-0,25), 60°C (-0,20), 70°C (-0,24) ve 80°C (-0,21) de kurutulan diyet lifi örneklerinde a^* renk değeri açısından önemli bir fark görülmemiştir ($p > 0,05$) (Tablo 3.29) (Şekil 3.16). Mikro dalga ile kurutulan diyet lifi örneklerin de ise 260W (3,01) ve 300W (2,94) güç uygulanarak kurutulan diyet lifi örnekleri arasında a^* renk değeri açısından önemli bir fark görülmezken ($p > 0,05$), 460W (3,93) güç uygulanarak kurutulan lif örnekler önemli ölçüde farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). Mikrodalga fırın ile kurutulan diyet lifi örneklerinin a^* renk değerinin yüksek olmasının sebebi ise <1.5 nem seviyesine kadar kurutma sırasında ürün yüzeylerinde meydana gelen yanıklar olmaktadır. Mikro dalda ile kurutma işlemi üretmiş olduğumuz diyet lifinin istenilen en düşük a^* değeri için uygun bulunmamıştır.

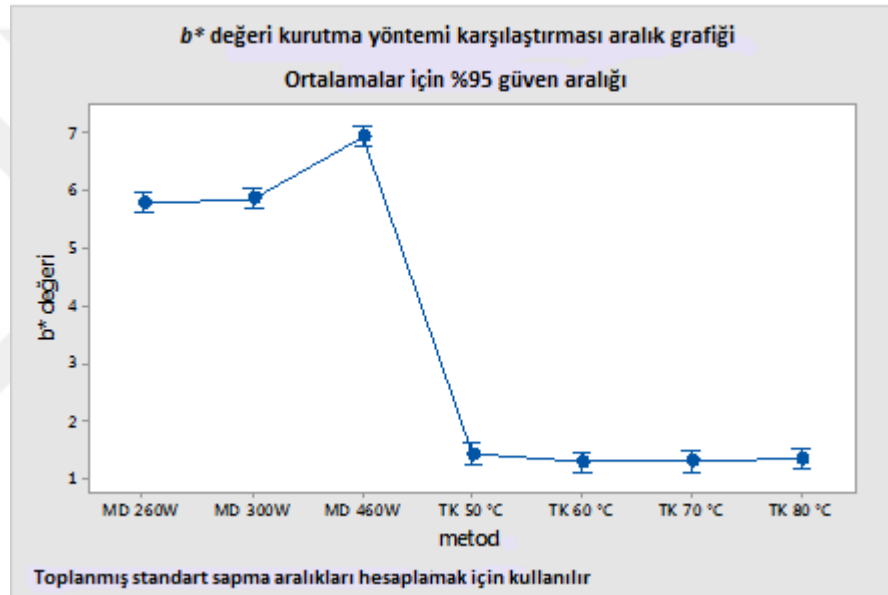
3.1.2.3.3. b^* Renk Değeri Bulguları

Tepsili kurutucuda (50°C-80°C) ve mikrodalga fırında (260W-460W) kurutulan <36µm partikül boyutuna sahip diyet lif örneklerinin kurutma yöntemine bağlı b^* renk değişimi incelenmiş ve kurutmaya bağlı olarak 6,95 ile 1,29 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3.30).

Tablo 3.30. Kurutma optimizasyonu b^* renk değeri sonuçları

Örnek	b^*
TK 50°C	1,44±0,27 ^c
TK 60°C	1,29±0,10 ^c
TK 70°C	1,31±0,11 ^c
TK 80°C	1,35±0,12 ^c
MD 260W	5,79±0,06 ^b
MD 300W	5,87±0,08 ^b
MD 460W	6,95±0,15 ^a

a, b, c, d, e aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$). TK: Tepsili kurutucu yöntemi ile kurutulmuş örnekler, MD: mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş örnekler.

Şekil 3.19. Kurutma optimizasyonu b^* renk değeri grafiği

Kurutma işlemi sonucu olarak tepsili ile kurutulan örneklerin b^* renk değerlerinin daha düşük olduğu ve en düşük b^* renk değerine sahip olan diyet lifi örneklerinin tepsili kurutucu ile kurutulanlar olduğu belirlenmiş ($p<0,05$), kendi aralarında ise 50°C (1,44), 60°C (1,29), 70°C (1,31) ve 80°C (1,35) de kurutmanın b^* renk değeri açısından önemli bir fark görülmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 3.30 ve Şekil 3.17). Mikrodalga ile kurutulan diyet lifi örneklerin de ise 260W (5,79) ve 300W (5,87) güç uygulanarak kurutulan diyet lifi örnekleri arasında b^* renk değeri açısından önemli bir fark görülmezken ($p>0,05$), 460W (6,95) güç uygulanarak kurutulan lif örnekler önemli ölçüde farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Mikrodalga fırın ile kurutulan diyet lifi örneklerinin b^* renk değerinin yüksek olmasının sebebi ise $<1,5\%$ nem seviyesine kadar kurutma sırasında

ürün yüzeylerinde meydana gelen yanıklar olmaktadır. Mikrodalga ile kurutma işlemi üretmiş olduğumuz diyet lifinin istenilen en düşük b^* değeri için uygun bulunmamıştır.

3.1.2.4 Optimum Kurutma Yöntemi Belirlenmesi

Genel optimum kurutma yönteminin belirlenebilmesi için su tutma, yağ tutma, L^* , a^* , b^* renk değerleri için elde edilen en iyi sonuçlar doğrultusunda optimum kurutma yöntemi belirlenmiştir. En yüksek su bağlama, yağ bağlama değerlerine ve istenilen renk özelliklerine sahip diyet lifi üretimi için en uygun kurutma yöntemi ve sıcaklığı tepsili kurutucu ile 70°C’ de kurutma olarak belirlenmiştir (Tablo 3.31).

Tablo 3.31. Optimum kurutma yönteminin belirlenmesi

	Su Tutma	Yağ Tutma	L^* değeri	a^* değeri	b^* değeri
Optimum Kurutma Yöntemi Sıcaklığı	TK 60°C, 70°C	TK 70°C	TK 70°C	TK 50°C, 60°C, 70°C, 80°C	TK 50°C, 60°C, 70°C, 80°C
Genel Optimum Kurutma Yöntemi				TK 70°C	

3.1.3. Mikronizasyon (Boyut Küçültme) Optimizasyonu

3.1.3.1. Su Tutma Kapasitesi Bulguları

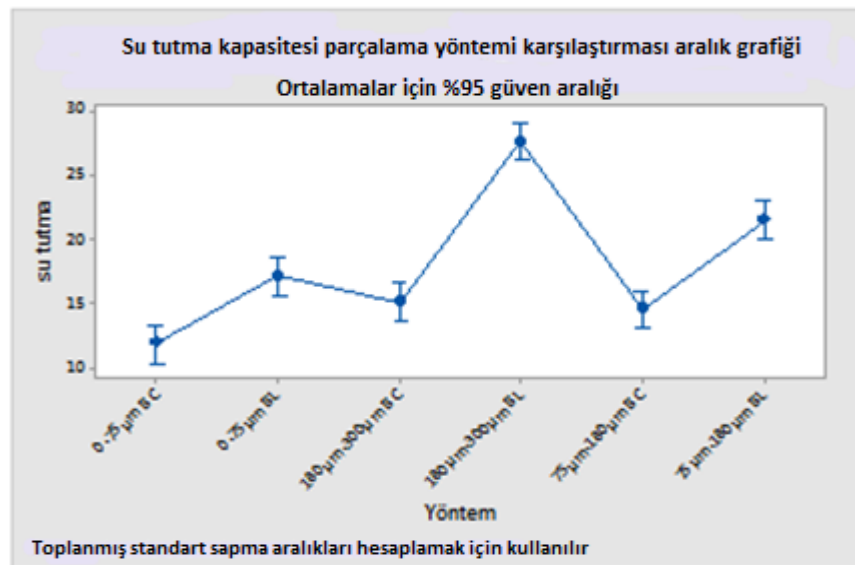
Bilyalı ve bıçaklı öğütücülerde öğütülen örnekler 3 farklı partikül boyutuna sahip diyet lifi örneklerinin su tutma kapasiteleri karşılaştırılmış ve su tutma kapasitelerinin mikronizasyon yöntemi ve partikül boyutuna bağlı olarak 27,55-11,8 g(su)/g arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3.32). Bilyalı öğütücü ile öğütülen diyet liflerin daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu ve en yüksek su tutma kapasitesinin bilyalı öğütücü ile paçalanan 180µm-300µm (27,55 g/g) partikül boyutuna sahip diyet lifi örneklerinde olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bilyalı öğütücüyle parçalanan 0-75µm (17,1 g/g) partikül boyutuna sahip olan diyet lifinin, bıçaklı öğütücü ile parçalanan 180µm-300µm (15,05 g/g) ve 75µm-180 (14,55 g/g) partikül boyutuna sahip olan diyet lifinin su tutma kapasitesi arasında önemli bir farklı olmadığı gözlemlenmiştir ($p > 0,05$).

En düşük su kapasitesi bıçaklı öğütücü ile parçalanmış 0-75 μ m (11,8 g/g) partikül boyutuna sahip diyet lifi örnekleri olmuştur ($p<0,05$). Bilyalı öğütücü ile yapılan mikronizasyon işlemi sonuçları dikkate alındığında partikül boyutunun küçülmesine paralel olarak diyet liflerinin su tutma kapasitelerinin düştüğü belirlenmiştir ($p<0,05$) (Şekil 3.18). Mikronizasyon yönteminin diyet lifinin su tutma kapasitesi üzerinde önemli derece etkili olduğu belirlenmiş ve bunun sebebinin diyet lifi partikül 3 boyutlu geometrik şekli olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 3.32. Mikronizasyon optimizasyonu su tutma kapasitesi sonuçları

Yöntem	Su tutma kapasitesi
180 μ m-300 μ m BL	27,55 $\pm$ 1,20 ^a
75 μ m-180 μ m BL	21,45 $\pm$ 0,50 ^b
0-75 μ m BL	17,10 $\pm$,41 ^c
180 μ m-300 μ m BC	15,05 $\pm$ 1,20 ^{cd}
75 μ m-180 μ m BC	14,55 $\pm$ 1,06 ^{cd}
0-75 μ m BC	11,80 $\pm$ 0,14 ^d

a, b, c, d, e aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).
BL: bilyalı öğütücü, BC: bıçaklı öğütücü



Şekil 3.20. Mikronizasyon optimizasyonu su tutma kapasitesi sonuçları grafiği

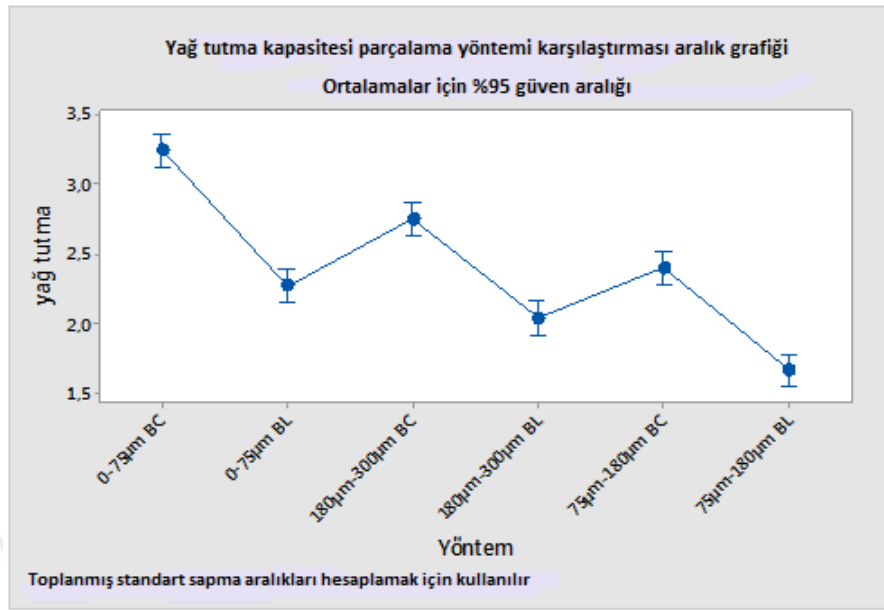
3.1.3.2. Yağ Tutma Kapasitesi Bulguları

Bilyalı ve bıçaklı öğütücülerde öğütülen örnekler 3 farklı partikül boyutuna sahip diyet lifi örneklerinin yağ tutma kapasiteleri karşılaştırılmış ve yağ tutma kapasitelerinin mikronizasyon yöntemi ve partikül boyutuna bağlı olarak 3,24-1,66 g(yağ)/g arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3.33). En yüksek yağ tutma kapasitesine sahip olan diyet lifi örneklerinin bıçaklı öğütücü ile parçalanarak $<75\mu\text{m}$ (3,24 g/g) partikül boyutuna sahip diyet lifi örnekleri olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Bilyalı öğütücüyle parçalanarak $<75\mu\text{m}$ (2,27 g/g) partikül boyutuna sahip olan diyet lifi ile bıçaklı öğütücü ile parçalanarak 75-180 μm (2,4 g/g) partikül boyutuna sahip olan diyet lifinin ve bilyalı öğütücüyle parçalanarak $<75\mu\text{m}$ ile 180-300 μm (2,75 g/g) partikül boyutuna sahip olan diyet lifleri arasında yağ tutma kapasitesi bakımından önemli bir farklı olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0,05$). İki farklı mikronizasyon yönteminde de partikül boyutunun 180-300 μm dan 75-180 μm ye düşürülmesiyle diyet liflerinin yağ tutma kapasitesinin azaldığı, partikül boyutunun 75-180 μm den $<75\mu\text{m}$ ye düşürülmesiyle diyet liflerinin yağ tutma kapasitesinin önemli derece de arttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Şekil 3.19). Mikronizasyon yönteminin diyet lifinin yağ tutma kapasitesi üzerinde önemli derece etkili olduğu belirlenmiş ve bunun sebebinin diyet lifi partikül 3 boyutlu geometrik şekli olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 3.33. Mikronizasyon optimizasyonu yağ tutma kapasitesi sonuçları

Yöntem	Yağ tutma kapasitesi
180 μm -300 μm BL	2,04 $\pm$ 0,06 ^d
75 μm -180 μm BL	1,67 $\pm$ 0,02 ^e
0-75 μm BL	2,27 $\pm$ 0,03 ^{cd}
180 μm -300 μm BC	2,75 $\pm$ 0,01 ^b
75 μm -180 μm BC	2,40 $\pm$ 0,14 ^c
0-75 μm BC	3,25 $\pm$ 0,06 ^a

a, b, c, d, e aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).
BL: bilyalı öğütücü, BC: bıçaklı öğütücü



Şekil 3.21. Mikronizasyon optimizasyonu yağ tutma kapasitesi sonuçları grafiği

3.2. Toplam Diyet Lifi Analizi Bulguları

Üretilen elma diyet lifi ve elma posası örneklerinin kuru madde de toplam diyet lif yüzdeleri incelenmiş, diyet lifi üretim yöntemin ve fermantasyonun diyet lif miktarları üzerine etkileri incelenmiş ve toplam diyet lifi yüzdelерinin kuru madde de 94,23-61,48 (g/100g) arasında değiştiği belirlenmiştir. Örneklerin diyet lif miktarlarının önemli derecede birbirlerinden farklı olduğu elma posasından üretilen diyet lifi örneğinin (94,23 g/100g) en yüksek diyet lifi içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3.34). Optimize edilen diyet lifi üretim yönteminin etkin olduğu ve yüksek saflıkta diyet lifi elde edilebileceği gözlemlenmiştir. Alternatif bir diyet lifi üretim metodu olabileceği ön görülmektedir.

Tablo 3.34. Toplam diyet lifi analizi sonuçları

Örnekler	Toplam diyet lifi
EL	94,23±0,32 ^a
Posa	61,48±0,02 ^b

^{a, b, c} aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$). EL: Üretilen elma lifi

3.3. Nem, Kül, Nişasta, Yağ Ve Protein Analiz Bulguları

Optimize edilen üretim yöntemiyle üretilen diyet lifi ve hammadde olarak kullanılan elma posası nem (%), kül (%), protein (%) ve nişasta (%) değerlerine göre karşılaştırılmıştır (Tablo 3.35).

Optimize edilen diyet lifi üretim prosesinin elma posasında bulunan safsızlıklar üzerinde, %100 oranında nişasta miktarının, %96,87 oranında protein miktarının ve %80 oranında yağ miktarının giderilmesiyle önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir. Fakat elma posasına göre üretilen diyet lifinde kül (%) miktarı daha fazla çıkmıştır. Bunun sebebi ise alkali ortamda yapılan ağartma işlemi ve diyet lifi üretim yönteminin bir basamağı olan ultratürrax ile homojenizasyonun liflerin şelat kapasitesini artırması olarak görülebilir (Tablo 3.35).

Tablo 3.35. Elma posası ve üretilen elma diyet lifi bileşimi

Karşılaştırma (%KM)	Elma Diyet Lifi	Elma Posası
Protein	0,188	6
Kül	5	2
Nem	<1,5	20
Nişasta	0	5
Yağ	0,6	3

3.4. Fenolik Madde Analiz Bulguları

3.4.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı Bulguları

Üretilen elma diyet lifi ve elma posası örneklerinden elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde miktarı değerleri (TPC) değişim incelenmiştir ve TPC değerlerinin 14,99 ile 0,51 (mg GAE/g) aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek TPC değerine sahip örnek elma posası (14,99 mg GAE/g) örneklerinde en düşük TPC değeri ise üretilen elma diyet lifinde (0,51 mg GAE/g) görülmüştür ($p<0,05$). Sonuç olarak optimize edilen diyet lifi üretim metodunun elma posasındaki TPC oranını düşmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3.36).

Tablo 3.36. TPC analizi sonuçları

Örnek	TPC (mg GAE/g)
Posa	14,99±0,11 ^a
EL	0,51±0,03 ^b

^{a, b} aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$). EL: Üretilen elma lifi

3.4.2. DPPH Analiz Bulguları

Üretilen elma diyet lifi ve elma posası örneklerinden elde edilen ekstraktların antioksidan aktivite inhibisyon değerleri (%AA) değişim incelenmiş ve %AA değerlerinin 46,29 ile 2,69 aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek %AA değerine sahip örnek elma posası (%46,29) örneklerinde en düşük %AA değeri ise üretilen elma diyet lifinde (%2,69) görülmüştür ($p<0,05$). Aynı zamanda örneklerin DPPH (mg trolox/g örnek) antioksidan aktivite değerleri hesaplanmış ve antioksidan aktivite değerlerinin 4,91 ile 0,30 (mg trolox/g) aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek antioksidan aktivite değerine sahip örnek elma posası (4,91 mg trolox/g) örneklerinde en düşük antioksidan aktivite değeri ise üretilen elma diyet lifinde (0,29 mg trolox/g) görülmüştür ($p<0,05$). Sonuç olarak optimize edilen diyet lifi üretim metodunun elma posasındaki %AA oranının ve DPPH (mg trolox/g) antioksidan aktivite miktarının düşmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3.37).

Tablo 3.37. %AA ve DPPH analizi sonuçları

Örnek	AA (%)	DPPH (mg trolox/g)
Posa	46,29±0,73 ^a	4,91±0,08 ^a
EL	2,69±0,64 ^b	0,30±0,05 ^b

^{a, b,} aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).
EL: Üretilen elma lifi

3.4.3. ABTS Analiz Bulguları

Üretilen elma diyet lifi ve elma posası örneklerinden elde edilen ekstraktların troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) miktarlarındaki değişim incelenmiş ve TEAC değerlerinin 6,55 ile 0,29 (mg troloks/g örnek) aralığında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 3.38). En yüksek TEAC değerine sahip örnek elma posası (6,55 mg troloks/g örnek) örneklerinde en düşük TEAC değeri ise üretilen elma diyet lifinde (0,29 mg troloks/g örnek) görülmüştür ($p<0,05$). Sonuç olarak optimize edilen diyet lifi üretim metodunun elma posasındaki troloks eşdeğeri antioksidan kapasite miktarının düşmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.38. ABTS analizi sonuçları

Örnek	ABTS (mg trolox/g)
Posa	6,55±0,20 ^a
EL	0,29±0,03 ^c

^{a, b, c} aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).EL: Üretilen elma lifi

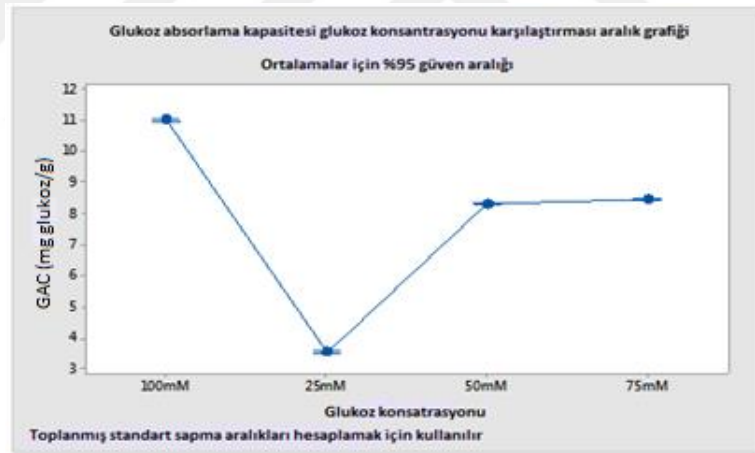
3.5. Glukoz Absorblama Kapasitesi Analizi Bulguları

Üretilen elma diyet lifinin farklı glukoz konsantrasyonlarında glukoz absorblama miktarının 11,02 ile 3,54 (mg glukoz/g) arasında değiştiği gözlemlenmiştir. En yüksek glukoz absorblama miktarının 100mM (11,02 mg glukoz/g) konsantrasyonda olduğu gözlemlenmiş olup, üretilen elma diyet liflerinin farklı konsantrasyonlarda glukoz absorblama değerinin değiştiği ve konsantrasyon miktarının artmasına bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3.39 ve Şekil 3.20).

Tablo 3.39. Glukoz absorblama kapasitesi sonuçları

Örnek	Glisemik İndeks (mg/g)
100mM	11,02±0,03 ^a
75mM	8,46±0,02 ^b
50mM	8,31±0,02 ^c
25mM	3,54±0,02 ^d

a, b, c, d aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).



Şekil 3.22. Glukoz absorblama kapasitesi analizi grafiği

3.6. Farklı Boyuttaki Ticari Diyet Liflerle Teknolojik Özelliklerin Karşılaştırılması

3.6.1. Su ve Yağ Tutma Kapasitesi Bulguları

Üç farklı partikül boyutu sınıfına ayrılmış olan üretilen elma diyet lifleri farklı partikül boyutlarına sahip olan ticari havuç, limon, buğday, bezelye ve elma lifleriyle ait oldukları boyut sınıflandırmasında su tutma kapasiteleri karşılaştırılmış, su tutma kapasitelerinin farklı diyet lifi örnekleri ve partikül boyutuna bağlı olarak 27,55 ile 3,80 g(lif)/ g(su) arasında değiştiği belirlenmiştir. Aynı partikül boyutu sınıfında, üretilen elma lifinin (27,55 g/g) ticari diyet liflerine göre daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3.40 ve Şekil 3.21). 75µm-180µm partikül

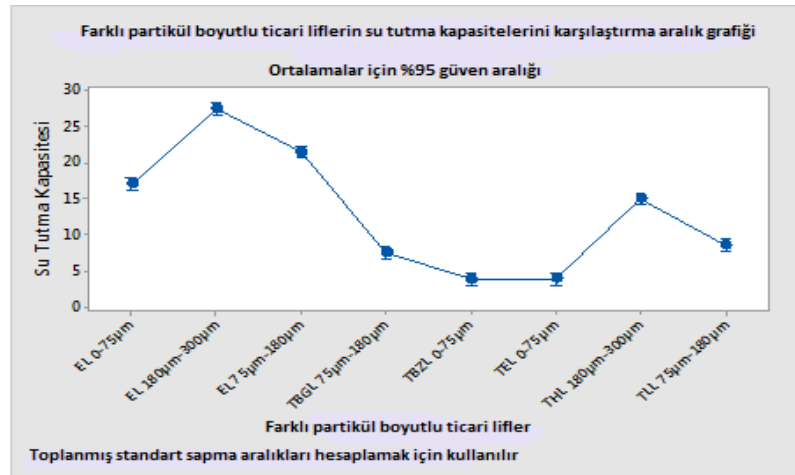
boyutuna sahip ticari limon lifi (8,54 g/g) ve ticari buğday lifinin (7,46 g/g) su tutma kapasiteleri arasında fark görülmediği gibi <75µm partikül boyutuna sahip ticari elma (3,90 g/g) ve ticari bezelye liflerinin (3,80 g/g) su tutma kapasiteleri arasında da fark görülmemiştir ($p>0,05$).

Aynı şekilde elma diyet lifleri farklı partikül boyutlarına sahip olan ticari havuç, limon, buğday, bezelye ve elma lifleriyle ait oldukları boyut sınıflandırmasında yağ tutma kapasiteleri karşılaştırılmış, yağ tutma kapasitelerinin farklı diyet lifi örnekleri ve partikül boyutuna bağlı olarak 4,44 ile 1,3 g(lif)/g(yağ) arasında değiştiği belirlenmiştir. Aynı partikül boyutu sınıfında, 180µm-300µm partikül boyutuna sahip ticari havuç lifinin (4,44 g(yağ)/g) diğer diyet liflere göre daha yüksek yağ tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3.40 ve Şekil 3.22). 75µm-180µm partikül boyutuna sahip ticari limon lifi (2,09 g/g) ve 180µm-300µm boyutundaki üretilen elma lifinin (2,04 g/g) yağ tutma kapasiteleri arasında, 75µm-180µm boyutundaki üretilen elma lifi (1,66 g/g) ve 75µm-180µm partikül boyutuna sahip ticari buğday liflerinin (1,6 g/g) yağ tutma kapasiteleri arasında da fark görülmediği gibi <75µm partikül boyutuna sahip ticari elma (1,3 g/g) ve ticari bezelye liflerinin (1,40 g/g) yağ tutma kapasiteleri arasında da önemli bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Elde edilen bilgiler ışığında diyet lifi üretim yönteminin, diyet lifi üretimi yapılan hammadenin ve lif partikül boyutunun diyet lifi su absorblama özelliği üzerinde önemli olduğu anlaşılmıştır.

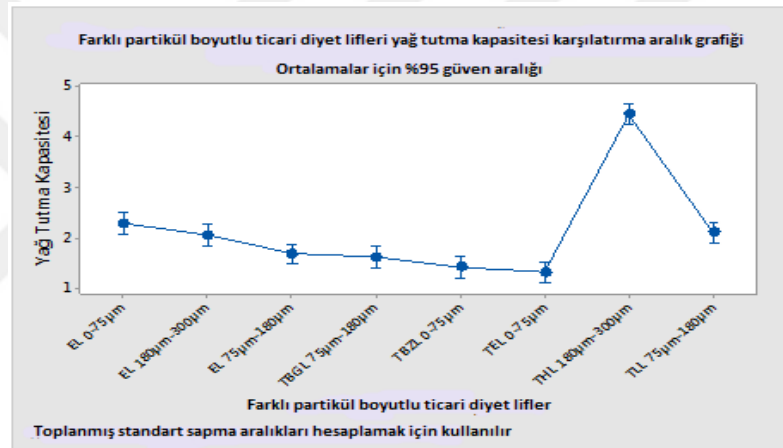
Tablo 3.40. Farklı diyet liflerinin su tutma ve yağ tutma kapasitesi sonuçları

Örnek-Partikül Boyutu	Su tutma kapasitesi	Yağ tutma kapasitesi
EL 180µm-300µm	27,55±1,20 ^a	2,04±0,06 ^{bc}
EL 75µm-180µm	21,45±0,50 ^b	1,67±0,02 ^{cd}
EL <75µm	17,10±0,14 ^c	2,27±0,03 ^b
THL 180µm-300µm	15,00±0,57 ^d	4,45±0,29 ^a
TLL 75µm-180µm	8,54±0,24 ^e	2,10±0,19 ^{bc}
TBGL 75µm-180µm	7,46±0,23 ^e	1,60±0,03 ^{cd}
TEL <75µm	3,91±0,01 ^f	1,30±0,00 ^d
TBZL <75µm	3,81±0,01 ^f	1,41±0,02 ^d

^{a, b, c, d} aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$). EL: Üretilen elma lifi THL: Ticari havuç lifi TLL: Ticari limon lifi TBGL: Ticari buğday lifi TEL: Ticari elma lifi TBZL: Ticari bezelye lifi.



Şekil 3.23. Farklı diyet liflerinin su tutma kapasitesi analizi grafiği



Şekil 3.24. Farklı diyet liflerinin yağ tutma kapasitesi analizi grafiği

3.7. Model Gıda Analiz Bulguları

3.7.1. Reolojik Analiz Bulguları

3.7.1.1. Steady Sweep Bulguları

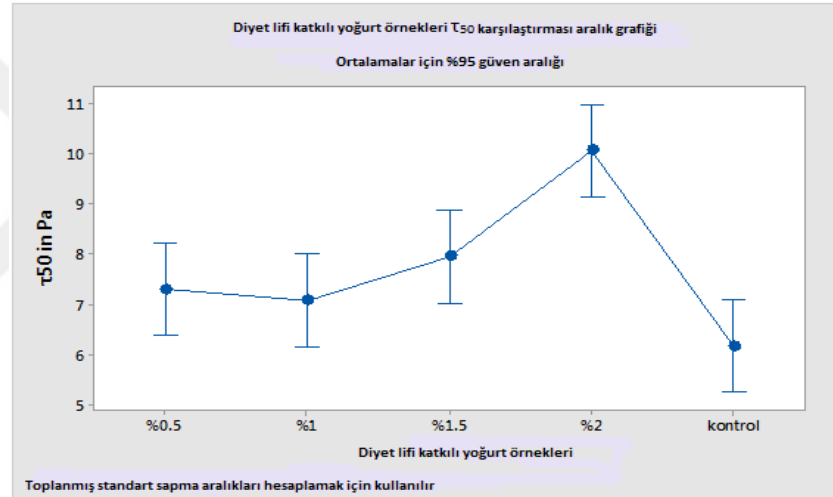
Kontrol, %0,5, %1, %1,5 ve %2 diyet lifi katkılı yoğurt örneklerinin steady sweep analizleri yapılmış ve diyet lifi ilavesinin τ_{50} (süpürme), η_{50} (vizkozite) ve K (kıvam katsayısı) değeri üzerine etkisi incelenmiştir. İncelenen örneklerin τ_{50} değerleri 10,07 ile 6,18, η_{50} değerleri 0,20 ile 0,12, K değerleri 6,62 ile 2,83 arasında değiştiği ve en yüksek τ_{50} (10,06), η_{50} (0,20), K (6,62) değerleri %2 diyet lifi katkılı yoğurt örneğinde gözlemlenmiştir. Yoğurda belirli oranlarda diyet lifi ilavesinin K değeri üzerine etkili olduğu ve ilave edilen diyet lifi miktarının artmasıyla birlikte K değerinin arttığı belirlenmiştir ($p < 0,05$) (Tablo 3.39 ve Şekil 3.25). %2 diyet lifi ilavesinin yoğurt τ_{50} ve η_{50} değerleri üzerine etkili olduğu ($p < 0,05$), yoğurda %1,5 diyet lifi ilavesine kadar

artan diyet lifi miktarına bağlı olarak değişmediği tespit edilmiştir ($p>0,05$) (Tablo 3.41, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24).

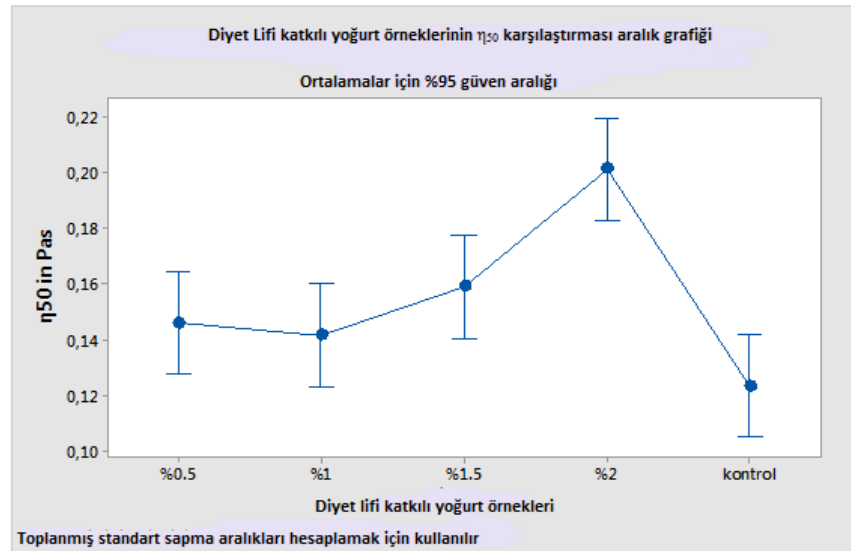
Tablo 3.41. Diyet lifi katkılı yoğurtların τ_{50} , η_{50} ve K değerleri

Örnek	τ_{50}	η_{50}	K
%2	10,07±0,97 ^a	0,20±0,02 ^a	6,62±0,14 ^e
%1,5	7,97±0,98 ^b	0,16±0,02 ^b	4,71±0,03 ^d
%1	7,314±0,40 ^b	0,15±0,00 ^b	3,66±0,12 ^c
%0,5	7,09±0,71 ^b	0,14±0,00 ^b	3,30±0,07 ^a
Kontrol	6,18±0,13 ^b	0,12±0,00 ^b	2,83±0,10 ^a

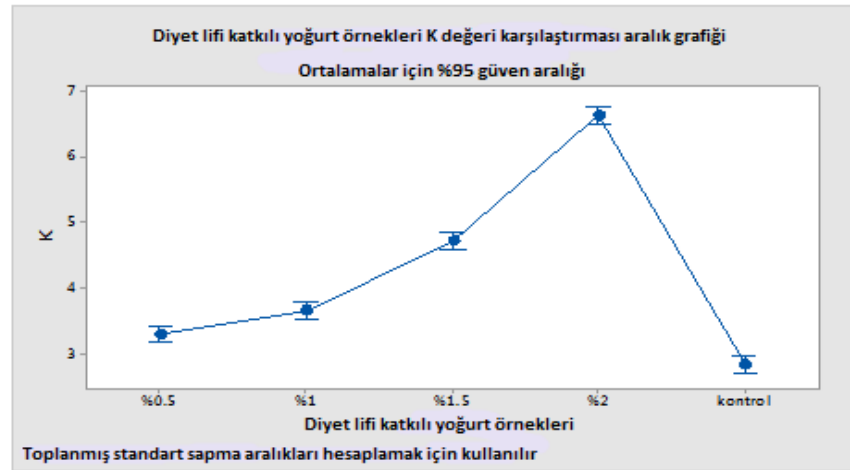
^{a, b} aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).



Şekil 3.25. Diyet lifi katkılı yoğurtların τ_{50} değeri grafiği



Şekil 3.26. Diyet lifi katkılı yoğurtların η_{50} değeri grafiği



Şekil 3.27. Diyet lifi katkılı yoğurtların K değeri grafiği

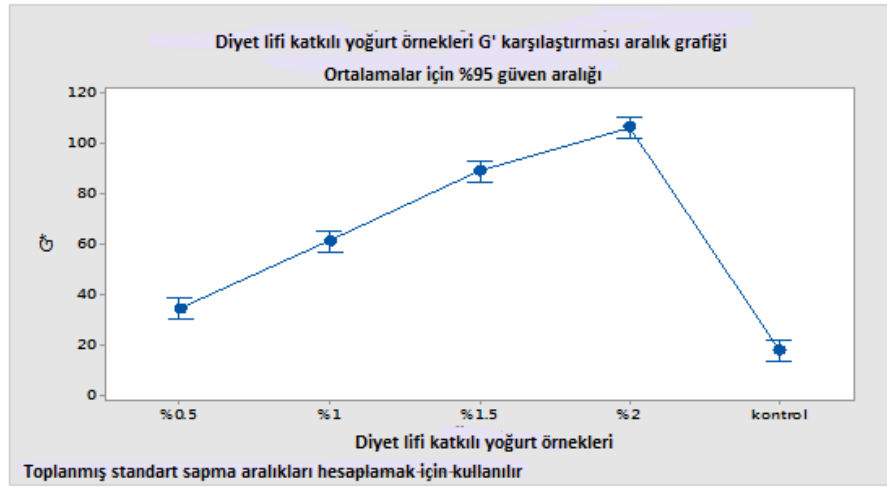
3.7.1.2 Frequency Sweep Bulguları

Kontrol, %0,5, %1, %1,5 ve %2 diyet lifi katkılı yoğurt örneklerinin frequency sweep analizleri yapılmış ve diyet lifi ilavesinin G' , G'' ve $\tan(\delta)$ değeri üzerine etkisi incelenmiştir. İncelenen örneklerin G' değerleri 106,33-18,03 aralığında, G'' değerlerinin 30,30-4,571 arasında, $\tan(\delta)$ değerlerinin 0,29 ile 0,25 arasında değiştiği ve en yüksek G' (106,33), G'' (30,30), $\tan(\delta)$ (0,29) değerleri %2 diyet lifi katkılı yoğurt örneğinde gözlemlenmiştir. Yoğurda belirli oranlarda diyet lifi ilavesinin G' , G'' değeri üzerine etkili olduğu ve ilave edilen diyet lifi miktarının artmasıyla birlikte G' , G'' değerinin arttığı belirlenmiştir ($p < 0,05$) (Tablo 3.42, Şekil 3.26 ve Şekil 3.27). Diyet lifi ilavesinin yoğurt örneklerinin $\tan(\delta)$ değeri üzerine etkili olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$) (Şekil 3.28).

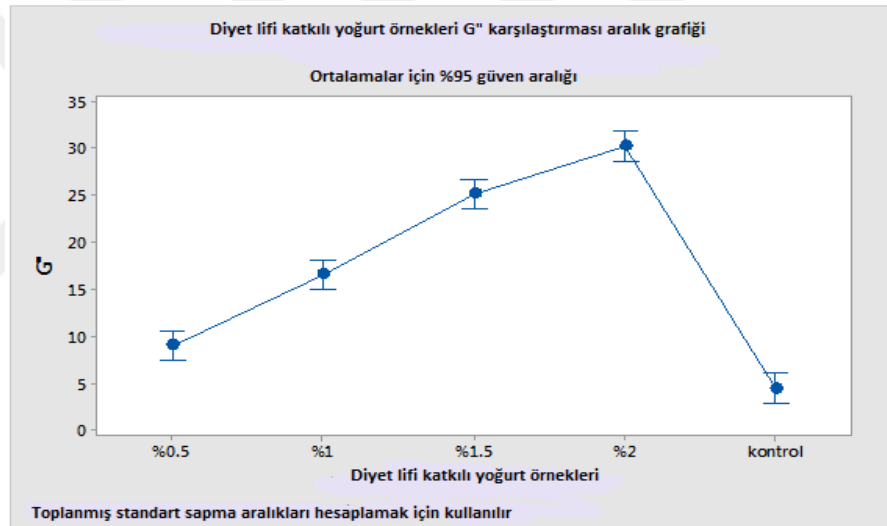
Tablo 3.42. Diyet lifi katkılı yoğurtların G' , G'' ve $\tan(\delta)$ değerleri

Örnek	G'	G''	$\tan(\delta)$
%2	106,33±0,80 ^a	30,30±2,11 ^a	0,28±0,02 ^a
%1,5	89,17±3,56 ^b	25,23±0,17 ^b	0,28±0,01 ^a
%1	61,29±5,48 ^c	16,69±1,55 ^c	0,27±0,01 ^a
%0,5	34,56±0,65 ^d	9,14±0,58 ^d	0,26±0,01 ^a
Kontrol	18,03±2,56 ^e	4,57±0,76 ^e	0,25±0,01 ^a

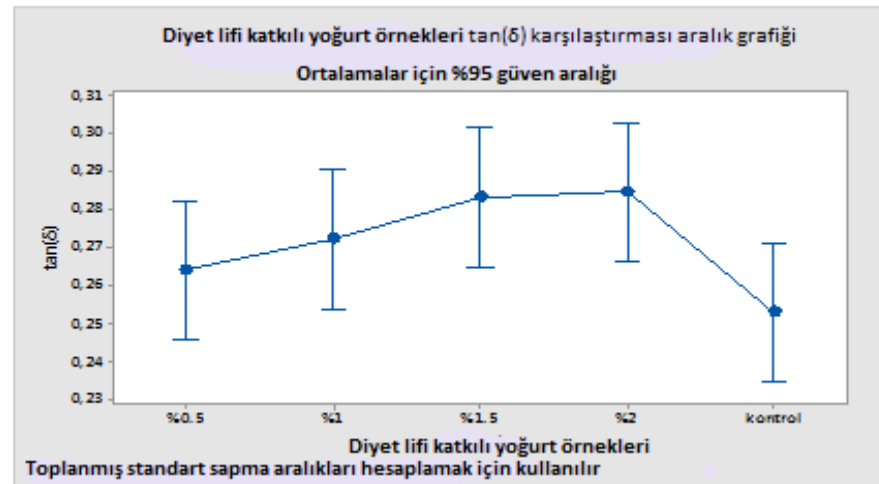
^{a, b, c, d, e} aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0,05$).



Şekil 3.28. Diyet lifli katkılı yoğurtların G' değeri grafiği



Şekil 3.29. Diyet lifli katkılı yoğurtların G'' değeri grafiği



Şekil 3.30. Diyet lifli katkılı yoğurtların $\tan(\delta)$ değeri grafiği

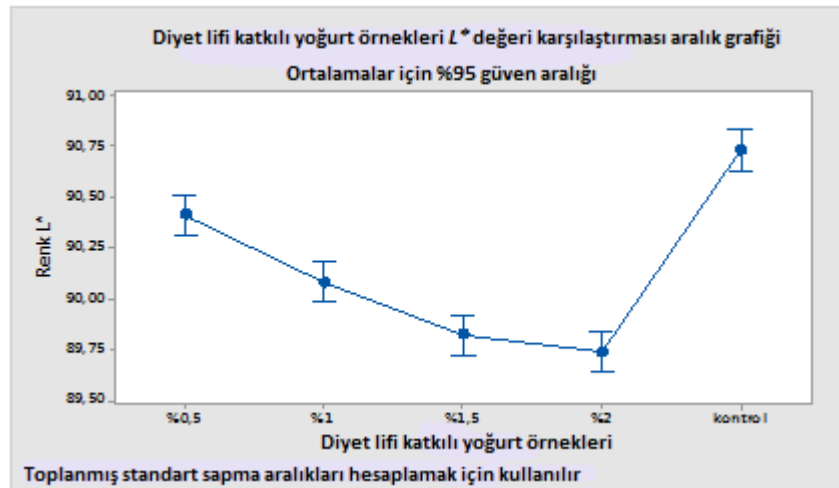
3.7.2. Renk Analizi Bulguları

Kontrol, %0,5, %1, %1,5 ve %2 diyet lifi katkılı yoğurt örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerinde inceleme yapılmış ve L^* değerlerinin 90,73 ile 89,74 arasında, a^* değerlerinin -1,14 ile -1,36 arasında, b^* değerleri 8,05 ile 7,23 arasında olduğu belirlenmiştir. En yüksek L^* değeri kontrol yoğurt (90,73), en düşük a^* değeri %2 diyet lifi katkılı yoğurt (-1,14), en düşük b^* (7,23) değeri ise kontrol yoğurt örneklerinde gözlemlenmiştir. Yoğurda belirli oranlarda diyet lifi ilavesinin L^* , a^* ve b^* değerleri üzerinde etkili olduğu ve ilave edilen diyet lifi miktarının artmasıyla birlikte L^* ve a^* değerinin azaldığı, b^* değerinin ise arttığı belirlenmiştir ($p < 0,05$) (Tablo 3.43, Şekil 3.29, Şekil 3.30 ve Şekil 3.31). %1,5 ve %2 diyet lifi ilaveli yoğurt örneklerinin L^* , a^* ve b^* renk değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). %1 ve %1,5 diyet lifi ilaveli yoğurt örneklerinin a^* değerleri arasında, %0,5 ve %1 diyet lifi ilaveli yoğurt örneklerinin b^* değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ($p > 0,05$).

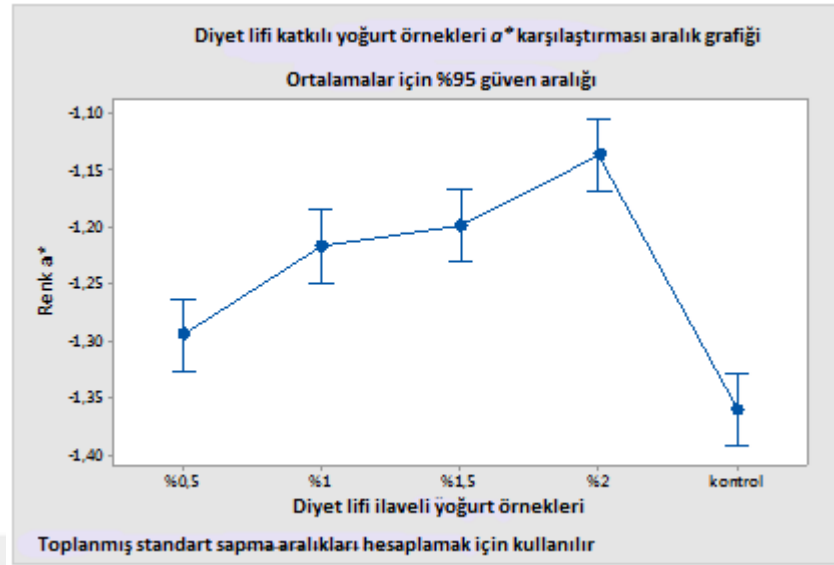
Tablo 3.43. Diyet lifi katkılı yoğurtların L^* , a^* ve b^* değerleri

Örnek	L^*	a^*	b^*
Kontrol	90,73±0,04 ^a	-1,36±0,04 ^d	7,23±0,01 ^c
%0,5	90,41±0,18 ^b	-1,29±0,05 ^c	7,65±0,05 ^b
%1	90,08±0,11 ^c	-1,22±0,04 ^b	7,84±0,12 ^{ab}
%1,5	89,82±0,08 ^d	-1,20±0,02 ^{ab}	7,94±0,17 ^a
%2	89,74±0,06 ^d	-1,14±0,02 ^a	8,05±0,11 ^a

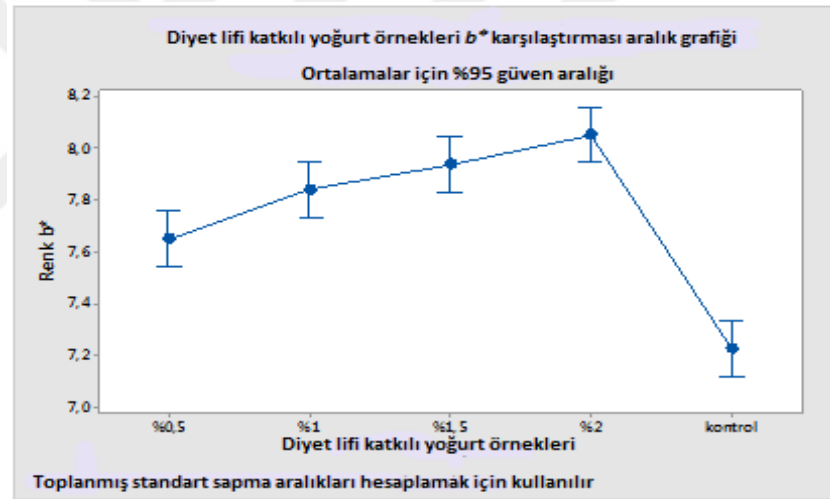
a, b, c, d, e aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0,05$).



Şekil 3.31. Diyet lifi katkılı yoğurtların L^* renk değeri grafiği



Şekil 3.32. Diyet lifi katkılı yoğurtların a^* renk değeri grafiği



Şekil 3.33. Diyet lifi katkılı yoğurtların b^* renk değeri grafiği

3.7.3. Asitlik Analizi Bulguları

Kontrol, %0,5, %1, %1,5 ve %2 diyet lifi katkılı yoğurt örneklerinin 0., 7., 14., 17. ve 21. gün depolanması sonucu diyet lifi ilavesinin yoğurdun pH' sı üzerine etkisi incelenmiş ve diyet lifi ilavesinin yoğurdun 0-21 gün depolamadaki pH değişimine etkisi belirlenmiştir. Bütün örneklerin 21 günlük depolama boyunca pH' larının düştüğü belirlenmiştir ($p < 0,05$) (Tablo 3.44). 0-7 gün arası yapılan depolama sonucu %1, %1,5 ve %2 diyet lifi katkılı yoğurt örneklerinin pH'sının, kontrol ve %0,5 diyet lifi katkılı yoğurda göre daha hızlı düştüğü ($p < 0,05$), fakat 0-21 gün depolama süresinde kontrol, %0,5, %1 katkılı yoğurt örneklerinin pH'sının giderek azaldığı ($p < 0,05$), 7-21. gün

depolamalarında %1,5 ve %2 diyet lifi katkılı yoğurt örneklerinin pH değerlerinde istatistiksel olarak bir değişme olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Tablo 3.45).

Tablo 3.44. Diyet lifi katkılı yoğurtların 0-21 gün depolamadaki pH değişimi

Örnek	0.gün	7.gün	14.gün	17.gün	21.gün
Kontrol	4,62±0,00 ^a	4,5±0,00 ^b	4,35±0,00 ^c	4,31±0,00 ^d	4,15±0,00 ^e
%0,5	4,59±0,00 ^a	4,51±0,00 ^b	4,35±0,00 ^c	4,30±0,00 ^d	4,21±0,00 ^e
%1	4,57±0,00 ^a	4,38±0,00 ^b	4,30±0,00 ^c	4,28±0,00 ^d	4,26±0,00 ^d
%1,5	4,58±0,00 ^a	4,40±0,00 ^b	4,35±0,00 ^c	4,33±0,01 ^c	4,31±0,01 ^c
%2	4,60±0,00 ^a	4,42±0,00 ^b	4,37±0,01 ^{cb}	4,35±0,02 ^c	4,325±0,02 ^c

^{a, b, c, d, e} aynı satırda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

Tablo 3.45. Diyet lifi katkılı yoğurtların diyet lifi miktarına bağlı olarak 0-21 gün depolamadaki pH değişimi

Örnek	0.gün	7.gün	14.gün	17.gün	21.gün
Kontrol	4,62±0,00 ^a	4,50±0,00 ^a	4,35±0,00 ^a	4,31±0,00 ^{ab}	4,15±0,00 ^d
%0,5	4,59±0,00 ^{ab}	4,51±0,00 ^a	4,345±0,00 ^a	4,30±0,00 ^{ab}	4,21±0,00 ^c
%1	4,57±0,00 ^b	4,38±0,00 ^c	4,30±0,00 ^b	4,28±0,00 ^b	4,26±0,00 ^b
%1,5	4,56±0,00 ^b	4,40±0,00 ^{bc}	4,35±0,00 ^a	4,33±0,01 ^a	4,31±0,01 ^a
%2	4,60±0,00 ^b	4,42±0,00 ^b	4,37±0,01 ^a	4,345±0,02 ^a	4,33±0,00 ^a

^{a, b, c, d, e} aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

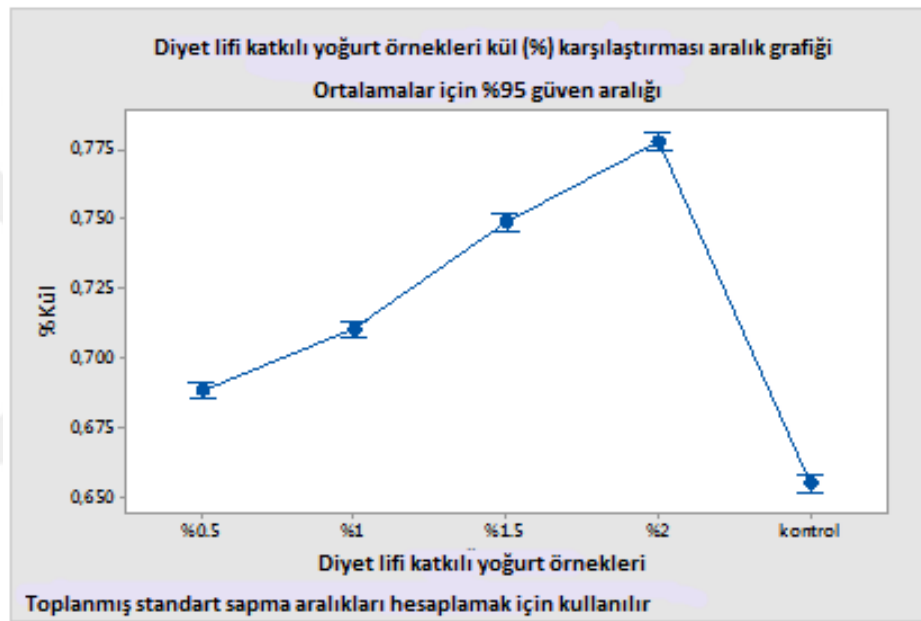
3.7.4. Kül Analizi Bulguları

Kontrol, %0,5, %1, %1,5 ve %2 diyet lifi katkılı yoğurt örneklerinin miktarı üzerinde inceleme yapılmıştır. Diyet lifi ilavesinin yoğurt kül (%) miktarı üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Yoğurda diyet lifi ilavesinin artmasıyla birlikte kül (%) miktarının arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3.46, Şekil 3.32).

Tablo 3.46. Diyet lifi katkılı yoğurtların kül analizi sonuçları

Örnekler	Kül (%)
%2	0,78±0,00 ^a
%1,5	0,75±0,00 ^b
%1	0,71±0,00 ^c
%0,5	0,69±0,00 ^d
Kontrol	0,65±0,00 ^e

^{a, b, c, d, e} aynı sütunda yer alan farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0,05).



Şekil 3.34.Diyet lifi katkılı yoğurtların kül miktarı grafiği

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda optimize edilen diyet lifi üretimi sonucu elma diyet lifinin kuru maddede %0,19 protein, %5 kül, %0,6 yağ ve %94,23 toplam diyet lifine sahip olduğu belirlenmiştir. Elma posasının kuru madde de %6 protein, %2 kül, %3 yağ ve %61, 48 diyet lifine sahip olduğu belirlenmiştir. Üretilen elma lifinin *L** renk değerleri 91,01, *a** renk değeri -0,61, *b** renk değeri 1,75 olarak belirlenmiştir. Diyet lifi üretiminde uygulanan homojenizasyon ve ultrasonik destekli alkali peroksit işleminin safsızların giderilmesinde ve renk özellikleri üzerinde önemli derece de etkili olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda yer alan elma posasının toplam diyet lifi, protein, kül ve yağ miktarları Reis et al. (2014), Yan ve Kerr (2013), Jung et al. (2015), Bhushan et al. (2016), Schiber et al. (2003) ve Cerda et al. (2015)'ın yaptığı çalışmalarda benzer şekilde görülmüş [16, 86, 114–117], farklı olarak Gouv et al. (2017)'nin yaptığı çalışmada elma posasındaki toplam diyet lifi miktarının daha düşük olduğu, protein, kül miktarlarının benzer olduğu görülmüştür [118]. Çalışmamızdan farklı olarak, Madrena et al. (2017) yaptığı çalışmada fermantasyona bağlı olarak toplam diyet lifi miktarının arttığını ve posanın toplam diyet lifi bileşiminin daha fazla olduğu ifade etmiştir [119].

Sonuçlarımıza benzer şekilde, Miedzianka ve Pesksa (2012) yapmış oldukları çalışmada pH oranlarının değişen süreyle beraber patates proteini izolasyonu üzerine etkili olduğunu, Sun et al. (2018) alkali ortamda sweet patatesten karbonhidrat izolasyonunun yanında proteinin giderilebileceğini, Marcet et al. (2017) benzer şekilde alkali ortamda ultrasonik işlemin yumurta kabuğundaki protein miktarı üzerinde etkili olduğunu, Wang et al. (2009) farklı çözücü solvent kombinasyonlarının sorgum bitkisinde bulunan kafirin proteinin izolasyonunda etkili olduğunu ve Behrouzian et al. (2016) kahve kabuğundan farklı süre ve sıcaklıkta alkali peroksit uylamasının protein izolasyonu üzerine etkili olduğunu belirtmişlerdir [99, 120–123].

Wang et al. (2018) yağsız mısır kabuğundan, Calvache et al. (2017) papaya bitkisinden,

Wang et al. (2015) beş farklı turuncgil meyveden, Peerajit et al. (2012) lime posalarından, Lv et al. (2012) Maixiansan bitkisinden, Khan et al. (2018) yağı alınmış cevizlerden, Daou ve Zhang (2013) yağsız pirinç kepeğinden, Alba et al. (2018), siyah frenk üzümünden, Yaich et al. (2015) su yosunundan, Sun-waterhouse et al. (2008) Grany Smith elmasından, Lan et al. (2012) *Polygonatum odoratum* bitkisinden, Hu et al. (2015) buğday kepeğinden, Escalada et al (2010) ayva artıklarından, Szyma et al. (2017) dört farklı elma, salatalık, domates artıklarından, Lv et al. (2017) mısır tanelerinden, Zhao et al. (2018) pirinçten, Yi et al. (2014) portakal posasından, Xie et al. (2017) patatesten, Wang et al. (2013) mısır artıklarından, Sette et al. (2016) şeftali atıklarından, Raghavendra et al. (2004) hindistan cevizinden, Soronja et al. (2016) şeker pancarı posasından, Suresh et al. (2014) yeşil gram bitkisinden, Mccan et al. (2011) havuç posasından farklı ön uygulama, farklı solvent, pH, süre ve üretim teknikleriyle çalışmamızla benzer olarak konsantre diyet lifi elde ettikleri görülmektedir [52, 59, 62, 65, 90, 109, 124–141].

Rabetafika et al. (2014) ve Renard et al. (1996)' un elma posasına alkali ortamda peroksitli ağartma işlemi uygulayarak yaptığı çalışmalarda çalışmamıza benzer olarak L^* renk değerinin arttığı, a^* renk değerinin azaldığı, farklı olarak b^* renk değerinin azaldığı görülmektedir [142, 143]. Çalışmamızda bulduğumuz renk değerleri iki çalışma ile kıyalandığında L^* renk değerlerinin daha yüksek a^* ve b^* renk değerlerinin daha düşük olduğu görülmekte ve ultrasonik destekli ağartma işleminin renk değerleri üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Üretilen elma diyet lifleri mikrodalda fırın ve tepsiki kurutucu da kurutulması sonrasında $<36 \mu\text{m}$ partikül boyutuna sahip diyet liflerinin renk değerleri ve teknolojik özellikleri karşılaştırılarak kurutma optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Kurutma optimizasyonu sonucu en yüksek su tutma $11,32 \text{ g/g}$ ve yağ tutma kapasitesi $3,03 \text{ g/g}$ ($\text{TK}70^\circ\text{C}$), en düşük su tutma kapasitesi $6,30 \text{ g/g}$ ve yağ tutma kapasitesi $2,03 \text{ g/g}$ ($\text{MD}460\text{W}$) olarak belirlenmiştir. En yüksek L^* renk değeri $90,39$ ($\text{TK}70^\circ\text{C}$), en düşük L^* renk değeri $70,88$ ($\text{MD}460\text{W}$), en düşük a^* renk değeri $-0,20$ ($\text{TK}60^\circ\text{C}$), en yüksek a^* renk değeri $3,93$ ($\text{MD}460\text{W}$), en düşük b^* renk değeri $1,29$ ($\text{TK}60^\circ\text{C}$), en yüksek b^* renk değeri $6,95$ ($\text{MD}460\text{W}$) olarak tespit edilmiştir. Kurutma yöntemine, uygulanan kurutma sıcaklık ve gücüne göre elma diyet liflerinin renk ve fonksiyonel özelliklerinin değiştiği belirlenmiştir.

Sonuçlarımıza benzer şekilde; Nguimbau et al. (2014), Jonga et al. (2014), Guine ve

Barroca (2011), Mendez-Lagunas et al. (2017), Borchani et al. (2011), Bhushan et al. (2015), A. M. et al. (2017), Pichaiyong ve Rattanapun (2015), Borchani et al. (2012), Calvache et al. (2017), Tounsi et al. (2017), Sette et al. (2016), Soronja et al. (2016) çalışmalarında belirtilen farklı kurutma çeşitlerinin renk ve fonksiyonel özelliklere etkisi benzer şekilde ifade edilmiştir [83, 109, 136, 139, 144–152].

Kurutulan elma diyet lifleri bıçaklı ve bilyalı öğütücü de öğütülerek $<75\mu\text{m}$, $75\text{--}180\mu\text{m}$ ile $180\text{--}300\mu\text{m}$ partikül boyutu sınıflandırması yapılarak teknolojik özelliklerine göre mikronizasyon optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. En yüksek su tutma kapasitesi $27,55\text{ g/g}$ ($180\text{--}300\mu\text{m}$ BL), en düşük su tutma kapasitesi $11,8\text{ g/g}$ ($<75\mu\text{m}$ BC), en yüksek yağ tutma kapasitesi $3,24\text{ g/g}$ ($<75\mu\text{m}$ BC), en düşük yağ tutma kapasitesi $1,66\text{ g/g}$ ($75\text{--}180\mu\text{m}$ BL) olarak belirlenmiştir. Üç farklı partikül boyutu sınıfa giren ticari liflerle de teknolojik özellikleri karşılaştırılmış ve en yüksek su tutma kapasitesi $27,55\text{ g/g}$ ($180\text{--}300\mu\text{m}$ EL), en düşük su tutma kapasitesi $3,80\text{ g/g}$ ($<75\mu\text{m}$ TBZL), en yüksek yağ tutma kapasitesi $4,45\text{ g/g}$ ($180\text{--}300\mu\text{m}$ THL), en düşük yağ tutma kapasitesi $1,30\text{ g/g}$ ($<75\mu\text{m}$ TEL) olarak belirlenmiştir. Diyet lifi teknolojik özelliklerinin partikül boyutuna bağlı olarak, su tutma kapasitesinin partikül boyutunun büyümesiyle arttığı, yağ tutma kapasitesinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Diyet liflerinin teknolojik özelliklerinin aynı zamanda üretilen hammadde ve parçalama yöntemine göre değiştiği de görülmüştür.

Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler neticesinde, Hussain et al. (2018), Huang et al. (2018), A. M. et al. (2017), Yanlong et al. (2016), Fengmei et al. (2015), Guanghe et al. (2018), Yi et al. (2014), Raghavendra et al. (2004), Zhuang et al. (2016), Du et al. (2014), Coda et al. (2014), Meng-Mei ve Mu (2016), Ahmed et al. (2013) ve Zu et al. (2010)' un yaptıkları çalışmalarda da farklı parçalama tekniklerinin ve partikül boyutun lif teknolojik özelliklerine etkisi incelenmiş benzer olarak partikül boyutunun küçülmesiyle su tutma kapasitesinin arttığı, yağ tutma kapasitesinin ise azaldığı bildirilmiştir [60, 89, 91–95, 131, 132, 135, 152–154]. Farklı olarak Grover et al. (2007) yağ tutma kapasitesinin partikül boyutun küçülmesiyle azaldığını bildirmiştir [155].

Elma posasının ve üretilen elma diyet lifinin TPC, ABTS, DPPH ve %AA cinsinden fenolik madde içeriği belirlenmiş ve en yüksek TPC $14,99\text{ mg GAE/g}$ (Posa), en düşük $0,51\text{ mg GAE/g}$ (Lif), en yüksek ABTS $4,91\text{ mg trolox/g}$ (Posa), en düşük $0,29\text{ mg trolox/g}$ (Lif), en yüksek %AA $46,29$ (Posa) ile $2,69$ (Lif), en yüksek DPPH $4,91\text{ mg trolox/g}$ (Posa) en düşük $0,29\text{ mg trolox/g}$ (Lif) olarak belirlenmiştir. Diyet lifi üretim yönteminin fenolik madde miktarı üzerine düşürücü etkide bulunduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda elde edilen veriler doğrultusunda elma poasının fenolik bileşimi farklı olarak, Yan ve Kerr (2013), Reis et al. (2014), Bhushan et al. (2015), Chandrasekar et al. (2015), Lohani ve Muthukumarappan (2016), Cristina et al. (2016), Lohani et al. (2016), Schiber et al. (2003), Ferrentino et al. (2018), Persic et al. (2017) çalışmalarında bulunan fenolik madde bileşiminden daha fazla [83, 114–116, 156–159], Wijngard ve Brunton (2009), Wijngard ve Brunton (2010)' da belirtilen aseton ile fenolik madde ekstraksiyonunun benzer şekilde ekstrakte edilen fenolik madde miktarını artırdığı bildirilmiştir [160, 161].

Çalışmamızda üretilen diyet liflerinin farklı konsantrasyonlarda glukoz absorblama seviyeleri belirlenmiş ve en yüksek 11,02 mg/g (100mM), en düşük 3,54 mg/g (25mM) değerleri elde edilmiştir. Artan glukoz konsantrasyonuna bağlı olarak liflerinin glukoz absorblama değerleri artmıştır.

Elde edilen veriler doğrultusunda, Liu et al. (2017), Huang et al. (2018), Lv et al. (2017) çalışmalarıyla ifade şekilleri farklı olduğu için kıyaslama yapılamamış [130, 162, 163], Chau et al. (2004) çalışmasıyla benzer şekilde glukoz oranının artmasıyla birlikte diyet liflerinin glukoz absorblama miktarının arttığı görülmüştür [61].

Çalışmamızda model gıda olarak seçtiğimiz yoğurda %0,5-2 oranlarında diyet lifi ilave edilerek görünür reolojik analizleri gerçekleştirilmiş vizkozite (η_{50}), kıvam katsayısı (K), süpürme (τ_{50}) değeri, G' , G'' ve $\tan(\delta)$ değerleri üzerine etkisi belirlenmişti. Diyet lifi oranının artmasıyla birlikte K, G' , G'' değerlerinin arttığı, $\tan(\delta)$ değerinin değişmediği η_{50} , τ_{50} değerlerinin %2 diyet lifi ilavesiyle arttırğı belirlenmiştir. $G' > G''$ olduğu için ürünler elastik özellik göstermiş diyet lifi artışıyla visko elastik özellikleri değişmemiştir.

Çalışmamızda reolojik analiz sonucu elde ettiğimiz veriler göz önüne alındığında, Tomic et al. (2017) ve Miocinovic et al. (2017) yoğurda farklı miktarlarda tritikale çözünmez lifi ilavesinin η_{50} , τ_{50} ve K değerlerinin bakımından benzer şekilde değişim gösterdiği [164, 165], Mccann et al. (2011) ve Puvanenthiran et al. (2014) farklı oranlarda çözünmez havuç lifi eklemiş ve G' , G'' ve $\tan(\delta)$ değerlerinin benzer oranlarda değiştiği [90, 166], Mangolin et al. (2017) farklı oranlarda curdlan ilave etmiş ve G' , G'' , η_{50} değerlerinin benzer olduğu belirlenmiştir [167].

Diyet lifi katkılı yoğurt örneklerinin pH değişimi Puvanenthiran et al. (2014) ile benzerlik göstermiş [166], Issar et al. (2017), Akın ve Akın (2016) ve Baladura ve Seçkin (2012) yaptıkları çalışma da elma diyet lifi ilavesinin hem pH hemde kül

miktarındaki değişimle paralel olduğu [168–170], fakat yoğurt renk özellikleri bakımından farklı olduğu belirlenmiştir. Diyet lifi miktarının artmasıyla birlikte kül miktarı artmış asitlik düşmüştür renk değerleri ise.%1-2 diyet lifi konsantrasyonlarında değişmemiştir.

Sonuç olarak yapılan çalışmadan elde edilen çıkarımlar ve yorumlar aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

- Türkiye elma suyu endüstrisi artıkları bakımından zengin bir ülkedir. Çalışmamız neticesinde elma posalarının değerlendirilerek katma değeri yüksek olan diyet liflerine işlenmesinin, ekonomik olarak ülkemize katkıda bulunacağı ön görülmektedir.
- Optimize edilen elma diyet lifi üretimi literatüre katkı sağlayarak, yapılacak olan diyet lifi çalışmalarına ışık tutacağı düşünülmektedir.
- Rengi giderilmiş olan elma lifleri, süt ürünleri, içecek, et endüstrisi ve tahıl endüstrisinde kullanılarak farklı fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine yardımcı olabilir.
- Dünya ve ülkemiz genelinde obezitenin ve obeziteye bağlı hastalıkların artması nedeniyle diyet lifi katkılı gıda tüketiminin yaygınlaşmasına yardımcı olabilir.
- Diyet lifi saflaştırma, renksizleştirme, kurutma ve parçacık boyutunun optimizasyonu sonucu teknolojik özelliklerinin geliştirilmesini amaçlayan çalışmamız sayesinde, ithal diyet liflerine nazaran daha yüksek teknolojik özelliklere sahip olması bakımından üretime döküldüğü takdir de diyet lifi piyasasında rakabetçi ve yenilikçi bir girişim olabilir.
- Meyve ve sebze artıkları bakımından zengin bir ülke olmamız sebebiyle çalışmamız, farklı meyve ve sebze artıklarından da diyet lifi üretimi için kaynak olabilir.

KAYNAKLAR

1. Kosseva, M. R., 2013. Food Industry Wastes (M. R. Kosseva & C. Webb, Eds.).
2. Prado, J. M., Vardanega, R., Debieu, I. C. N., Meireles, M. A. A., Gerschenson, L. N., Sowbhagya Bogegowda, H., Chemat, S., 2015. Food Waste Recovery Processing Technologies and Industrial Techniques (C. M. Galanakis, Ed.).
3. Masao, U., Imai, T., Hung, Y. T., 2006. Waste Treatment In the Food Processing Industry (L. K. Wang, Y. T. Hung, H. H. Lo, & Y. Constantine, Eds.).
4. Yağcı, S., Altan, A., Göğüş, F., Maskan, M., 2006. Gıda Atıklarının Alternatif Kullanım Alanları. Türkiye 9. Gıda Kongresi. 24-26 Mayıs Bolu.
5. Perussello, C. A., Zhang, Z., Marzocchella, A., Tiwari, B. K., 2017. Valorization of Apple Pomace by Extraction of Valuable Compounds, **Food Science and Food Safety**, **16**: 776–796.
6. Figuerola, F., Hurtado, M.L., Estévez, A.M., Chiffelle, I., Asenjo, F., 2005. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment, **Food Chemistry**, **91**(3): 395–401.
7. Galanakis, C. M., 2012. Recovery of high components from food wastes : Conventional, emerging technologies and commercialized applications, **Trends in Food Science & Technology**, **26**(2): 68–87.
8. Aygören, E., Sancak, A. Z., Akdağ, E., Demirtaş, M., Dönmez, D., Sancak, K., Demir, A., 2014. Türkiye’ de Meyve Suyu Üretim Sektörü. 10. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi. 3-5 Eylül 2014 Samsun.
9. Peter Gacesa, John Hubble, A. M. M., 1998. Bioconversion of Waste Materials to Industrial Products (A. M. Martin, Ed.).
10. Shalini, R., Gupta, D. K., 2010. Utilization of pomace from apple processing industries: A review, **Journal of Food Science and Technology**, **47**(4): 365–371.
11. Rabetafika, H. N., Bchir, B., Blecker, C., Richel, A., 2014. Fractionation of apple by-products as source of new ingredients: Current situation and perspectives, **Trends in Food Science and Technology**, **40**(1): 99–114.
12. Arvanitoyannis, I. S., Varzakas, T. H., 2008. Waste Management For The Food Industries (I. S. Arvanitoyannis, Ed.).
13. Sagar, N. A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E. M., Lobo, M. G., 2018. Fruit and Vegetable Waste : Bioactive Compounds , Their Extraction , and Possible Utilization, **Food Science and Food Safety**, **17**: 512–531.

14. Kennedy, M., List, D., Lu, Y., Foo, L.Y., Newman, R.H., Sims, I.M., Fenton, G., 1999. Apple Pomace and Products Derived from Apple Pomace: Uses, Composition and Analysis, In **Modern Methods of Plant Analysis**, **20**: 76–119.
15. Kruczek, M., Gumul, D., Kačániová, M., Ivanišhová, E., Mareček, J., Gambuś, H., 2017. Industrial Apple Pomace By-Products As A Potential Source Of Pro-Health Compounds In Functional Food, **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Science**, **1**: 22–26.
16. Rana, S., Kumar, S., Rana, A., Sharma, V., Katoch, P., Padwad, Y., Bhushan, S., 2016. Phenolic constituents from apple tree leaves and their in vitro biological activity, **Industrial Crops & Products**, **90**: 118–125.
17. Sharma, S. K., Bansal, S., Mangal, M., Dixit, A.K., Gupta, R. K., Mangal, A. K., 2015. Utilization of Food Processing By-products as Dietary, Functional and Novel Fiber: A Review, **Food Science and Nutrition**, **56**: 1647–1661.
18. Bhushan, S., Sharma, M., Singh, B., Ahuja, P. S., 2008. Processing of Apple Pomace for Bioactive Molecules, **Critical Reviews in Biotechnology**, **28**(4): 285–296.
19. Hipsley, E. A., 1953. Dietary fibre and pregnancy toxemia. *British Medical Journal*, **2**: 420–422.
20. Goñi, I., Díaz-Rubio, M.E., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., 2009. Towards an updated methodology for measurement of dietary fiber, including associated polyphenols, in food and beverages, **Food Research International**, **42**(7): 840–846.
21. Vasanthan, T., Gaosong, J., Yeung, J., Li, J., 2002. Dietary fiber profile of barley flour as affected by extrusion cooking, **Food Chemistry**, **77**: 35–40.
22. Jordi, S. S., Bullo, M., Ana, P. H., Emilio, R., 2006. Dietary fibre, nuts and cardiovascular diseases, **British Journal of Nutrition**, **96**(2): 45–51.
23. Guillon, F., Champ, M., 2000. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology, **Food Research International**, **33**(3–4): 233–245.
24. Champ, M., Langkilde, A., Brouns, F., Kettlitz, B., Le, Y., Collet, B., 2003. Advances in dietary fibre characterisation .1. Definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects, **Nutrition Research Reviews**, **16**: 71–82.
25. Tejada-Ortigoza, V., Garcia-Amezquita, L. E., Serna-Saldívar, S.O., Jorge, W. C., 2016. Advances in the Functional Characterization and Extraction Processes of Dietary Fiber, **Food Engineering Reviews**, **8**: 251–271.

26. Thebaudin, J. Y., Lefebvre, A. C., Harrington, M. and, Bourgeois, C. M., 1997. Dietary fibres: Nutritional and technological interest, **Trends in Food Science & Technology**, **8**: 41–48.
27. Buttriss, J. L., Stokes, C. S., 2008. Dietary fibre and health : an overview, **British Nutrition Foundation**, 186–200.
28. McCleary V., B., Prosky, L., (2001). Advanced Dietary Fibre Technology (B. McCleary V. & L. Prosky, Eds.).
29. Dülger, D., Şahan, Y., 2011. Dietary Fiber Properties and Effects on Health, **Journal of Agricultural Faculty of Uludag University**, **25**(2): 147–157.
30. Slavin, J., 2003. Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrient databases, **Journal of Food Composition and Analysis**, **16**: 287–291.
31. Harris, P. J., Smith, B. G., 2006. Original article Plant cell walls and cell-wall polysaccharides : structures , properties and uses in food products, **International Journal of Food Science and Technology**, **41**(2): 129–143.
32. Jones, J. M., 2013. Dietary Fiber Future Directions : Integrating New Definitions and Findings to Inform Nutrition, **American Society for Nutrition. Adv. Nutr.**, **4**: 8–15.
33. Afaghi, A., Kordi, A., Sabzmakan, L., 2014. Effect of Fiber and Low Glycemic Load Diet on Blood Glucose Profile and Cardiovascular Risk Factors in Diabetes and Poorly Controlled Diabetic Subjects, In **Glucose Intake and Utilization in Pre-Diabetes and Diabetes**, (pp. 133–145). Elsevier Inc.
34. Larrauri, J. A., 1999. New approaches in the preparation of high dietary powders from fruit, **Trends in Food Science & Technology**, **10**: 6–11.
35. Chau, C. F., Huang, Y. L., 2004. Characterization of passion fruit seed fibres - A potential fibre source, **Food Chemistry**, **85**(2): 189–194.
36. Arslan, S., Erbaş, M., 2014. Selüloz Ve Selüloz Türevi Diyet Liflerin Özellikleri Ve Fırın Ürünlerinde Kullanım İmkanları, **Gıda**, **39**(4): 243–250.
37. Dreher, M. L., 2001. Dietary Fiber (S. S. Cho, Ed.). Indiana: Taylor & Francis.
38. Nawirska, A., Kwaśniewska, M., 2005. Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste, **Food Chemistry**, **91**(2): 221–225.
39. McCleary, B. V., 1995. Measurement of Dietary Fibre Components: The Importance of Enzyme Purity, Activity and Specificity, *Advanced Dietary Fibre Technology*, pp. 89–105.
40. Chylińska, M., Szymańska-Chargot, M., Kruk, B., Zdunek, A., 2016. Study on dietary fibre by Fourier transform-infrared spectroscopy and chemometric methods, **Food Chemistry**, **196**: 114–122.

41. Karaman, E., Yilmaz, E., Tuncel, N. B., 2017. Physicochemical, microstructural and functional characterization of dietary fibers extracted from lemon, orange and grapefruit seeds press meals, **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, **11**: 9–17.
42. Macagnan, F. T., Silva, L. P., Hecktheuer, L. H., 2016. Dietary fibre: The scientific search for an ideal definition and methodology of analysis, and its physiological importance as a carrier of bioactive compounds, **Food Research International**, **85**: 144–154.
43. Macagnan, F. T., Santos, L. R. Dos, Roberto, B. S., De Moura, F. A., Bizzani, M., Da Silva, L. P., 2015. Biological properties of apple pomace, orange bagasse and passion fruit peel as alternative sources of dietary fibre, **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, **6**(1), 1–6.
44. Yield, F. D., Bird, A. R., Lopez-rubio, A., Shrestha, A. K., Gidley, M. J., 2009. Resistant Starch in Vitro and in Vivo: Factors Determining Yield, Structure, and Physiological Relevance, In **Modern Biopolymer Science**: (pp. 419–510).
45. Waldbauer, K., Mckinnon, R., Kopp, B., 2017. Apple Pomace as Potential Source of Natural Active Compounds Composition of Apple Pomace, **Planta Medica**, **83**: 994–1010.
46. Rodica, C., Adrian, C., 2011. Chemical Methods for the Determination of Soluble and Insoluble Non-Starch Polysaccharides - Review, **Usab**, **44**(2): 73–80.
47. Ferna, J., Jime, A., Guille, R., Heredia, A., 2006. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients, **Trends in Food Science & Technology**, **17**: 3–15.
48. Fuentes-Alventosa, J.M., Jaramillo-Carmona, S., Rodríguez-Gutiérrez, G., Rodríguez-Arcos, R., Fernández-Bolaños, J., Guillén-Bejarano, R., Jiménez-Araujo, A., 2009. Effect of the extraction method on phytochemical composition and antioxidant activity of high dietary fibre powders obtained from asparagus by-products, **Food Chemistry**, **116**(2): 484–490.
49. Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P., 2009. Food Chemistry 4th revised and extended edition (W. Grosch & P. Schieberle, Eds.). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
50. McCleary, B. V., Sloane, N., Draga, A., Lazewska, I., 2013. Measurement of Total Dietary Fiber Using AOAC Method 2009.01 (AACC International Approved Method 32-45.01): Evaluation and Updates, **CEREAL CHEMISTRY**, **90**(4): 396–414.

51. McCleary V., B., DeVries, J. W., Rader, I. J., Cohen, G., Prosky, L., Mugford, D. C., Okuma, K., 2012. Determination of Insoluble, Soluble, and Total Dietary Fiber (CODEX Definition) by Enzymatic-Gravimetric Method and Liquid Chromatography: Collaborative Study, **Journal of Aoac International**, **95**(3): 824–844.
52. Yaich, H., Garna, H., Bchir, B., Besbes, S., Paquot, M., Richel, A., Attia, H., 2015. Chemical composition and functional properties of dietary fibre extracted by Englyst and Prosky methods from the alga *Ulva lactuca* collected in Tunisia, **Algal Research**, **9**: 65–73.
53. Brunt, K., Sanders, P., 2013. Improvement of the AOAC 2009.01 total dietary fibre method for bread and other high starch containing matrices, **Food Chemistry**, **140**(3): 574–580.
54. Sharma, R., Tandon, R. K., 2013. Nutrition, Dietary Fibers, and Cholelithiasis: Apple Pulp, Fibers, Clinical Trials, In **Bioactive Food as Dietary Interventions for Liver and Gastrointestinal Disease**, (1st ed., pp. 349–368). New Delhi: Elsevier Inc.
55. Escalada Pla, M. F. D. E., Elm, V., Rosello, C., Lia Noemi, G., Femenia, A., 2015. Dietary Fiber Production Challenges, Food Sources and Health Benefits (M. E. Clemens, Ed.). New York.
56. Jenkins, D. J. A., Jenkins, A. L., 2013. The glycemic index, fiber and the dietary treatment of hypertriglyceridemia and diabetes, **Journal of the American College of Nutrition**, **6**(1): 37–41.
57. Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H., 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review, **Food Chemistry**, **124**(2): 411–421.
58. Mongeau, R., Brooks, S. P. J., 2013. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (B. Caballero, Ed.). Academic Press.
59. Peerajit, P., Chiewchan, N., Devahastin, S., 2012. Effects of pretreatment methods on health-related functional properties of high dietary fibre powder from lime residues, **Food Chemistry**, **132**(4): 1891–1898.
60. Ma, M. M., Mu, T. H., 2016. Effects of extraction methods and particle size distribution on the structural, physicochemical, and functional properties of dietary fiber from deoiled cumin, **Food Chemistry**, **194**: 237–246.
61. Chau, C., Chen, C., Lin, C., 2004. Insoluble fiber-rich fractions derived from *Averrhoa carambola* : hypoglycemic effects determined by in vitro methods, **LWT**, **37**: 331–335.

62. Sun-waterhouse, D., Farr, J., Wibisono, R., Saleh, Z., 2008. Fruit-based functional foods I: production of food-grade apple fibre ingredients, **International Journal of Food Science and Technology**, **43**: 2113–2122.
63. Renard, C. M. G. C., Rohou, Y., Hubert, C., Della Valle, G., Thibault, J. F., Savina, J. P., 1997. Bleaching of apple pomace by hydrogen peroxide in alkaline conditions: Optimisation and characterisation of the products, **LWT - Food Science and Technology**, **30**(4): 398–405.
64. Cheeke, J. D. N., (2002). Fundamentals and Applications of Ultrasonic Waves (J. D. N. Cheeke, Ed.). Montreal: CRC Press LLC.
65. Hu, R., Zhang, M., Adhikari, B., Liu, Y., 2015. Effect of homogenization and ultrasonication on the physical properties of insoluble wheat bran fibres, **International Agrophysics**, **29**: 423–432.
66. Spotti, M. J., Campanella, O. H., 2017. Functional modifications by physical treatments of dietary fibers used in food formulations, **Current Opinion in Food Science**, **15**: 70–78.
67. Wang, L., Weller, C. L., 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants, **Trends in Food Science & Technology**, **17**: 300–312.
68. Jin, W., Mujumdar, A.S., Zhang, M., Shi, W., 2018. Novel Drying Techniques for Spices and Herbs : a Review, **Food Engineering Reviews**, **10**: 34–45.
69. Moses, J. A., Alagusundaram, K., Tiwari, B. K., 2014. Novel Drying Techniques for the Food Industry ', **Food Engineering Reviews**, **6**: 43–55.
70. Zhang, M., Chen, H., Mujumdar, A. S., Tang, J., Miao, S., Zhang, M., Miao, S., 2017. Recent developments in high-quality drying of vegetables , fruits , and aquatic products, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, **57**(6): 1239–1255.
71. Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R. B., Nawi, N. M., Abdan, K., 2016. Modeling the Thin-Layer Drying of Fruits and Vegetables : A Review, **Food Science and Food Safety**, **15**: 599–618.
72. Petit, J., Zimmer, D., Baudelaire, E., Marie, C., 2016. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders : A review, **Journal of Food Engineering journal**, **188**: 32–49.
73. Babu, A. K., Kumaresan, G., Aroul, V. A., Velraj, R., 2018. Review of leaf drying : Mechanism and in fluencing parameters , drying methods , nutrient preservation and mathematical models, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **90**: 536–556.
74. Hebbar, H. U., Vishwanathan, K. H., Ramesh, M. N., 2004. Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables, **Journal of Food Engineering**, **65**: 557–563.

75. Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S., Wang, S., 2006. Trends in microwave- related drying of fruits and vegetables, **Trends in Food Science & Technology**, **17**: 524–534.
76. Balasubramanian, S., Gupta, M.K., Singh, K. K., 2012. Cryogenics and its Application with Reference to Spice Grinding: A Review Cryogenics and its Application with Reference to Spice Grinding, **Food Science and Nutrition**, **52**: 781–794.
77. Singh, K. K., Goswami, T. K., 1999. Design of a cryogenic grinding system for spices, **Journal of Food Engineering**, **39**: 359–368.
78. Indira, T.N., Bhattacharya, S., 2006. Grinding characteristics of some legumes, **Journal of Food Engineering**, **76**: 113–118.
79. Wang, C.R., Ciou, J., Chiang, P., 2009. Effect of micronization on functional properties of the water caltrop (*Trapa Taiwanensis Nakai*) pericarp, **Food Chemistry**, **113**(4): 970–974.
80. Wuttipalakorn, P., Srichumpuang, W., Chiewchan, N., 2009. Effects of Pretreatment and Drying on Composition and Bitterness of High-Dietary-Fiber Powder from Lime Residues, **Drying Technology**, **27**: 133–142.
81. Gullón, B., Falqué, E., Alonso, J. L., Parajó, J. C., 2007. Evaluation of apple pomace as a raw material for alternative applications in food industries, **Food Technology and Biotechnology**, **45**(4): 426–433.
82. Dhillon, G.S., Kaur, S., Brar, S.K., 2013. Perspective of apple processing wastes as low-cost substrates for bioproduction of high value products: A review, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **27**: 789–805.
83. Rana, S., Gupta, S., Rana, A., Bhushan, S., 2015. Functional properties, phenolic constituents and antioxidant potential of industrial apple pomace for utilization as active food ingredient, **Food Science and Human Wellness**, **4**(4): 180–187.
84. Bhushan, S., Kalia, K., Sharma, M., Singh, B., Ahuja, P.S., Bhushan, S., Singh, B., 2008. Processing of Apple Pomace for Bioactive Molecules, **Critical Reviews in Biotechnology**, **28**: 285–296.
85. Yılmaz, E., Alagöz, Z., 2009. Organik Materyal (Elma Posası) Uygulamasının Toprağın Bazı Verimlilik Özelliklerine Etkisi, **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **22**(2): 239–250.
86. Jung, J., Cavender, G., Zhao, Y., 2015. Impingement drying for preparing dried apple pomace flour and its fortification in bakery and meat products, **Journal of Food Science and Technology**, **52**: 5568–5578.

87. Zhang, N., Huang, C., Ou, S., 2011. In vitro binding capacities of three dietary fibers and their mixture for four toxic elements, cholesterol, and bile acid, **Journal of Hazardous Materials**, **186**(1): 236–239.
88. Demir, C., 2011. Kefir Üretiminde Bitkisel Lif Kullanımı, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 4-72.
89. Ahmed, J., Almusallam, A., Al-Hooti, S. N., 2013. Isolation and characterization of insoluble date (*Phoenix dactylifera* L.) fibers, **LWT - Food Science and Technology**, **50**(2): 414–419.
90. Mccann, T. H., Fabre, F., Day, L., 2011. Microstructure , rheology and storage stability of low-fat yoghurt structured by carrot cell wall particles, **Food Research International**, **44**(4), 884–892.
91. Zhuang, X., Jiang, X., Han, M., Kang, Z., Zhao, L., Xu, X., Zhou, G., 2016. Influence of sugarcane dietary fiber on water states and microstructure of myofibrillar protein gels, **Food Hydrocolloids**, **57**: 253–261.
92. Zhu, F., Du, B., Li, R., Li, J., 2014. Effect of micronization technology on physicochemical and antioxidant properties of dietary fiber from buckwheat hulls, **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, **3**(3): 30–34.
93. Zhu, K.X., Huang, S., Peng, W., Qian, H.F., Zhou, H. M., 2010. Effect of ultrafine grinding on hydration and antioxidant properties of wheat bran dietary fiber, **Food Research International**, **43**(4): 943–948.
94. Zhu, F., Du, B., Xu, B., 2015. Superfine grinding improves functional properties and antioxidant capacities of bran dietary fibre from Qingke (hull-less barley) grown in Qinghai-Tibet Plateau, China, **Journal of Cereal Science**, **65**: 43–47.
95. Coda, R., Rizzello, C. G., Curiel, J. A., Poutanen, K., Katina, K., 2014. Effect of bioprocessing and particle size on the nutritional properties of wheat bran fractions, **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, **25**: 19–27.
96. Ulbrich, M., Flöter, E., 2014. Impact of high pressure homogenization modification of a cellulose based fiber product on water binding properties, **Food Hydrocolloids**, **41**: 281–289.
97. T. C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2016. Gıda teknolojisi fermente süt ürünleri üretimi. Ankara, 54s.
98. Lee, W.J., Lucey, J. A., 2010. Formation and Physical Properties of Yogurt, **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, **23**(9): 1127–1136.
99. Miedzianka, J., Pe, A., 2013. Effect of pH on phosphorylation of potato protein isolate, **Food Chemistry**, **138**: 2321–2326.

100. Çelik, M., Yildirim, M., Yildirim, Z., 2015. Patates Proteinleri, **Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, **4**(2): 68–77.
101. Babayigit, B., Senyigit, E., Mumcu, G., 2017. Optimum broadband E-patch antenna design with Taguchi method, **Journal of Electromagnetic Waves and Applications**, **30**(7): 915–927.
102. Gunes, S., Manay, E., Senyigit, E., Ozceyhan, V., 2011. A Taguchi approach for optimization of design parameters in a tube with coiled wire inserts, **Applied Thermal Engineering**, **31**: 2568–2577.
103. Chin, K. L., H'ng, P. S., Paridah, M. T., Szymona, K., Maminski, M., Lee, S.H., Go, W.Z. 2015. Reducing ash related operation problems of fast growing timber species and oil palm biomass for combustion applications using leaching techniques, **Energy**, **90**: 622–630.
104. DeVries, J. W. 2012. Total dietary fiber, **Medallion Laboratories Analytical Progress**, **11**(3): 8.
105. AOAC 1990. In Official Methods of Analysis of AOAC International, Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
106. AACC International Method Total Starch Procedure, A. 1999. 76-13.01, 1–6.
107. AOAC 2000. In Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th Ed. 1(4), Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
108. AACC International, Approved Methods of the AACC. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. 2000.
109. Sette, P., Edinson, J., Calvache, N., Soria, M., Pla, M .D. E., Lía, N., 2016. Impact of different factors on the yield and properties of fractions enriched in dietary fiber isolated from peach (*Prunus persica* L .) residues, **Open Agriculture**, **1**: 45–54.
110. Ćetković, G., Čanadanović-Brunet, J., Djilas, S., Savatović, S., Mandić, A., Tumbas, V., 2008. Assessment of polyphenolic content and in vitro antiradical characteristics of apple pomace, **Food Chemistry**, **109**(2): 340–347.
111. Singleton, Vernon L. Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R. M., 1999. Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent, **Polyphenols And Flavonoids**, **299**(1974): 152–178.
112. Pellegrini, N., Roberta, R., Anna, P., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant Activity Applying An Improved Abts Radical Cation Decolorization Assay, **Free Radical Biology & Medicine**, **26**(98): 1231–1237.

113. Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C., 1995. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, **LWT**, **30**: 25–30.
114. Reis, S. F., Rai, D. K., Abu-ghannam, N., 2014. Original article Apple pomace as a potential ingredient for the development of new functional foods, **International Journal of Food Science and Technology**, **49**: 1743–1750.
115. Yan, H., Kerr, W. L., 2013. Total phenolics content, anthocyanins and dietary fiber content of apple pomace powders produced by vacuum-belt drying, **Journal of Agricultural**, **93**: 1499–1504.
116. Schieber, A., Hilt, P., Streker, P., Endreß, H., Rentschler, C., 2003. A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace, **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, **4**: 99–107.
117. Cerda-tapia, A., Pérez-chabela, M. D. L., Pérez-álvarez, J. Á., Fernández-López, J., Viuda-Martos, M., 2015. Valorization of Pomace Powder Obtained from Native Mexican Apple (*Malus domestica* var. rayada): Chemical , Techno-functional and Antioxidant Properties, **Plant Foods for Human Nutrition**, **70**: 310–316.
118. Gouw, V.P., Jung, J., Zhao, Y., 2017. Functional properties , bioactive compounds , and in vitro gastrointestinal digestion study of dried fruit pomace powders as functional food ingredients, **LWT - Food Science and Technology**, **80**: 136–144.
119. Madrera, R. R., Bedrinana, R. P., Valles, B. S., 2017. Enhancement of the nutritional properties of apple pomace by fermentation with autochthonous yeasts, **LWT - Food Science and Technology**, **79**: 27–33.
120. Sun, J., Zhou, B., Tang, C., Gou, Y., Chen, H., Wang, Y., Zhang, N., 2018. Characterization , antioxidant activity and hepatoprotective effect of purple sweetpotato polysaccharides, **International Journal of Biological Macromolecules**, **115**: 69–76.
121. Marcet, I., Salvadores, M., Rendueles, M., Díaz, M., 2018. The effect of ultrasound on the alkali extraction of proteins from eggshell membranes, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **98**: 1765–1772.
122. Wang, D., Wang, Y., Tilley, M., Bean, S., Sun, X. S., 2009. Comparison of Methods for Extracting Kafirin Proteins from Sorghum Distillers Dried Grains with Solubles, **Agricultural and Food Chemistry**, **57**: 8366–8372.
123. Behrouzian, F., Amini, A. M., Alghooneh, A., Razavi, S. M. A., 2016. Characterization of dietary fiber from coffee silverskin: An optimization study using response surface methodology, **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, **8**: 58–64.

124. Wang, L., Liu, H., Xie, A., Zhu, C., Qin, G., 2018. Dietary Fiber Extraction from Defatted Corn Hull by Hot-Compressed Water, **Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences**, **68**(2): 133–140.
125. Calvache, J. E. N., Soria, M., Pla, M. F. D. E. E., Gerschenson, L. I. A. N., 2017. Optimization Of The Production Of Dietary Fiber Concentrates From By-Products Of Papaya (*Carica Papaya* L. Var. Formosa) With Microwave Assistance . Evaluation Of Its Physicochemical And Functional Characteristics, **Journal of Food Processing and Preservation**, **41**: 130–171.
126. Wang, L., Xu, H., Yuan, F., Pan, Q., Fan, R., Gao, Y., 2015. Physicochemical characterization of five types of citrus dietary fibers, **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, **4**: 250–258.
127. Lv, H., Hu, C., Zhong, H., Zheng, H., Wen, C., 2012. Optimization of technology for dietary fiber extraction from Maixiansan by response surface methodology, **Chinese Medicine**, **7**(28): 1–7.
128. Khan, N. M., Khan, Z. U., Ali, F., Jan, A. K., Muhammad, N., Elahi, R., 2018. Effect of extraction methods on structural , physiochemical and functional properties of dietary fiber from defatted walnut flour, **Food Science and Biotechnology**, **185**(2): 146-160.
129. Daou, C., Zhang, H., 2013. Optimization of processing parameters for extraction of total , insoluble and soluble dietary fibers of defatted rice bran, **Emirates Journal of Food and Agriculture**, **25**(8): 562–575.
130. Alba, K., Macnaughtan, W., Laws, A. P., Foster, T. J., Campbell, G. M., Kontogiorgos, V., 2018. Food Hydrocolloids Fractionation and characterisation of dietary fibre from blackcurrant pomace, **Food hydrocolloids**, **81**: 398–408.
131. Lan, G., Chen, H., Chen, S., Tian, J., 2012. Chemical composition and physicochemical properties of dietary fiber from *Polygonatum odoratum* as affected by different processing methods, **Food Research International**, **49**(1): 406–410.
132. Escalada, M. F. De, Uribe, M., Fissore, E. N., Gerschenson, L.N., Rojas, A. M., 2010. Influence of the isolation procedure on the characteristics of fiber-rich products obtained from quince wastes, **Journal of Food Engineering**, **96**(2): 239–248.
133. Szyma, M., Chyli, M., Gdula, K., Kozio, A., Zdunek, A., 2017. Isolation and Characterization of Cellulose from Different Fruit and Vegetable Pomaces, **Polymers**, **495** (9): 1–16.
134. Lv, J., Liu, X., Zhang, X., Wang, L., 2017. Chemical composition and functional characteristics of dietary fiber-rich powder obtained from core of maize straw, **Food Chemistry**, **227**: 383–389.

135. Zhao, G., Zhang, R., Dong, L., Huang, F., Tang, X., 2018. Particle size of insoluble dietary fiber from rice bran affects its phenolic profile, bioaccessibility and functional properties, **LWT - Food Science and Technology**, **87**: 450–456.
136. Yi, T., Huang, X., Pan, S., Wang, L., Yi, T., Huang, X., Wang, L., 2014. Physicochemical and functional properties of micronized jincheng orange by-products (*Citrus sinensis* Osbeck) dietary fiber and its application as a fat replacer in yogurt, **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, **65**(5): 565–572.
137. Xie, F., Li, M., Lan, X., Zhang, W., Gong, S., Wu, J., Wang, Z., 2017. Modification of dietary fi bers from purple- fl eshed potatoes (*Heimeiren*) with high hydrostatic pressure and high pressure homogenization processing: A comparative study, **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, **42**: 157–164.
138. Wang, A., Wu, L., Li, X., 2013. Optimization of ultrasonic-assisted preparation of dietary fiber from corn pericarp using response surface methodology, **Journal of Agricultural**, **93**(12): 2922–2926.
139. Raghavendra, S. N., Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Tharanathan, R. N., 2004. Dietary fiber from coconut residue : effects of different treatments and particle size on the hydration properties, **European Food Research and Technology**, **278**: 563–567.
140. Soronja-Simovic, D., Djordjevi, M., Tepi, A., Djordjevi, M., Lukovic, J., Tepic, A., 2016. Enhancement of physicochemical properties of sugar beet fibres affected by chemical modification, **Food and Bioproducts Processing**, **100**: 432–439.
141. Suresh, D. S., Aashitosh, A.I., Gaikwad, S. B., D., I., G., V. R., 2014. Roller milling fractionation of green gram (*Vigna radiata*): optimization of milling conditions and chemical characterization of millstreams, **Food Science Techonology**, **51**(12): 3854–3861.
142. Rabetafika, H.N., Bchir, B., Aguedo, M., Paquot, M., Blecker, C., 2014. Effects of Processing on the Compositions and Physicochemical Properties of Fibre Concentrate from Cooked Fruit Pomaces, **Food Bioprocess Technology**, **7**: 749–760.
143. Renard, C.M.G.C., Rohou, Y., Hubert, C., Valle, G. Della, Thibault, J., Savina, J., Biochimie, D., 1997. Bleaching of Apple Pomace by Hydrogen Peroxide in Alkaline Conditions : Optimisation and Characterisation of the Products, **LWT - Food Science and Technology**, **30**: 398–405.
144. Nguimbou, R. M., Njintang, N. Y., Makhlouf, H., Gaiani, C., Scher, J., 2013. Effect of Cross-Section Differences and Drying Temperature on the Physicochemical , Functional and Antioxidant Properties of Giant Taro Flour, **Food Bioprocess Technology**, **6**: 1809–1819.

145. Jongaroontaprangsee, S., Chiewchan, N., Devahastin, S., 2014. Composition Profiles and Functional Properties of Dietary Fiber Powder from Lime Residues: Effects of Pretreatment and Drying Methods, **Drying Technology**, **32**: 484–493.
146. Guiné, R. P. F., João, M., 2011. Food and Bioproducts Processing Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper), **Food and Bioproducts Processing**, **90**(1): 58–63.
147. Méndez-Lagunas, L., Rodríguez-Ramírez, J., Cruz-Gracida, M., Sandoval-Torres, S., Barriada-Bernal, G., 2017. Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content, **Food Chemistry**, **230**: 174–181.
148. Borchani, C., Besbes, S., Masmoudi, M., Blecker, C., Paquot, M., 2011. Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fibre concentrates, **Food Chemistry**, **125**(4): 1194–1201.
149. M. A., A., Y. A., Y., N. L., C., M. N., I., 2017. Processing of Moringa leaves as natural source of nutrients by optimization of drying and grinding mechanism, **Journal of Food Processing and Engineering**, **40**: 1–17.
150. Pichaiyongvongdee, S., Rattanapun, B., 2015. Effect of Chemical Treatments to Reduce the Bitterness and Drying on Chemical Physical and Functional Properties of Dietary Fiber Pomelo Powder from *Citrus grandis* (L .) Osbeck Albedo, **Kasetsart Journal - Natural Science**, **49**(1), 122–132.
151. Borchani, C., Besbes, S., Masmoudi, M., 2012. Influence of Oven-Drying Temperature on Physicochemical and Functional Properties of Date Fibre Concentrates, **Food Bioprocess Technology**, **5**: 1541–1551.
152. Tounsi, L., Karra, S., Kechaou, H., Kechaou, N., 2017. Processing, physico-chemical and functional properties of carob molasses and powders, **Journal of Food Measurement and Characterization**, **11**(3): 1440–1448.
153. Hussain, S., Li, J., Jin, W., Yan, S., Wang, Q., 2018. Original article Effect of micronisation on dietary fibre content and hydration properties of lotus node powder fractions, **International Journal of Food Science and Technology**, **53**: 590–598.
154. Liu, Y., Wang, L., Liu, F., Pan, S., 2016. Effect of Grinding Methods on Structural , Physicochemical and Functional Properties of Insoluble Dietary Fiber from Orange Peel, **International Journal of Polymer Science**, **2016**: 1-7.
155. Grover, S. S., Chauhan, G. S., Masoodi, F. A., 2007. Effect of Particle Size on Surface Properties of Apple Pomace Effect of Particle Size on Surface Properties of, **International Journal of Food Properties**, **6**(1): 1–7.

156. Chandrasekar, V., San Martín-González, M. F., Hirst, P., Ballard, T. S., 2015. Optimizing Microwave-Assisted Extraction Of Phenolic Antioxidants From Red Delicious And Jonathan Apple Pomace, **Journal of Food Process and Engineering**, **38**: 571–582.
157. Lohani, U.C., Muthukumarappan, K., 2016. Original article Effect of sequential treatments of fermentation and ultrasonication followed by extrusion on bioactive content of apple pomace and textural , functional properties of its extrudates, **International Journal of Food Science and Technology**, **51**: 1811–1819.
158. Ferrentino, G., Morozova, K., Mosibo, O. K., Ramezani, M., Scampicchio, M., 2018. Biorecovery of antioxidants from apple pomace by supercritical fluid extraction, **Journal of Cleaner Production**, **186**: 253–261.
159. Persic, M., Mikulic-petkovsek, M., Slatnar, A., Veberic, R. 2017. Chemical composition of apple fruit , juice and pomace and the correlation between phenolic content, enzymatic activity and browning, **LWT - Food Science and Technology**, **82**: 23–31.
160. Wijngaard, H., Brunton, N., 2009. The Optimization of Extraction of Antioxidants from Apple Pomace by Pressurized Liquids, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **57**(22): 10625–10631.
161. Wijngaard, H. H., Brunton, N., 2010. The optimisation of solid – liquid extraction of antioxidants from apple pomace by response surface methodology, **Journal of Food Engineering**, **96**(1): 134–140.
162. Liu, Y., Fan, C., Tian, M., Yang, Z., Liu, F., Pan, S., 2017. Effect of drying methods on physicochemical properties and in vitro hypoglycemic effects of orange peel dietary fiber, **Journal of Food Processing and Preservation**, **41**: 1–7.
163. Huang, L., Ding, X., Zhao, Y., Li, Y., Ma, H., 2018. Modification of insoluble dietary fiber from garlic straw with ultrasonic treatment, **Journal of Food Processing and Preservation**, **42**: 1-8.
164. Miocinovic, J., Tomic, N., Dojnov, B., Tomasevic, I., Stojanovic, S., Vujcic, Z., 2017. Application of new insoluble dietary fibres from triticale as supplement in yoghurt – effects on physico-chemical , rheological and quality properties, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **98**: 1291–1299.
165. Tomic, N., Dojnov, B., Miocinovic, J., Tomasevic, I., Smigic, N., Djekic, I., Vujcic, Z., 2017. Enrichment of yoghurt with insoluble dietary fiber from triticale – A sensory perspective, **LWT - Food Science and Technology**, **80**: 59–66.

166. Puvanenthiran, A., Stevovitch-Rykner, C., McCann, T. H., Day, L., 2014. Synergistic effect of milk solids and carrot cell wall particles on the rheology and texture of yoghurt gels, **Food Research International**, **62**: 701–708.
167. Mangolim, C. S., Thaiane, T., Fenelon, V.C., Koga, L. N., Barbosa, S., Ferreira, D. S., Matioli, G., 2017. Description of recovery method used for curdlan produced by *Agrobacterium* sp . IFO 13140 and its relation to the morphology and physicochemical and technological properties of the polysaccharide, **Plos One**, 1–19.
168. Issar, K., Sharma, P. C. Gupta, A., 2017. Utilization Of Apple Pomace In The Preparation Of Fiber-Enriched *Acidophilus* Yoghurt, **Journal of Food Processing and Preservation**, 1–6.
169. Akin, M. S., Akin, M. B., 2016. Elma Lifı ile Zenginleştirmenin Set Tipi Yoğurtların Bazı Özelliklerine Etkisi, **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi**, **20**(2): 94–104.
170. Seçkin, A. K., Baladura, E., 2012. Effect of Using Some Dietary Fibers on Color, Texture and Sensory Properties of Strained Yogurt, **Gıda**, **37**(2): 63–69.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Mehmet HORZUM
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 19.09.1990 - Antalya
Medeni Durum: Bekar
e-mail: m.horzum07@gmail.com
Tel: (0533) 662 72 66



EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	ERÜ Fen Bilimleri Enstitüsü	2015-Devam Ediyor
Lisans	ERÜ Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü	2014
Lise	Aksu Anadolu Öğretmen Lisesi, Antalya	2008

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2018-Halen	Göknur Gıda Maddeleri Enerji İmalat İthalat İhracat Ticaret ve Sanayi A.Ş.	Gıda Mühendisi
2017	Felahiye Halk Eğitim Müdürlüğü	Usta Eğitmen

YABANCI DİL

İngilizce, Almanca

YAYINLAR

- Doğan, M., Horzum, M., Şenyiğit, E., “Improving of the Colorless and Purification of the Dietary Fiber Produced From Apple Pomace By Mixed Level Taguchi Design”, 4th International Conference on Food Chemistry and Technology, Berlin, Germany, November 5-7 2018 (Poster bildirisi).
- Doğan, M., Horzum, M., “Effect of the particle size on the technological properties of apple dietary insoluble fiber obtained by using different drying and milling techniques”, 4th International Conference on Food Chemistry and Technology, Berlin, Germany, November 5-7 2018 (Sözlü sunum).

PROJE

- TÜBİTAK, TEYDEB 1501, Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı, Araştırmacı, 2018.
- Elma Posasından Gıda Lifi Üretiminde Farklı Partikül Boyutunun Teknolojik Özellikler Üzerine Etkisi, BAP Projesi, Araştırmacı, 2017.