

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

**ULTRASONİKASYON DÜŞÜK FREKANS YÖNTEMİNİN  
UYGULANMASI İLE HİNDİBA BİTKİ KÖKÜ VE YER  
ELMASINDAN İNÜLİN LİFİ ÜRETİMİ**

**Hazırlayan  
Şeyda Medine BAKTİR**

**Danışman  
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Eylül 2021  
KAYSERİ**



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

**ULTRASONİKASYON DÜŞÜK FREKANS YÖNTEMİNİN  
UYGULANMASI İLE HİNDİBA BİTKİ KÖKÜ VE YER  
ELMASINDAN İNÜLİN LİFİ ÜRETİMİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan  
Şeyda Medine BAKTİR**

**Danışman  
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN**

**Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi  
Tarafından FYL-2020-10098 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Eylül 2021  
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.

Şeyda Medine BAKTIR

İmza

## YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

“Ultrasonikasyon Düşük Frekans Yönteminin Uygulanması İle Hindiba Bitki Kökü ve Yer Elmasından İnülin Lifi Üretimi” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

**Hazırlayan**

Şeyda Medine BAKTİR

İmza

**Danışman**

Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

İmza

**Gıda Mühendisliği ABD Başkanı**

Prof. Dr. Hasan YALÇIN

İmza

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen, bilgisi ve deneyimleri ile bana yol gösteren ve danışmanlığında çalışmaktan mutlu olduğum çok değerli hocam Prof. Dr. Mahmut DOĞAN'a,

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü olanağı sağlayan, her konuda destek veren ve yardımını esirgemeyen Erciyes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine,

Laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, çalışmalarım boyunca bilgileri ve destekleri ile yanımda olan Arş. Gör. Duygu ASLAN TÜRKER'e, Öğr. Gör. Dr. Ahmet Evren YETİMAN'a ve Kimyager Bekir HÜROĞLU'na,

Bu tez çalışmasına maddi destek veren (Proje No: FYL-2020-10098) Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Koordinasyon Birimi'ne,

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince zorlukları birlikte aştığım, desteğini ve yardımını her zaman hissettiğim dostum Merve YILMAZ ACAR'a,

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim süresince yanımda olan değerli büyüklerim Akgül YILMAZ'a ve eşi Osman YILMAZ'a,

Son olarak benim bu günlere gelmemde en büyük payın sahipleri, sevgileri, hoşgöruları ve maddi-manevi tüm destekleri ile her zaman yanımda olan annem Hatice BAKTIR'a, babam Mahmut BAKTIR'a, kardeşlerim Şule BAKTIR'a, Fatma Betül BAKTIR'a, Hasan Hüseyin BAKTIR'a, yeğenim Furkan Alp'e ve diğer kıymetli aile üyelerine,

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Şeyda Medine BAKTIR

Eylül 2021, KAYSERİ

# ULTRASONİKASYON DÜŞÜK FREKANS YÖNTEMİNİN UYGULANMASI İLE HİNDİBA BİTKİ KÖKÜ VE YER ELMASINDAN İNÜLİN LİFİ ÜRETİMİ

Şeyda Medine BAKTIR

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2021  
Danışman: Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

## ÖZET

Günümüzde tüm dünyada, sağlıklı beslenme için diyet lifli ürünler giderek önem kazanmaktadır. Hem sağlığa faydaları hem de gıda ürünlerine fonksiyonel özellik kazandırması dolayısıyla diyet lifler et, süt ve fırıncılık sektörü başta olmak üzere geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında inülin içeriği yüksek olduğu bilinen hindiba bitki kökü ve yer elması materyalleri kullanılarak, ultrasonikasyon düşük frekans (20-100 kHz) yöntemi ile inülin ekstraksiyonu yapılmıştır. Üretim yöntemi yerelması ve hindiba bitki kökü temizlenmiş, boyut küçültülerek, ultrasonikasyon düşük frekans yöntemi kullanılarak ekstraksiyon, filtrasyon, saflaştırma ve dondurarak kurutma (liyofilizasyon) aşamalarından oluşturulmuştur. Ayrıca inülin üretim optimizasyon çalışmasında Taguchi matematiksel modeli  $L18(2^1 \times 3^3)$  kullanılmıştır. Yöntemde örnek hindiba ve yer elması, ön işlem sıcaklığı 30-45-60°C, ön işlem süresi 10-20-30dk, ekstraksiyon süresi 60-90-120dk gibi farklı faktör ve farklı seviyeler kullanılarak deneme deseni oluşturulmuştur. Elde edilen örneklerde fizikokimyasal ve teknolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucu  $a_w$  0.11-0.22,  $L^*$  85.29-92.18,  $a^*$  0.86-3.25,  $b^*$  11.63-23.49, pH 5.63-6.66, nem % 1.46-5.76, su bağlama 0.13-0.77 g/g, yağ bağlama 2.02-4.03 g/g ve toplam diyet lifi 79.83-90.09 g/100g olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Hindiba, Yer Elması, Taguchi, Ultrasonikasyon, Liyofilizasyon, İnülin, Diyet Lifi.

# INULIN FIBER PRODUCTION FROM CHICORY ROOT AND JERUSALEM ARTICHOKE WITH ULTRASONICATION LOW FREQUENCY METHOD APPLICATION

Şeyda Medine BAKTIR

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, September 2021

Supervisor: Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

## ABSTRACT

Today all over the world, dietary fiber products are becoming increasingly important for healthy nutrition. Dietary fibers are used in a wide area, especially in the meat, dairy and bakery sectors, due to both health benefits and functional properties of food products. Within the scope of this thesis, inulin extraction was carried out by ultrasonication low frequency (20-100 kHz) method using chicory plant root and Jerusalem artichoke materials, which are known to have high inulin content. Production method Jerusalem artichoke and chicory roots were cleaned, the size reduced, the low-frequency extraction method using ultrasonication, filtration, purification and freeze-drying (lyophilization) has been formed in steps. In addition, Taguchi mathematical model L18 ( $2^1 \times 3^3$ ) was used in the inulin production optimization study. In the method, a trial design was created using different factors and different levels such as chicory and Jerusalem artichoke, pretreatment temperature 30-45-60°C, pretreatment time 10-20-30min, extraction time 60-90-120min. Physicochemical and technological analyzes were carried out on the samples obtained. This analysis result  $a_w$  0.11-0.22,  $L^*$  85.29-92.18,  $a^*$  0.86-3.25,  $b^*$  11.63-23.49, pH 5.63-6.66, moisture % 1.46-5.76, water binding 0.13-0.77 g/g, fat binding 2.02-4.03 g/g and total dietary fiber 79.83-90.09 g/100g were found.

**Keywords:** Chicory, Jerusalem artichoke, Taguchi, Ultrasonication, Lyophilization, Inulin, Dietary Fiber.

## İÇİNDEKİLER

### ULTRASONİKASYON DÜŞÜK FREKANS YÖNTEMİNİN UYGULANMASI İLE HİNDİBA BİTKİ KÖKÜ VE YER ELMASINDAN İNÜLİN LİFİ ÜRETİMİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK .....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI .....	iii
KABUL VE ONAY .....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
ÖZET .....	vi
ABSTRACT .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
KISALTMALAR .....	xi
TABLolar LİSTESİ .....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xv
GİRİŞ .....	1

## 1. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problem Durumu .....	3
1.2. Araştırmanın Amacı .....	4
1.3. Araştırmanın Önemi .....	4
1.4. Literatür Çalışması .....	5
1.4.1. Diyet Lifi .....	5
1.4.2. Diyet Lifi Türleri .....	5
1.4.3. Diyet Lifinin İnsan Sağlığına Etkisi .....	6
1.4.4. Diyet Liflerinin Genel Özellikleri .....	6
1.4.5. Diyet Lifi Bileşikleri .....	7
1.4.5.1. Selüloz .....	7
1.4.5.2. Hemiselüloz .....	7
1.4.5.3. Pektin .....	8
1.4.5.4. Lignin, Suberin ve Kutin .....	8
1.4.5.5. Dirençli Nişasta .....	9
1.4.5.6. Gamlar .....	9

1.4.5.7. Oligofruktoz ve İnülin .....	10
1.4.6. İnülin.....	10
1.4.6.1. İnülinin Kimyasal Yapısı .....	11
1.4.6.2. İnülinin Gıdalarda Kullanımı.....	11
1.4.6.3. İnülinin Sağlıkla Bağlantısı.....	13
1.4.6.4. İnülin Kaynakları .....	14
1.4.6.4.1. Hindiba.....	14
1.4.6.4.2. Yer Elması .....	16
1.4.7. Ultrasonik Banyo .....	17
1.4.8. Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon) .....	19

## 2. BÖLÜM

### MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal.....	21
2.1.1. İnülin Üretiminde Kullanılan Materyaller .....	21
2.1.1.1. Hammaddeler.....	21
2.1.1.1.1. Hindiba Bitki Kökü.....	21
2.1.1.1.2. Yer Elması .....	22
2.1.1.2. Kimyasallar .....	22
2.2. Yöntem .....	22
2.2.1. Taguchi Matematiksel Modeli İle İnülin Üretim Koşullarının Belirlenmesi.....	22
2.2.2. İnülin Üretimi .....	24
2.3. Analizler .....	27
2.3.1. Renk Analizi.....	27
2.3.2. Su Bağlama Analizi .....	27
2.3.3. Yağ Bağlama Analizi.....	28
2.3.4. Su Aktivitesi ( $a_w$ )Analizi .....	28
2.3.5. pH Analizi .....	28
2.3.6. Nem Analizi.....	28
2.3.7. Toplam Diyet Lifi Analizi .....	29
2.3.7.1. Protein Analizi .....	29
2.3.7.2. Kül Analizi.....	30

### 3. BÖLÜM BULGULAR

3.1. Araştırma Modeli .....	31
3.2. Üretilen İnülin Örneklerinin $a_w$ Değeri Sonuçları .....	31
3.3. Üretilen İnülin Örneklerinin $L^*$ Renk Değeri Sonuçları.....	34
3.4. Üretilen İnülin Örneklerinin $a^*$ Renk Değeri Sonuçları.....	36
3.5. Üretilen İnülin Örneklerinin $b^*$ Renk Değeri Sonuçları.....	38
3.6. Üretilen İnülin Örneklerinin pH Değeri Sonuçları.....	40
3.7. Üretilen İnülin Örneklerinin (%) Nem Değeri Sonuçları .....	41
3.8. Üretilen İnülin Örneklerinin Su Bağlama Değeri Sonuçları .....	43
3.9. Üretilen İnülin Örneklerinin Yağ Bağlama Değeri Sonuçları .....	45
3.10. Üretilen İnülin Örneklerinin Toplam Diyet Lifi Değeri Sonuçları .....	47

### 4. BÖLÜM TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma ve Sonuç.....	49
4.2. Öneriler .....	53
KAYNAKÇA .....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	66

## KISALTMALAR

<b>°C</b>	: Santigrat Derece
<b>µl</b>	: Mikrolitre
<b>a*</b>	: Kırmızılık-Yeşillik Renk Değeri
<b>AOAC</b>	: Resmi Analitik Kimyacılar Derneği
<b>a<sub>w</sub></b>	: Su Aktivitesi
<b>b*</b>	: Sarılık-Mavilik Renk Değeri
<b>BAP</b>	: Bilimsel Araştırma Projesi
<b>DF</b>	: Diyet Lifi
<b>dk</b>	: Dakika
<b>DP</b>	: Polimerizasyon Derecesi
<b>EDN</b>	: Enzime Dirençli Nişasta
<b>g</b>	: Gram
<b>GI</b>	: Glisemik İndeks
<b>GL</b>	: Glisemik Yük
<b>Kg</b>	: Kilogram
<b>Khz</b>	: Kilohertz
<b>KM</b>	: Kuru Madde
<b>L*</b>	: Parlaklık Renk Değeri
<b>mg</b>	: Miligram
<b>Mhz</b>	: Megahertz
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>N</b>	: Normalite
<b>Ppm</b>	: Parts Per Million
<b>Rpm</b>	: Revolutions Per Minute

<b>S/N</b>	: Sinyal/Gürültü
<b>SB</b>	: Su Bağlama
<b>TDF</b>	: Toplam Diyet Lif
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>YB</b>	: Yağ Bağlama



## TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	İnülin kaynakları ve zincir uzunluğu .....	10
Tablo 1.2.	İnülinin farklı amaçlara yönelik kullanımı .....	12
Tablo 2.1.	Hindiba bitki kökü ve yer elmasından inülin üretimi sırasında göz önüne alınan Taguchi Matematiksel modeli faktörleri ve seviyeleri.....	22
Tablo 2.2.	Hindiba bitki kökü ve yer elmasından inülin üretimi için Taguchi Matematiksel deneysel modeli.....	23
Tablo 3.1.	İnülin lifi örneklerinde $a_w$ değerleri ve S/N oranlarının sonuçları.....	32
Tablo 3.2.	Taguchi L18 dizi tasarımında $a_w$ değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi.....	33
Tablo 3.3.	İnülin lifi örneklerinde $L^*$ renk değerleri ve S/N oranlarının sonuçları.....	34
Tablo 3.4.	Taguchi L18 dizi tasarımında $L^*$ renk değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi.....	35
Tablo 3.5.	İnülin lifi örneklerinde $a^*$ renk değerleri ve S/N oranlarının sonuçları ....	36
Tablo 3.6.	Taguchi L18 dizi tasarımında $a^*$ renk değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi.....	37
Tablo 3.7.	İnülin lifi örneklerinde $b^*$ renk değerleri ve S/N oranlarının sonuçları ....	38
Tablo 3.8.	Taguchi L18 dizi tasarımında $b^*$ renk değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi.....	39
Tablo 3.9.	İnülin lifi örneklerinde pH değeri sonuçları .....	40
Tablo 3.10.	İnülin lifi örneklerinde % nem değerleri ve S/N oranlarının sonuçları ....	41
Tablo 3.11.	Taguchi L18 dizi tasarımında % nem değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi.....	42
Tablo 3.12.	İnülin lifi örneklerinde su bağlama değerleri ve S/N oranlarının sonuçları.....	43
Tablo 3.13.	Taguchi L18 dizi tasarımında su bağlama değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi.....	44

Tablo 3.14. İnülin lifi örneklerinde yağ bağlama değerleri ve S/N oranlarının sonuçları.....	45
Tablo 3.15. Taguchi L18 dizi tasarımında yağ bağlama değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi.....	46
Tablo 3.16. İnülin lifi örneklerinde toplam diyet lifi değerleri ve S/N oranlarının sonuçları.....	47
Tablo 3.17. Taguchi L18 dizi tasarımında toplam diyet lifi değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi.....	48



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	İnülinin kimyasal yapısı.....	11
Şekil 1.2.	Hindiba.....	15
Şekil 1.3.	Yer elması .....	16
Şekil 1.4.	Ultrasonik banyo uygulamasının şematik gösterimi.....	18
Şekil 2.1.	Hindiba bitki kökü örneği .....	21
Şekil 2.2.	Yer elması .....	22
Şekil 2.3.	Hindiba bitki kökünden inülin üretim akış şeması .....	25
Şekil 2.4.	Hindiba bitki kökünden inülin üretim görsel akış şeması.....	25
Şekil 2.5.	Yer elmasından inülin üretim akış şeması .....	26
Şekil 2.6.	Yer elmasından inülin üretim görsel akış şeması .....	27
Şekil 3.1.	Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin $a_w$ değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği .....	33
Şekil 3.2.	Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin $L^*$ renk değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği .....	35
Şekil 3.3.	Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin $a^*$ renk değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği .....	37
Şekil 3.4.	Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin $b^*$ renk değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği .....	39
Şekil 3.5.	Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin % nem değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği .....	42
Şekil 3.6.	Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin su bağlama değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği .....	44
Şekil 3.7.	Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin yağ bağlama değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği .....	46
Şekil 3.8.	Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin toplam diyet lifi değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği .....	48

## GİRİŞ

Diyet lifleri (DF) sağlıklı yaşam ve beslenme için günümüzde önemli bir yere sahiptir. Günlük beslenmede alınan lif miktarının artırılması önerilmektedir. Çeşitli diyet lifi kaynaklarına sebzeler, tahıllar, kuruyemişler ve meyveler örnek verilebilir. [1]. Diyet liflerin bağırsak rahatsızlıkları, obezite, apandisit, tansiyon, hemoroid, hipertansiyon, gibi hastalıkların üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir. Diyet lifleri sağlığa faydalarının yanı sıra teknolojik anlamda su ve yağ bağlama, emülsifikasyon, hacim artırma gibi faydalar sağlamaktadır. Hem sağlığa faydaları hem de ürünün teknolojik özelliklerine yararlı etkileri dolayısıyla diyet lifler et, süt ve fırıncılık sektörlerinde geniş bir alanda kullanım imkânı bulmuştur.

Diyet lifler arasında inülin önemli bir yer edinmektedir. Sindirilemeyen karbonhidrat olan inülin insan sağlığı ve ürün üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı gıda sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İnülin insan gastrointestinal sistemi tarafından sindirilemeyen sindiremediği için kalorisiz, fermente olabilen ve çözünür bir diyet lifidir. Kolonda bulunan yararlı bakterilerin gelişimini destekler ama yararlı olmayan bakterilerin gelişimini engeller [2]. İnülin, serum lipit düzeyini düşürerek, bağırsıklığı desteklemekte ve mineral emilimlerini sağlama gibi özelliklerle sağlık üzerine pozitif etkisi bulunmaktadır [1]. Gıda endüstrisinde; nem tutucu, stabilizör, jelleştirme ve kabartma ajanı olarakta kullanılmakta olup, yağ ve şeker ikamesi olarak yüksek kalorili gıdaların kalorisinin düşürülmesinde etkilidir. Dondurma ve yoğurt gibi gıdalarda yağ yerine düşük kalorili olduğu için inülin tercih edilmektedir. [2]. Günümüzde inülin içeren birçok gıda ürünü bulunmaktadır. İnülinin peynir, bisküvi, ekmekçilikte, fermente süt ürünlerinde, içeceklerde, çikolata ürünlerinde ve hububatlarda kullanım alanı vardır [3].

İnülin bitkilerde bulunan doğal bir polisakkarit olup farklı bitkilerden ekstrakte edilerek üretilmektedir. Pırasa, soğan, muz, enginar, yer elması ve hindiba gibi bitkisel kaynaklardan elde edilir. İnülin en çok yer elması (%14-19) ve hindiba bitki kökünde

(%15-20) bulunur. 2020 TÜİK verilerine bakıldığında zaman yer elmasının 600 dekar alana ekildiği, 1144 ton üretiminin ve 1907 kg/dekar verimi şeklinde olduğu görülmektedir. İnülinin ithalat ve ihracatına bakıldığında ise ülkemiz 626.007 kg inülin ithal etmekte ve 9.600 kg inülin ihraç etmektedir [4].

Ülkemizde kullanım alanı hızla genişlemekte olan inülinin ithalatı ihracatından fazladır. Bu yüzden Ülkemizdeki mevcut hammaddeler ile inülin üretim çalışmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Ticari olarak üretilen inülin lifi üretim metodu ultrasonikasyon ön işleme uygulanarak farklılaştırılmaya çalışılmıştır. Bu nedenle tez kapsamında hindiba bitki kökü ve yer elması kullanılarak üretimi ve üretim optimizasyonu gerçekleştirilecek olan inülin diyet lifi, yerli olarak üretimi hedeflenmiştir. Bu tez kapsamında inülin içeriği yüksek olduğu bilinen hindiba bitki kökü (%15-20) ve yer elmasından (%14-19) ultrasonikasyon düşük frekans (20-100 kHz) yönteminin uygulanması ile inülin ekstraksiyonu yapılacaktır. Ülkemizde mevcut olarak bulunan hammaddeler değerlendirilerek ultrasonikasyon düşük frekans yönteminin uygulanması ile hindiba bitki kökü ve yer elmasından inülin lifi üretimi araştırılmıştır. Temizleme, öğütme, ultrasonikasyon ön işleme, ekstraksiyon, saflaştırma ve liyofilizasyon ile kurutma aşamalarından oluşmaktadır. Taguchi matematiksel modeli ile belirlenen deneyler yapılmış ve fizikokimyasal ve teknolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

# 1. BÖLÜM

## GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

### 1.1. Problem Durumu

Günümüzde tüketiciler tarafından sağlıklı olarak nitelendirilebilecek ürünlere olan taleplerde artış görülmektedir. Diyet lifleri, sağlık üzerindeki olumlu etkileri ve sahip oldukları fonksiyonel özellikleri sebebiyle dengeli beslenme için önemlidir. Genel olarak diyet liflerinin kalp rahatsızlıkları, obezite, kan problemleri, diyabet, kanser türleri üzerinde tedavici edici ve tedaviyi destekleyici etkileri bulunmaktadır. Ayrıca diyet lifleri, tekstürü düzenlemesi, lezzet kayıpları oluşturmaması, su bağlama ve yağ bağlama kapasitesine sahip olması ve benzeri birçok avantajı nedeniyle gıda sanayinde sıklıkla kullanılmaktadır [5]. Son yıllarda gıda endüstrisinde kullanılabilir yeni diyet lifi kaynaklarına eğilim artmaktadır [6].

İnülin gıda teknolojisinde yapı ve doku düzenleyici etkisi nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır. İnülinin özellikle az yağlı ürünlerde yağ yerine geçen madde olarak kullanılması uygun görülmektedir. İnülin sahip olduğu faydalı özellikleriyle prebiyotik olarak insan beslenmesinde ve besin endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Çok miktarda inülin içeren bitkilerin bazı örnekleri kudüs enginarı, hindiba kökü, sarımsak, kuşkonmaz kökü ve karahindiba köküdür. Daha yaygın olarak tüketilen inülin içeren sebze ve meyveler soğan, pırasa, sarımsak ve muzdur [7,8].

Yapılan çalışmalarda inülinin daha çok fonksiyonel özelliği üzerinde durulmuştur. Fonksiyonel özelliklerinin kalite ve iyileştirme özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bütün bunlar doğrultusunda ultrasonikasyon düşük frekans yönteminin uygulanması ile hindiba bitki kökü ve yer elmasından inülin lifi üretimine de rastlanmamıştır.

## 1.2. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada, Ülkemizde yaygın olarak bulunan hindiba bitki kökü ve yer elmasından ultrasonikasyon düşük frekans yönteminin uygulanması ile inülin üretimi amaçlanmıştır. Yüksek inülin içerikleri nedeniyle hindiba bitki kökü (%15-20) ve yer elması (%14-19) endüstriyel inülin üretiminde kullanılmaktadır. Ülkemiz coğrafyasında bulunan, kendi hammaddelerimiz değerlendirilmiştir. Böylece hindiba bitki kökü ve yer elması kullanarak gıda sektöründe yaygın kullanım alanı bulunan inülin lifinin yerli kaynakların kullanılmasıyla üretimi amaçlanmıştır.

Diyet lifleri, gıda sanayinin birçok alanında kullanılmaktadır. Süt ürünleri, tahıllar, et ürünleri ve makarna gibi ürünler kullanıldığı yerlere örnek verilebilir.

İnülinin bu kadar çok kullanım alanına sahip olması ile beraber genel olarak inülinin ithal edilmesi yerli kaynaklarımızdan üretilebilmesini önemli kılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda inülin kaynağınca zengin bulunan hindiba bitki kökü ve yer elması kullanılarak inülinin düşük frekans ultrasonik yöntemi ile üretilmesi amaçlanmıştır. Üretim optimizasyonu Taguchi matematiksel modeli ile oluşturulmuştur.

## 1.3. Araştırmanın Önemi

Tüketicilerimizin zaman içerisinde bilinçlenmiş olması ve fonksiyonel gıdaların öneminin anlaşılması yanı sıra, gıda liflerinin obezite, şeker hastalıkları gibi rahatsızlıklar üzerine direk veya endirekt azaltıcı etkileri konusunda bilgi sahibi olmaları, gıda lifi katkılı ürünlere olan talebin artmasını sağlamıştır. Dolayısıyla gıda sektöründe liflerin kullanımı artmıştır. Bu kapsamda en yüksek inülin içeriğine sahip hindiba bitki kökü (%15-20) ve yer elması (%14-19) kullanılarak inülin lifi üretimi amaçlanmıştır. Ayrıca düşük frekans ultrasonikasyon yöntemi kullanılarak hindiba bitki kökü ve yer elmasından inülin lifi üretilerek çalışmanın özgünlüğü desteklenmiştir.

## **1.4. Literatür Çalışması**

### **1.4.1. Diyet Lifi**

Diyet lifi (DF), insanların ince bağırsağında hidrolize edilmeyen karbonhidrat polimerlerinden oluşur [9]. Diyet lifinin fonksiyonel etkisi devam ederken ince bağırsakta doğrudan sindirilmeden kalın bağırsağa ulaşması onu benzersiz yapar [10]. “Diyet lifi” terimi Hipsley tarafından 1953’te bitki hücre duvarını oluşturan sindirilemez bileşenlere bir kısaltma olarak kullandığına inanılmaktadır. Bu bileşenlerin selüloz, hemiselüloz ve lignin içerdiği bilinmektedir [11]. Trowell (1972) “DF,” bitki hücre duvarının insanın sindirim enzimleri tarafından hidrolize edilmemiş kalıntıları ”olarak tanımlanmıştır. Trowell ve ark. tarafından 1976’da bu tanım genişletilmiş fakat daha sonra aynı grup tarafından 1978’de sınırlandırılmıştır [12].

Diyet lifleri besinsel özellikleri nedeniyle desteklenmiştir [13]. Diyet lifleri sağlığa, beslenmeye pozitif etkisinin yanı sıra teknolojik özellikleri ve fonksiyonel özellikleri sayesinde gıdalarda yer verilmektedir. Elma ve şeker pancarı gibi liflerden başka inülin ve pektin gibi liflerde teknolojik, fonksiyonel özellikleri ve sağlığı olumlu etkiledikleri için gıda endüstrisinde sütlerde, et ürünlerinde, soslarda ve unlu mamüllerde kullanılmaktadır [14].

### **1.4.2. Diyet Lifi Türleri**

Diyet lifi, ince bağırsakta sindirilemezken, kalın bağırsakta fermente olmaktadır. Diyet lifi türleri ikiye ayrılmaktadır. Bunlar suda çözünen diyet lifleri ve suda çözünmeyen diyet lifleridir. [15]. Çözünmez diyet lifleri selüloz, hemiselüloz ve lignin. Çözünür diyet lifleri ise inülin, pektinler ve zamksı maddelerdir [16]. Bu ürünlerin bazıları gıda endüstrisinde az miktarda (<% 1) stabilizatör olarak kullanılır, ancak beslenme ve sağlık yararları elde etmek için daha yüksek seviyelere ihtiyaç vardır [17]. Diyet liflerinin önemi artmaktadır. Bunun sebeplerinden bir tanesi diyet lifleri düşük enerjili olduğundan dolayı diyet ürünlerinde yer alır. Gıdalarda fonksiyonel özelliği ve teknolojik özelliği olduğundan kullanılırken, sağlığada pozitif yönde etkisi vardır [15].

### 1.4.3. Diyet Lifinin İnsan Sağlığına Etkisi

Günümüzde tüketiciler, kalp hastalıkları, obezite, kronik hastalıklar gibi çeşitli hastalıkların çoğalmasında diyet lifinin önemini arttırmıştır, çünkü sağlıklı ve kalorisi düşük gıdalara yönelim olmuştur [18].

Diyet lifi bileşiklerinin fizyolojik olarak, kalın bağırsağın işleyişini düzenlediği, mineral emilimi, glukoz ve lipid metabolizması üzerinde etkisi bulunmaktadır. Kabızlık, şişmanlık, hemoroit, diyabet ve kolon kanseri gibi hastalıklar üzerinde diyet lifleri koruyucu etkilidirler. [15]. Tüketilen diyet lifindeki artış kolon kanseri vakalarında azalmaya neden olmuştur. Liflerin kabızlık üzerinde rahatlatıcı etkisi bulunmaktadır ve dışkı ve su miktarını yükselterek yumuşak dışkı oluşumunu sağlamaktadır. Diyet lif tüketimi ile ilişkisi olduğu düşünülen bir başka rahatsızlık şeker hastalığıdır. Yüksek miktarda diyet lif alımı insülin ihtiyacını ve serum glikoz seviyesini düşürmekte ve böylece diyabetli kişilere fayda sağlamaktadır. Hayvanlar ile yapılmış olan çalışmalarda ise diyet lifinin zararlı maddeleri absorbe ederek bazı kronik hastalıkları engellediği bulunmuştur [19]. Çocuklar ve yaşlılar dahil olmak üzere yaşam boyunca lif tüketiminde artış öneriliyor [20].

### 1.4.4. Diyet Liflerinin Genel Özellikleri

Diyet lifi, son 30 yıldan daha fazla dünya çapındaki kapsamlı araştırma çabalarının bir parçası olarak sergilediği özelliklere göre karakterize edilerek tanımlanmıştır. Bu araştırma, diyet lifinin sağlık üzerindeki olumlu etkilerini artan tüketimi ile ilişkilendirmiştir. Diyet lifi, kalın bağırsakta fermente olabilen, ince bağırsakta sindirime uğramayan ve emilmeye karşı olan bitki ve karbonhidratların yenilebilir kısmının kalıntılarıdır. Polisakkaritleri, ligninleri, oligosakkaritleri, ve bitki maddelerini kapsar [10].

Diyet lifler bağırsak fizyolojisinin tüm yönlerini etkiler ve sağlıklı bir diyetin hayati bir parçasıdır [21]. Gıda ürünlerine (unlu mamuller, süt ürünleri, reçeller, etler, çorbalar) dahil edilen diyet lifinin dokusal özellikleri değiştirebilir, yüksek yağlı yiyecekleri ve emülsiyonları stabilize edebilir ve raf ömrünü uzatır. Tahıllar selüloz, lignin ve hemiselülozların ana kaynağı iken, meyve ve sebzeler birincil pektin ve gamların kaynaklarıdır [22]. Diyet lifi ürünün su bağlamasını, jelleşme kapasitesini artırma, gibi

teknolojik özelliklerinden dolayı gıda sanayisinde kullanımı artmaktadır [18]. İnülin, oligofruktoz, fruktanlar ve dirençli nişastalar diyet lifi kaynağı olarak Avrupa'da yaygın kullanılmaktadır [23]. Jel oluşturma kapasitesi, viskozite, yağ tutma, hidrasyon ve parçacık boyutu diyet liflerinin fonksiyonel ve fiziko-kimyasal özellikleri arasındadır. Ürün kalitesi bakımından yağ tutma önemlidir. Diyet liflerinin yağ tutma kapasitesi sayesinde pişme sırasında üründe meydana gelecek yağ kayıplarını engelleyerek ve böylelikle plazma kolesterolü düzenleyici etki göstermektedir [5].

#### **1.4.5. Diyet Lifi Bileşikleri**

Diyet lifi, suyla karıştırıldığında bir dispersiyon oluşturup oluşturmadığına bağlı olarak çözünür veya çözünmez olarak sınıflandırılabilir [24]. Çözünür diyet lifleri; pektin,  $\beta$ -glukan, gam maddeleri, inülin ile diğer jel benzeri polisakkaritler; çözünmeyen diyet lifleri bitki hücre duvarındaki lignin, selüloz ve hemiselüloz örnek olarak verilebilir [17].

##### **1.4.5.1. Selüloz**

Selüloz, bitkilerin hücre duvarında, miyofibriller şeklinde bulunan  $\beta$ -1,4 bağı ile bağlanmış glukoz birimlerinden oluşan linear yapıdaki moleküldür [25]. Selüloz, meyvelerin ve sebzelerin hücre duvarında %30–40, tahılların bazılarının hücre duvarlarında %2–4 oranında bulunmaktadır [15]. Selüloz, insan gastrointestinal sisteminin enzimleri tarafından sindirilmez [26].

##### **1.4.5.2. Hemiselüloz**

Hemiselüloz, hücre duvarından alkali kullanılarak ekstrakte edilen bir polisakkarittir. Bu tanım, benzer olarak ekstrakte edilebilen polisakkaritler içinde kullanılmaktadır. [25].

Tam tahıl ürünleri ve benzer ürünler, çoğu tahıl tanelerinin kepek tabaka kısımlarında hemiselüloz bol bulunur. Tahıl taneleri parankima hücre duvarlarında  $\beta$ -glukan ve arabinoksilan içerirler. Arabinoksilan, genellikle arabinoz ile yer değiştirmiş, ksiloz zincirinden oluşmaktadır. [15].

$\beta$ -1,4 glukozidik bağlantıları olan glikoz birimlerinin yapısını içerirler, fakat selülozdan farklıdır, çünkü boyutları daha küçüktür, çeşitli şekerler içerir ve genellikle dallanırlar. Genellikle ksiloz ve bazı galaktoz, mannoz, arabinoz ve diğer şekerler içerirler [26].

#### **1.4.5.3. Pektin**

Pektin, metille esterleşerek galakturonik asit zincirinden meydana gelen oldukça karmaşık polisakkaritlerdir. Zincirde galakturonik asit monomeri ve ramnoz monomerlerinden meydana gelen ramnogalakturananlar bulunmaktadır. Ramnoz monomerlerine de galaktoz veya arabinoz ile nötral pektik polisakkaritler içeren oligosakkaritler (arabinogalaktanlar, arabinanlar ve galaktanlar) bağlanarak ve dallı yapı oluşmasını sağlamaktadır [25]. Pektin suda çözünürdür [26]. Pektin, meyvelerde ve sebzelerde çok, tahıllarda az miktarda bulunur. Pektin preparatları ticari olarak elma posasında ya da turunçgil meyve kabuklarından ekstrakte edilerek elde edilmektedir. Bunların gıda sanayisinde geniş kullanım alanı vardır [25].

#### **1.4.5.4. Lignin, Suberin ve Kutin**

Kutin, lignin ve suberin bazı hücrelerde bulunan karmaşık yapıları polimerlerdir. Bitkilerde çok düşük miktarda bulunur ancak, kalın bağırsakta meydana gelen kansere karşı koruma etkisi nedeniyle önemlidir. Lignin, bitkideki hücre duvarlarında polisakkaritlerle beraber meydana gelen fenilpropanoid birimlerinden oluşan polimerdir. Bitkinin olgunlaşmasını pozitif etkilemektedir. Armutta bulunan kumsu yapıyı lignin meydana getirmektedir. Suberinin, lignine benzeyen bir yapısı ve bu yapıya kovalent bağlı ikinci bir hidrofobik poliester kısımdan oluşmaktadır. Kutin, poliesterdir ve mum bileşikleriyle bağlanmıştır. Bitkinin toprak üzeri organlarının dış epidermini meydana getirmektedir. Ligninin, kutinin veya suberinin hücre duvarında bulunan polisakkaritleri, bağırsaktaki bakteri enzimlerine karşı korumakta ve hücre duvarına hidrofobiklik sağlamaktadır [25].

#### 1.4.5.5. Dirençli Nişasta

Nişasta iki bileşenden meydana gelmektedir bunlar; amilopektin ve amilozdur. Amilopektin,  $\alpha$ ,1-4 ve  $\alpha$ ,1-6 bağlı, Amiloz ise,  $\alpha$ ,1-4 bağlı glukoz monomerlerinden oluşmaktadır [25].

Dirençli nişasta amilopektin ve amilozdan meydana gelen nişasta ile aynı yapıda fakat vücutta sindirilemediği için diyet lifi içerisindedir. Bifidobakterler tarafından kalın bağırsakta fermente edilirler. Enzime dirençli nişasta (EDN) bulunmasıyla nişastanın yararları ve diyet lifi olarak kullanmada yeni araştırma konusu olmuştur. Enzime dirençli nişasta (EDN); kimyasal olarak modifiye edilmiş, retrograde, fiziksel olarak erişilemeyen, jelatinize olmamış nişasta şeklinde 4 gruptan meydana gelmektedir. Dirençli nişasta kimyasal özellikleri ve fiziksel özellikleri bakımından EDN1, EDN2, EDN3 ve EDN4 şeklinde 4 gruba ayrılır. EDN3, sindirim enzimlerine en dayanıklı fraksiyondur. Ayrıca enzime dirençli nişasta yağ ikame maddesi olarak gıda ürünlerinde kullanılmaktadır. Yağ kullanımını yerine EDN tercih etmek gıdanın yağını düşürmekte ve yağların gıdaya sağladığı karakteristik özellik kayıp edilmemektedir. Enzime dirençli nişasta tatlı ve beyaz renkli olmasından dolayı gıdalarda kullanımı avantajdır. EDN'nin bisküvi ve pasta gibi gıdalarda kullanılması, liflerin doku ve renk gibi ortaya çıkardığı sorunlar oluşmamaktadır. Enzime dirençli nişasta baklagillerin ana kaynağıdır.

İnce bağırsakta sindirimi gerçekleşemeyen nişasta fraksiyonları kalın bağırsaktaki mikroorganizmalar için substrat oluşturarak bifidobakterilerin gelişimini sağlar. EDN'nin ince bağırsakta sindirilmeden kalın bağırsağa geçer ve fermente olmasıyla beraber metan, karbondioksit, organik asitler, hidrojen ve asetat, bütirat, propiyonat şeklinde kısa zincirli yağ asitleri oluşmaktadır. Enzime dirençli nişastanın özellikle yararlı fizyolojik etkisini kısa zincirli yağ asitlerinin sağladığı düşünülüyor. [15].

#### 1.4.5.6. Gamlar

Bitki salgılarında denilebilen gam maddeleri jel oluşturma ve yüksek viskozite özellikleri ile gıdalarda tekstürü korumaktadır. Aljinat, kahverengi deniz yosunundan, karragenan ve agar kırmızı deniz yosunundan guar gam, gam bitkisinden, elde edilmektedir [25].

### 1.4.5.7. Oligofruktoz ve İnülin

İnülinin ve Oligofruktozun polimerizasyon derecesi (DP) 2-60 ve 2-20 aralığında değişmektedir ve  $\beta$ , 2-1 bağlı fruktoz monomerlerinden meydana gelirler. İnülin ve oligofruktoz kan şekeri seviyesini dengede tutmaktadır. İnülin beyaz ve tatsızdır. İnülin gösterdiği prebiyotik özelliği sebebiyle gıda endüstrisinde geniş bir kullanıma sahiptir. İnülinin süt ürünlerinde kullanılması tekstürel özelliklerde iyileşme, yağ ikamesi olarak ise kremli dokuyu geliştirdiği belirtilmiştir [15]. İnülinler soğan, muz, sarımsak ve hindiba gibi çeşitli bitkilerde bulunmaktadır [27].

### 1.4.6. İnülin

İnülin temel olarak fruktosil birimlerinden [ $\beta$ , (2-1) bağlantılı] meydana gelen doğrusal bir fruktandır ve molekül başına bir terminal glikoz kısmı [ $\alpha$ , (1-2) bağlantılı] içermektedir [28]. İnülini, 1800'lü yılların başlarında Rose ilk defa *Inula helenium* adındaki bitkinin köklerinden elde edilen karbonhidrat şeklinde tanımını yapmıştır. İnülin depo karbonhidrat görevi gören bir fruktoz oligomeridir. Sindirilemeyen karbonhidrat olan inülin insan sağlığı ve ürün üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı gıda sanayi başta olarak diğer sektörlerde de geniş kullanım alanı bulunmaktadır [29]. Yüksek miktarlarda inülin içeren bitkilerin bazı örnekleri yer elması, hindiba kökü, sarımsak, kuşkonmaz kökü ve karahindiba köküdür. Sebzeler ve meyvelerde inülin içermektedir bunlara örnek olarak soğan, pırasa, sarımsak ve muz verilebilir. [8].

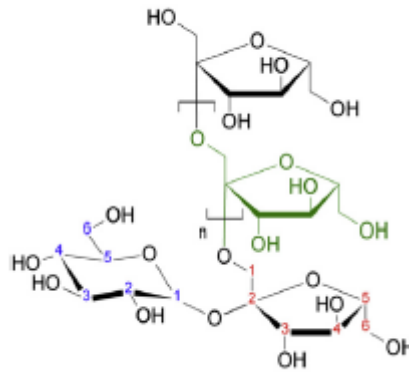
Tablo 1.1. İnülin kaynakları ve zincir uzunluğu [28]

Bitki	İnülin g/100g	Polimerizasyon derecesi (DP)
Çavdar	4.5-6.4	DP>9
Buğday	1.5-2.3	DP≤5
Arpa	1.6	DP 5-15
Yerelması	17-20.5	DP 2-50
Hindiba	15-20	DP 2-65
Enginar	2-7	DP 5-200
Sarımsak	9-16	DP≥ 5
Pırasa	3-10	DP 12
Soğan	1-7.5	DP 2-12
Muz	0-1	DP< 5

### 1.4.6.1. İnülinin Kimyasal Yapısı

İnülin bir polisakkarittir ve nötr tadı olan beyaz bir toz olarak bulunur. Kimyasal olarak,  $\beta(2,1)$  glikozidik bağlarla bağlanan D-fruktoz birimlerinin doğrusal bir biyopolimeridir, ve fruktoz zincirine bir  $\alpha(2,1)$  bağı ile bağlanan bir D-glikoz molekülü ile sonlandırılır. İnülinin polimerizasyon derecesi genellikle 2 ile 60 arasındadır. İnülinin işlenmiş gıdalarda fonksiyonel ingredient olarak kullanımı artmaktadır [30].

Yıldız çiçeği, hindiba, enginar, soğan, sarımsak depolama karbonhidrat olarak inülin üretir [31]. Yaygın olarak bitkilerin depolama ürünleri olarak adlandırılan bu fruktoz esaslı polimerler, genellikle bitki yapraklarında ve diğer organlarda örneğin yumru köklerinde, karbonhidrat rezervleri olarak bulunur [28].



Şekil 1.1. İnülinin kimyasal yapısı [31]

### 1.4.6.2. İnülinin Gıdalarda Kullanımı

Diyet lifleri, çeşitli hazırlanmış gıdalar için kullanılmaktadır. Gıdalara lif ilavesi sadece sağlık yararları sağlamakla kalmaz, aynı zamanda su ve yağ tutma kapasitesinde artış, emülsiyon ve köpük oluşumu, doku ve yeme özelliklerinde değişiklik, yapının stabilizasyonu ve raf ömrünün uzatılması gibi bazı fonksiyonel özellikler de sağlar [32].

İnülinin gıda sanayinde kullanımı besinsel ve teknolojik özelliklerine dayanmaktadır. İnülinin teknolojik kullanımı, bir şeker ikame maddesi olarak, yağ ikame ve doku değiştirici olarak onun özelliklerine dayandırılır [33]. İnülin gıda endüstrisinde yaygın olarak birçok amaca hizmet etmektedir. Jel oluşturmak, viskoziteyi arttırmak, organoleptik özellikleri iyileştirmek ve sindirilemez bir lif (düşük kalorili) bir

tatlandırıcı olarak kullanılmıştır [8]. İnülin gibi bileşikler gıdanın enerji yoğunluğunu azaltır ve gıdayı diyet lifi ile zenginleştirmek veya şeker ve yağın yerini almak için kullanılır [34]. İnülin ve oligofruktoz, günümüz tüketicisi için yenilikçi sağlıklı yiyecekleri formüle etmek için kullanılabilir çeşitli fonksiyonel ve beslenme özelliklerine sahiptir [35].

Hindiba kökü gibi saflaştırılmış konsantre kaynaklardan ekstrakte edilebilir ve gıdaların teknolojik ve besinsel özelliklerini arttırmak için kullanılabilir [36]. İnülin su tutma kapasitesi sayesinde jelleşme ve koyulaştırma özelliği göstermektedir [37]. İnülinin süt ürünlerine dahil edilmesi, son yıllarda, çoğunlukla tüketimiyle ilişkili sağlık yararları ile ilgili veriler nedeniyle bir artış göstermiştir [38]. Süt ürünlerinde peynir, süt, yoğurt ve dondurmada kullanılır. Süt dışı gıdalarda inülin kullanımına bazı örnekler olarak ekmek, bisküvi, tahıl ve et ürünleri verilebilir [8]. Ayrıca inülin ilaveli gıdalardaki değişikliklerin, ürünün tüketici tarafından kabulünü olumlu etkilediğini göstermiştir [39].

Tablo 1.2. İnülinin farklı amaçlara yönelik kullanımı [40]

Yağ azatımı	Lifçe zenginleştirme	Sağlık üzerine etkileri
✓ Kalitenin geliştirilmesi	✓ Kalitenin geliştirilmesi	✓ Prebiyotik
✓ Yağ fazının stabilizasyonu		✓ Bifidojenik
		✓ Kalsiyum emilimi
Etiket bilgisi	Yapı ve tadın geliştirilmesi	
✓ Doğal	✓ Düşük yağlı sistemler	
✓ Bitkisel	✓ Tatlandırıcı sistemler	
✓ Katkı değil	✓ Stabilitenin geliştirilmesi	
✓ E kodu yok	✓ Kalsiyum emilimi	
✓ Dengeli beslenme	✓ Lif etkisi	

Bir çalışmada; yoğurt dondurma üretilerek inülin ilave edilmiş böylece yağ miktarı azaltarak şeker ikamesi ile üründe çeşitli fonksiyonel özellikler toplanmıştır. Böylece kalorisiz düşük ve diyabetik ürünler üretilerek kalite kriterleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak, şekere bağlı yoğurt dondurmanın ve pH değerine göre beğenilen ürün olduğu bulunmuştur. Şekersiz ve Az yağlı yoğurt dondurma üretebilmek için yüksek şeker ve

yağ miktarının izomalt, polidekstroz ve inülin eklenmesi ile düşürülebileceği tespit edilmiştir. Yoğurt dondurma fermente süt ürünüdür, inülinin eklenmesi ve azaltılmış yağ içeriği ile lezzetli bir ürün ayrıca sağlıklı olarak bulunmuştur [41].

Sağlığa yararlı olması nedeniyle kullanımı genişleyen ve prebiyotik özellik gösteren yoğurta etkileri sonucu kullanımı giderek genişleyen, prebiyotik özelliklerinden ve yoğurta yağ ikame maddesi, sinerezi önleyici ve doku özelliklerini geliştirici ürün viskozitesi arttırıcı, şeklinde kullanılabilir inülin'in yağı düşürülmüş süzme yoğurta ayrı ayrı miktarlarda (%3,%1,%2) kullanılarak ürün oluşturulmuş ve kalite özellikleri belirlenmiştir. Sonuçta, prebiyotik özelliği bulunan ve süzme yoğurta, yağı ikame ederek ağızda hoş bir his bırakan ve doku özelliklerini geliştiren inülinin olumsuz bir etkisinin görülmemesi nedeniyle süzme yoğurt üretirken süte % 3 oranında eklenebileceği tespit edilmiştir [42].

İnülin gıda teknolojisinde yapı ve doku düzenleyici etkisi nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır. İnülinin az yağlı ürünlerde yağ yerine geçen madde olarak kullanılması özellikle uygun görülmektedir. Yapılan çalışmalarda az yağlı yoğurtlara uzun zincirli inülin eklenmesiyle yoğurttaki kaymak miktarının arttığı saptanmıştır. Bunun nedeni olarak uzun zincirli inülinin suda daha az çözünmesi ve daha yüksek vizkositeye sahip olmasıyla yapı/doku düzenleyici özelliği gösterilmektedir [7].

#### **1.4.6.3. İnülinin Sağlıkla Bağlantısı**

Beslenme, daha iyi sağlık ve refahı teşvik etmek için gıdaların kullanımına doğru ilerlerken, fonksiyonel gıdalar tüketiciler için daha önemli hale gelir [43]. Sağlığı pozitif yönde etkileyerek koruyucu özellik gösterirken hastalıkların tedavisinde kullanılabilen oligofruktozlar ve inülinler önemli bir gıda bileşenidir [44]. İnülin, faydalı besin özellikleri nedeniyle çeşitli gıdalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır [45]. İnülin ve oligofruktoz üst gastrointestinal sistemde sindirilmeyiz; bu nedenle, düşük kalori değerine sahiptirler [35]. İnülinin, sistemik etkileri ve fizyolojik etkileri kalın bağırsakta bulunan bifidobakterilerin gelişmesini uyardıkları için prebiyotiklerdir [44]. İnülin, kolondaki bakterilerin büyümesini ve aktivitesini seçici şekilde uyardığı için insanları yararlı olarak etkileyen sindirilemeyen bileşendir [38]. Diyet lifi tüketimi, diyabet, koroner kalp hastalığı, obezite, hipertansiyon, gastrointestinal bozuklukların geliştirme riskini azaltır [46]. İnülinler, çözünür diyet lifi ile birçok yaygın fizyolojik özelliği

paylaştığından, serum kolesterolünü de düşürüp kan şekeri kontrolünü geliştirebilmeleri beklenir [36]. Güçlü su emme kapasitesine sahip diyet lifi tokluğu artırabilir ve bağırsak peristalsisini hızlandırabilir, bu da bağırsak toksinlerinin ortadan kaldırılmasına ve vücut ağırlığının kontrol edilmesine neden olur. Diyet lifi tüketiminin artmasının serum lipit düzeylerini ve kan basıncını düşürdüğü gösterilmiştir [47].

İnsan bağırsak mikrobiyal florasında inülinin etkisini incelemek için yapılan bir çalışmada, sağlıklı olarak belirlenen kişilerin diyetlerine 8 g/gün inülin eklenmesi ile bağırsakta *Bacterioides spp.* sayısında istatistiksel olarak bir değişme tespit edilmezken, *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türlerinde istatistiksel olarak artma tespit edilmiştir [42]. İnülin çözünür bir diyet lifidir ve ince bağırsakta sindirilmeden direkt kalın bağırsağa gider, başka liflerden ayıran özellik, bağırsak florası tarafından selektif bir şekilde fermente edilmektedir. Böylece bağırsak fonksiyonlarına, düzenli olarak çalışmalarına ve kabızlığı azaltmaya katkı sağlarlar. Diyet lifi günlük tüketilmesi gereken miktarının aşagısında tüketilmektedir. Gıda sanayinde inülinde meydana gelen ürünler sayesinde, kişilerin lif tüketiminin artması sağlanıyor [40]. Sindirilemez bir karbonhidrat olan inülinin glisemik indeksi (GI) yaklaşık olarak sıfırdır. Bu sebeple çeşitli hastalıkların engellenmesine yardım eden düşük Glisemik Yük ve GI'e dayanan tüketimlerde rahatlıkla kullanılabilir [48].

#### **1.4.6.4. İnülin Kaynakları**

İnülin, doğadan bulunan bitkisel kaynaklardan elde edilir ve %15 civarında çiçekli bitkinin inülin içerdiği bilinmektedir. İnsanların tükettiği inülin içeren bitkilerin Compositae (yakon, yer elması, hindiba) ve Lilliaceae (sarımsak, soğan, asparagus) ailelerinde oldukları bildirilmiştir. İnülinin yüksek miktarda bulunması sebebiyle yer elmasının ve hindibanın endüstriyel olarak inülinin üretiminde önemli kaynaklar olduğu belirtilmiştir [49].

##### **1.4.6.4.1. Hindiba**

Bitki yaklaşık olarak 20 cm ile 100 cm uzunluğunda, çok yıllık otsudur. Yaprakları rozet şeklinde tüylüdür ve kazık köklüdür. Çiçekleri mavi renktedir [50].

Hindiba (*Cichorium intybus L.*) *Asteraceae* ailesine ait; İtalya, İspanya, Yunanistan ve Türkiye gibi ülkelerin yanı sıra Kuzey Amerika ve Avrasya gibi ılıman bölgelerde de bulunan bir bitkidir. Hindiba 17.yy.'dan bu yana çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır, karaciğer ve sindirim sistemi üzerindeki etkisinden dolayı karaciğer bozuklukları, sarılık tedavisi, karaciğer büyümesi, gut, safra taşı rahatsızlıkları, romatizmal hastalıklar, idrar yolları iltihaplanmaları ve tip-2 diyabet gibi hastalıklarda alternatif ilaç olarak kullanılmaktadır [51]. Hindiba sebze olarak, kahve karışımlarında, tıbbi ve kozmetik alanlarında çeşitli şekillerde kullanılmaktadır [52].

İnülin ve oligofruktozun gıda endüstrisinde kullanımı, besleyici ve teknolojik özellikleri nedeniyle son zamanlarda artmıştır [53]. İnülin, başlıca muz, soğan, sarımsak, pırasa, enginar ve hindiba gibi birçok bitkisel gıdada bulunur [54]. Hindiba kökü, endüstriyel inülin üretimi için en önemli yumrulu köktür [39].

Daha yüksek oranda DF içeren gıdalar daha sağlıklı yaşam tarzını teşvik ettiği ve düzenli alımlarının daha önce belirtildiği gibi çeşitli rahatsızlıkları ve hastalıkları azalttığı bilindiğinden bu gereklidir [55].



Şekil 1.2. Hindiba

Kurutulmuş ve kavrulmuş hindiba kökleri aroma için kahve ile birlikte harmanlanmaktadır [51]. Yetişkinlerde kahveye bağlı gastroentrotrojik ve gastrit şikayetlerini ortadan kaldırdığı saptanmıştır [56].

Hindiba bitkisine yol kenarlarında ve çayırlarda rastlamak mümkündür [57]. Hindiba eski Mısır'da sebze, tıbbi bitki, kahve katkı maddesi ve yem bitkisi olarak kullanılmaktaydı [58].

#### 1.4.6.4.2. Yer Elması

Yer elması Asteraceae familyasına dahil olup, *Jerusalem Artichoke* adı ile de bilinmektedir. Çok yıllık bitkidir. Yer elması, kudüs enginarı (*Jerusalem Artichoke*), sunroot, sunchoke, topinambur gidi adlarıda bulunan, yumuşak bir sebze olarak kullanılan yumrusu için dünyanın ılıman bölgelerinde yaygın olarak ekilmektedir. Yer elmasına, kudüs enginarı denilmesine rağmen Kudüs ile ilgisi yoktur ve aynı ailede olmasına rağmen bir tür enginar da değildir. Yer elması, bahçe ayçiçeği *Helianthus annuus* ile aynı cins bir ayçiçeği türüdür [59].

Yer elmasını yetiştirmek için özel bir yer ayrılmaz. Genellikle bahçede ve arazinin sınırlarında yetiştirilir. Son yıllarda analizler sonucu yer elması yumrularının yüksek miktarda inülin ile glikozun bulunması sebebiyle tatlı ve lezzetli olduğu, nişasta olmadığı için kalorisi düşük olduğu bulunmuştur. İnülin şeker hastalarına tavsiye ediliyor. Son yıllarda bu özelliği sebebiyle yer elmasına olan ilgi artarak ve tarla tarımı üretiminin yapılmasını sağlamıştır [60].



Şekil 1.3. Yer elması

### 1.4.7. Ultrasonik Banyo

Ultrason, insanların işitme eşiğinin üzerin frekanslara sahip ses ultrason frekansı 20 kHz ile 10 MHz aralığında olup, kimyasal ve fiziksel olarak etkileri nedeniyle gıda enstitüsünde kullanılmaktadır. [61].

Ultrasound uygulamasının kullanımı gıdaların korunması ve işlenmesi için son yıllarda giderek artmaktadır [62]. Ultrason işleminin, homojenizasyonu ve emülsifikasyonu geliştirmek, jel sıkılığını arttırmak, su tutma kapasitesini iyileştirmek, kullanılan ultrason parametrelerine ve mikroorganizma özelliklerine göre mikrobiyal inaktivasyon veya aktivasyon sağlamak, fermentasyon süresini kısaltmak, biyoaktif peptid üretimini arttırmak, kristalizasyon ve donma gibi çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır [63].

Çoğunlukla iki tip cihaz kullanılır: etkinlik, verimlilik ve kabiliyetlerinde farklılık gösteren ultrasonik banyolar ve ultrasonik proplar. Ayarlanabilir sıcaklık kontrolü, ultrasonik banyoları laboratuvar veya endüstriyel uygulamalar için uygun hale getirir [64]. Çalışmaların çoğunda ultrasonik banyonun kullanımı görülmektedir [65]. Çünkü, ses dalgalarının sıvı ortama daha homojen dağılabilmesi ve sistemin özel bir adaptasyon istememesi şeklinde açıklanabilir [66].

Ultrasonik banyolar genel anlamda ekonomik ve kolay elde edilebilir cihazlardır ve gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek enerjili ultrason sıvı ortamda dalgalar halinde yayılım göstermektedir. Enerjinin homojen yayılımına olanak sağladığı için de bu cihazlar birçok alanda tercih edilmektedir [67, 68].

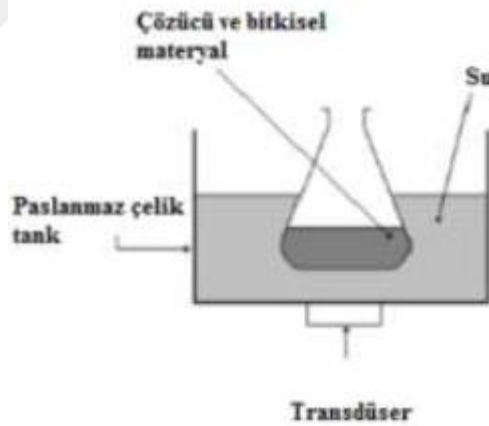
Frekans aralığına bağlı olarak, ultrasonun gıda işleme, analiz ve kalite kontrol uygulamaları, düşük ve yüksek enerjiye ayrılabilir [69].

Ultrasonik düşük enerjili uygulamada açığa çıkan enerjinin düşük olması nedeniyle, kimyasal ve fiziksel olarak, dalganın geçtiği materyalde değişiklik meydana gelmez [70].

İkinci grup ise, yüksek enerjili (düşük frekans) dalgalarıdır ve “power ultrasound” olarak bilinir. Bu enerji, temizleme ve sonokimya alanında kullanılmaktadır [71]. Yüksek enerjili ultrason, yüksek yoğunluklu-düşük frekanslı sistemleri ifade etmektedir. Düşük frekanslı yüksek yoğunluklu ultrasona, gıda dehidrasyonlarında son zamanlarda ilgi

artırmıştır [72]. Yüksek yoğunluklu ultrason uygulamaları 20-100 kHz arasında frekanslarda ve 10-1000 W/cm<sup>2</sup> enerji yoğunluğunda kullanılır. Yüksek yoğunluklu ultrason gıdalar üzerinde biyokimyasal, fiziksel ve kimyasal etkileri bulunur ve proses esnasında gıda sisteminin kalitesini arttırabilmektedir [73]. Ultrasonik uygulama gıdalarda mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyon amaçlı kullanılır [70].

Ultrasonik banyolar, duvarlarındaki alternatif akımı mekanik titreşimlere çeviren çeşitli sayılarda transdüserden meydana gelen paslanmaz çelikten oluşmuş tanklardır. Ultrasonik banyolar kullanımı yaygındır. Çünkü ucuzdur, kullanımı kolaydır ve çok amaçlı kullanılır. Uygulanacak ultrason işlemi için örnek su banyosunun içine yerleştirilir, örnek içerisine maksimum 1-5w/cm<sup>2</sup> kadar geçebilmektedir. Ultrason sistemi ekstraksiyon hız ve verimliliğini artırması, çevre dostu olması ile başka ekstraksiyonlara alternatiftir. Kütle transferini ultrason destekli ekstraksiyon hızlandırarak daha fazla işlem zamanı sağlar ayrıca klasik ekstraksiyon ile karşılaştırıldığında daha az çözücü tüketimi sağlar [74].



Şekil 1.4. Ultrasonik banyo uygulamasının şematik gösterimi [74].

Gıda sanayisi ve çeşitli endüstriyel alanlarda yöntem gelişim için oluşan yeni teknolojidir. Ultrason işlemleri ekstraksiyon, emülsiyonlar oluşturmak, hücreleri parçalamak, kristalleşme süreçlerini değiştirmek, kimyasal reaksiyonları teşvik etmek ve enzimleri engellemek için kullanılır [75, 76].

Güvenli, çevre dostu olması ve toksik etki göstermemesi ultrasoundun avantajları arasında gösterilmiştir [77]. Ultrasonikasyon, yalnız başına veya başka muhafaza

yöntemleri ile birleştirilerek kullanılan duyuşal ve besin içeriği bakımından kaliteli ürün ortaya çıkmasında başarılı bir şekilde kullanılabilir bir yöntemdir [78] .

#### **1.4.8. Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)**

Dondurarak kurutma (freeze drying) gıda maddelerinde bulunan nemin uzaklaşması amacıyla uygulanır. ‐Liyofilizasyon‐ veya dondurarak kurutma manasına canlılığı askıya almak demektir. Dondurarak kurutulacak ürün; öncelikle dondurularak gıdada bulunan su buz halinde bağlanarak ve buz uygun koşullarda süblime edilir. Maddenin katı halden gaz haline, maddenin sıvı hali geçmesi süblimasyon olarak adlandırılır [79].

Dondurarak kurutma yöntemi üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

Birinci aşamada ürün dondurulur ikinci aşamada, vakum altında üründe bulunan suyun katı fazda süblimasyonuna uğrar. Öncelikle süblimasyon başlaması ürün yüzeyinde meydana gelir sonra yüzeyin kuruması ile beraber kuruma ürün içine ilerleyerek devam eder. Merkezde kalan en son buz kristallerinde süblimasyonu ile ürün nemi düşürölmektedir.

Son aşama ikincil kurutma aşamasında ise üründe bulunan buz kristallerinin bütünüyle süblime olduğunda başlar. Bu aşama ile ürün yapısındaki bağlı suyun bir bölümü de buharlaşır. İkincil kurutma aşamasında birincil kurutma aşamasına göre çok daha az su uzaklaşmasına rağmen işlem süresi daha uzundur [80].

Gıda teknolojisi alanında gıdaların taze halde düşük sıcaklıklarda korunabilmesi için gerekli olan enerji ihtiyacını ortadan kaldırmasının yanı sıra kurutulan ürünlerin raf ömrünü uzatması dondurarak kurutma tekniğinin uygulanmasına olanak sağlamıştır. Geleneksel kurutma yöntemleri ile kıyaslandığı zaman kural olarak en kaliteli ürün liyofilizasyon ile elde edilen ürünlerdir. Burada ki en önemli etken olan yapısal sertlik süblimasyonun meydana geldiği yüzeyin donmuş olması ile sağlanmaktadır. Yapısal sertlik kurutulmuş maddenin şeklinin bozulmasını engellemektedir. Liyofilizasyon ile kurutma yöntemi geleneksel kurutma yöntemlerine göre besin değeri, renk, tat ve koku özelliklerindeki değışimin ve yığın yoğunluğunun az olmasından dolayı daha avantajlı olmaktadır [81].

Gıda alanında dondurarak kurutma işlemi geniş kullanım alanı bulur, özellikle sebzelerin ve meyvelerin kurutulmasında önemli bir yeri vardır. Meyvelerin ve sebzelerin suları ve pürelere kadar çoğu gıda dondurarak kurutularak tüm şeklinde veya toz formda elde edilerek tüketilmektedir. Bu şekilde elde edilmiş olan gıdalar hızlı rehidrasyon gerektiren çerez veya kahvaltılık gevrek benzeri ürünlere eklenerek besleyici ürün elde edilmektedir [82].



## 2. BÖLÜM

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 2.1. Materyal

Hindiba bitki kökü ve yer elması tez çalışmasında kullanılacak olan hammaddelerdir.

#### 2.1.1. İnülin Üretiminde Kullanılan Materyaller

##### 2.1.1.1. Hammaddeler

##### 2.1.1.1.1. Hindiba Bitki Kökü

İnülinin üretimini yapmış olduğumuz bu tez kapsamında hammadde olarak kullanılan mavi hindiba bitkisinin kökleri 2019-2020 yılı yaz ve güz döneminde Kayseri, Hacılar'dan toplanmıştır. Hindiba bitki kökleri daha küçük parçalara ayrılarak, -18°C'de üretime kadar muhafazası sağlanmıştır.



Şekil 2.1. Hindiba bitki kökü örneği

### 2.1.1.1.2. Yer Elması

Tez çalışmasında kullanılan yer elması Kayseri'deki marketlerden temini yapılmıştır.



Şekil 2.2. Yer elması

### 2.1.1.2. Kimyasallar

Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) ile kimyasal temini sağlanmıştır. Yapılan tez çalışmasında kullanılan kimyasallar şunlardır; Kalsiyum Hidroksit (Merck), Sodyum Hipoklorit (Merck), Sodyum Metabisülfid (Merck), Fosforik Asit (Tekkim), Proteaz (Megazyme), Alfa-Amilaz (Megazyme), Amiloglikosidaz (Megazyme), Etil Alkol, Aseton (Merck), Hidroklorik Asit (Merck), Sodyum Hidroksit (Merck), İnülin (Merck).

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Taguchi Matematiksel Modeli İle İnülin Üretim Koşullarının Belirlenmesi

Hindiba bitkisinin kökünden ve yer elmasından inülinin üretim yönteminde Taguchi matematiksel modeli kullanılmıştır. Taguchi Mixed Level Orthogonal Design ( $2^1 \times 3^3$ ) ile hindiba bitki kökü ve yer elmasından inülinin üretimi gerçekleştirilmiştir. Taguchi yöntemi, sistem parametrelerini oluşturmak için iyi bir araçtır.

Tablo 2.1. Hindiba bitki kökü ve yer elmasından inülin üretimi sırasında göz önüne alınan Taguchi Matematiksel modeli faktörleri ve seviyeleri

Faktörler	Birimi	Seviyeler		
		1	2	3
Örnek	-	Hindiba bitki kökü	Yer elması	-
Ön işlem sıcaklığı	°C	30	45	60
Ön işlem süresi	dk	10	20	30
Ekstraksiyon süresi	dk	60	90	120

Tablo 2.1’de gösterilmiş olan faktörler ve seviyeler ile Taguchi L18 ( $2^1 \times 3^3$ ) deneysel modelde toplam 18 tane deney bulunmaktadır. Bu oluşturulmuş model için yanıt değişkenleri ise nem, pH, renk, su bağlama, toplam diyet lifi, yağ bağlama, ve  $a_w$ , analizlerinin sonucunda optimum veriler elde edilmeye çalışılacaktır. Üretimi gerçekleştirilen inüline teknolojik ve fizikokimyasal analizler yapılacaktır. Daha sonra üretilen inülinin sonuçları literatür bulgularıyla ve ticari olarak üretilen inülin (Merck)(Cas no: 9005-80-5) sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Böylece tez çalışmasında üretimi gerçekleştirilen inülinin literatür bulgularına ve ticari inüline benzerliği incelenmiştir.

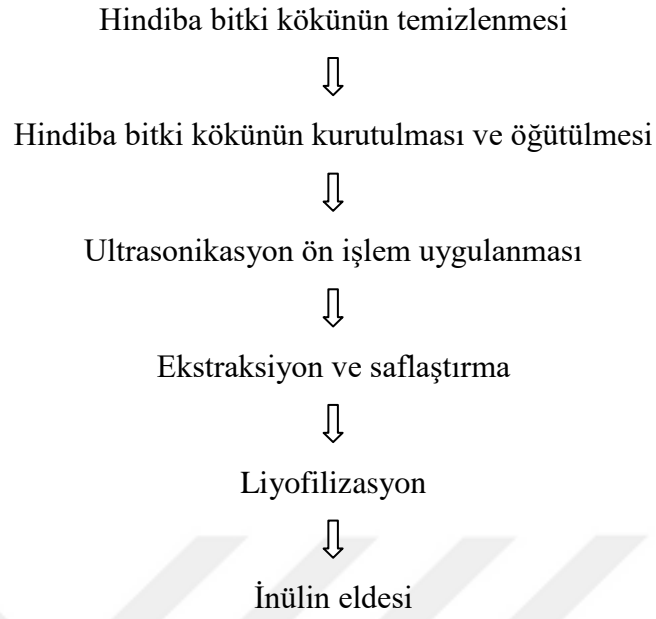
Tablo 2.2. Hindiba bitki kökü ve yer elmasından inülin üretimi için Taguchi Matematiksel deneysel modeli

No	Örnek	Ön işlem sıcaklığı (°C)	Ön işlem süresi (dk)	Ekstraksiyon süresi (dk)
1	Hindiba	30	10	60
2	Hindiba	30	20	90
3	Hindiba	30	30	120
4	Hindiba	45	10	60
5	Hindiba	45	20	90
6	Hindiba	45	30	120
7	Hindiba	60	10	90
8	Hindiba	60	20	120
9	Hindiba	60	30	60
10	Yer elması	30	10	120
11	Yer elması	30	20	60
12	Yer elması	30	30	90
13	Yer elması	45	10	90
14	Yer elması	45	20	120
15	Yer elması	45	30	60
16	Yer elması	60	10	120
17	Yer elması	60	20	60
18	Yer elması	60	30	90

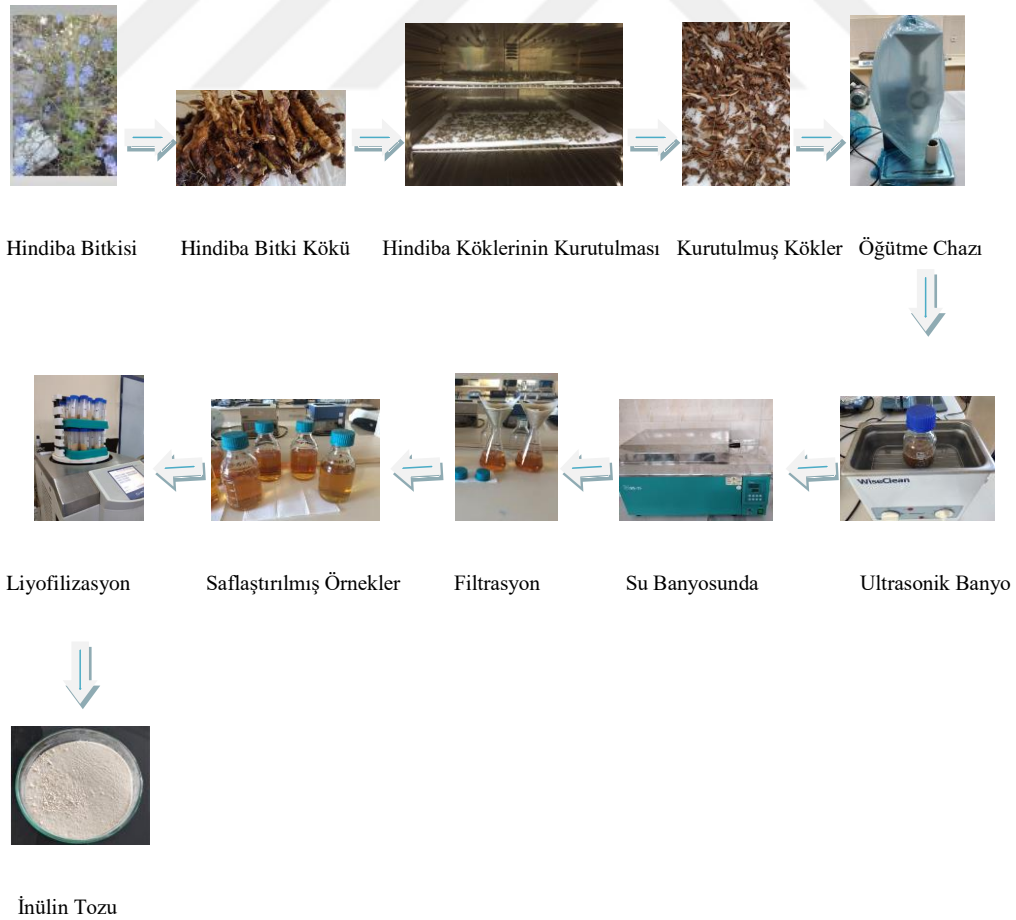
### 2.2.2. İnülin Üretimi

Yapılan çalışmada, ülkemizde yaygın olarak bulunan hindiba bitkisinin kökünden (%15-20) ve yer elmasından (%14-19) düşük frekans ultrasonikasyon yöntemi kullanılarak inülinin üretilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen inülin lifi örneklerinde fizikokimyasal ve teknolojik analizler yapılmıştır. Üretimin modellenmesi ve uygun koşulların belirlenmesi için Taguchi matematiksel modellenmesi kullanılmış ve optimum proses koşulları seçilmiştir.

Hindiba bitkisininin köklerinden inülin üretiminde ilk olarak hindiba bitkisi temin edildi ve hindibanın kökleri alındı. Daha sonra küçük parçalara ayrılarak temizleme için 100 ppm'lik sodyum hipoklorid solüsyonunda 15°C'de 30 dk bekletilmiştir. Temizleme işlemi tamamlandıktan sonra 100ppm sodyum metabisülfid içinde 95°C de 5 dakika bekletildi ve oda sıcaklığına gelene kadar soğuması beklendi sonrasında kökler etüvde kurutuldu. Kurutulmuş hindiba kökleri öğütücü kullanılarak öğütüldü. Öğütme işleminden sonra 1/10; örnek/su olacak şekilde ayarlandı ve ultrasonikasyon düşük frekans ön işlemi uygulandı. Daha sonra su banyosu kullanılarak ekstraksiyon gerçekleştirildi. Ekstraksiyon işlemi yapılmış örnekler filtre edildi ve saflaştırma işlemi uygulandı. İlk olarak 50°C de 30 dk kalsiyum hidroksit ile muamele edildi. Süre sonunda filtrasyon yapıldı. Filtrasyondan sonra yükselen pH yı düşürmek için fosforik asit kullanıldı ve pH yaklaşık 7 civarına düşürüldü. Sonrasında 60°C de 2 saat bekletilerek süzüldü ve evaporasyon işlemi uygulandı. Kurutma aşamasına gelen örnekler liyofilizasyon ile kurutulmuş inülin elde edilmiştir [83, 84, 85].

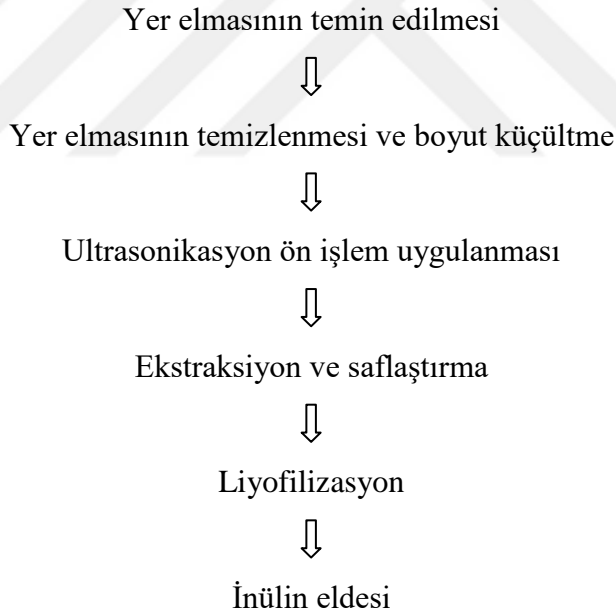


Şekil 2.3. Hindiba bitki kökünden inülin üretim akış şeması

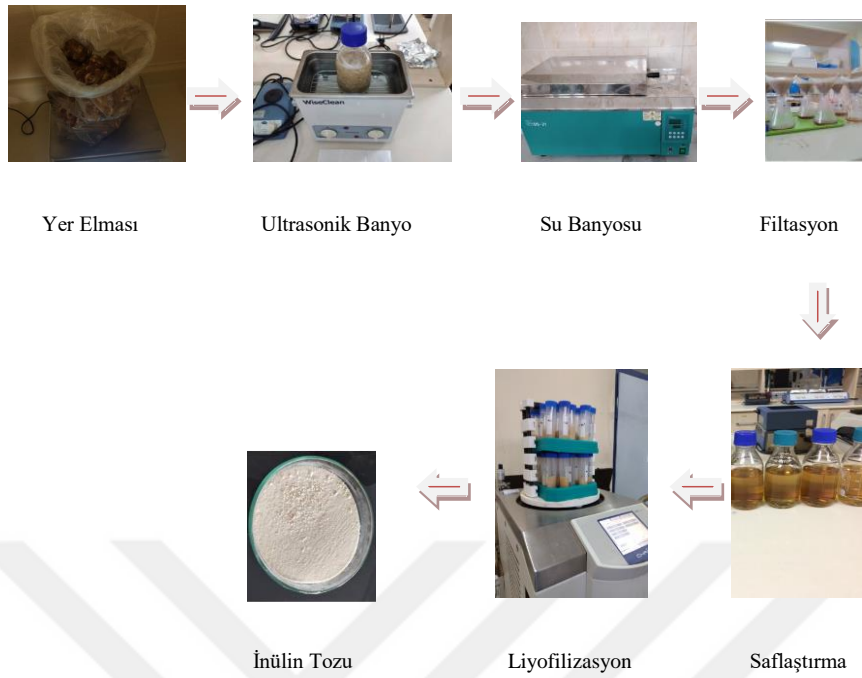


Şekil 2.4. Hindiba bitki kökünden inülin üretim görsel akış şeması

Yapılan çalışmada yer elmalarına 15°C’de 30 dk 100 ppm’lik sodyum hipoklorid solüsyonu ile temizleme işlemi uygulanmıştır. Temizleme işlemi tamamlanan örnekler kararmasını önlemek için 100 ppm’lik sodyum metabisülfite ile 95°C’de 5 dk muamele edildi ve sonra oda sıcaklığına soğuması beklendi. Sonrasında boyut küçültmek için rendelendi. Örnekler 1/2; örnek/su oran olarak ayarlandı ve ultrasonikasyon düşük frekans ön işlemi gerçekleştirildi. Daha sonra su banyosu kullanılarak ekstraksiyon yapıldı. Ekstraksiyon işleminden sonra örnekler filtre edilerek, saflaştırıldı. Saflaştırmada ilk olarak 50°C’de 30 dk kalsiyum hidroksit ile muamele edildi ve sonrasında filtrasyon yapıldı. Yükselen pH yı düşürmek için fosforik asit kullanıldı. pH 7 civarına düşürüldü. Sonrasında 60°C’de 2 saat tutularak süre bitiminde süzüldü. Evaporasyon işlemi yapılmış ve liyofilizasyonla kurutularak inülin lifi üretilmiştir [83, 84, 85].



Şekil 2.5. Yer elmasından inülin üretim akış şeması



Şekil 2.6. Yer elmasından inülin üretim görsel akış şeması

## 2.3. Analizler

### 2.3.1. Renk Analizi

Üretilmiş olan inülin lifi örneklerinin renk değerleri renk tayin cihazı ile tespit edilmiştir.  $L^*$  renk değeri (0: siyah, 100: beyaz),  $a^*$  renk değeri (+a:kırmızı, -a: yeşil),  $b^*$  renk değeri (+b: sarı, -b: mavi) şeklinde ifade edilmektedir [86].

### 2.3.2. Su Bağlama Analizi

Üretilmiş olan inülin lifinden 100 mg tartılarak falkon tüplere konulmuştur. Falkon tüpleri ile birlikte daraları hesaplandı. 10 ml su eklenerek homojen olması için 1 dk boyunca vortekslendi ve 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra 15 dk 5000 rpm'de santrifüj yapılmıştır. Sonrasında falkon tüpteki sıvı kısım alınmış ve kalan katı kısım ile falkon tüp tartılmıştır. Santrifüj sonrasında ölçülenden, hesaplanan ilk dara çıkarılmış ve su bağlama kapasitesi g olarak bulunmuştur [87].

X : falkon tüpü

Y : örnek miktarı

Z : santrifüj sonrası falkon tüp+katı kısım

Hesaplama ;

SB=  $[z - (x+y)] / y$  şeklindedir.

### 2.3.3. Yağ Bağlama Analizi

Üretilmiş olan inülin lifinden 100 mg tartılarak falkon tüplere konulmuştur. Falkon tüpleri ile birlikte daraları hesaplandı. 10 ml yağ eklenerek homojen olması için 1 dk boyunca vortekslendi ve 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra 15 dk 5000 rpm'de santrifüj yapılmıştır. Sonrasında falkon tüpteki sıvı kısım alınmış ve kalan katı kısım ile falkon tüp tartılmıştır. Santrifüj sonrasında ölçülenden, hesaplanan ilk dara çıkarılmış ve yağ bağlama kapasitesi g olarak bulunmuştur [88].

X: falkon tüpü

Y: örnek miktarı

Z: santrifüj sonrası falkon tüp+katı kısım

Hesaplama ;

YB=  $[z - (x+y)] / y$  şeklindedir.

### 2.3.4. Su Aktivitesi ( $a_w$ ) Analizi

Su aktivitesi değerleri ( $a_w$ ), 25 °C'de su aktivitesi cihazı (Aqualab, USA) kullanılarak tespit edilmiştir. Analiz, üç paralel yapıldı [89].

### 2.3.5. pH Analizi

pH analizi için inülin distile su ile çözündürülerek pH metre ile (ohaus, USA) ölçülerek okuma yapılmıştır[90].

### 2.3.6. Nem Analizi

İnülin örneklerinde % nem belirlemek için yapılmıştır. 1g örnek tartıldı, sabit tartıma getirilen ve darası alınan cam petrilere konuldu. Etüvde 105°C' de 3 saat bekletildi ve

içinde bulunan su miktarı uçuruldu. Daha sonra kurutulmuş örnekler desikatöre alındı ve soğutuldu. Petrideki soğutulan örnekler tartıldı ve içerisinde bulunan nem miktarı tespit edilmiştir. Hesaplama aşağıdaki gibi yapılmıştır [88].

A : başlangıçta tartılan örnek kütlesi

B : sabit tartıma gelen petri ağırlığı

C : kurutma sonrası petri + örnek ağırlığı

$$\% \text{ nem} = [(A+B-C) / A ] \times 100$$

### 2.3.7. Toplam Diyet Lifi Analizi

Toplam diyet lifi analizi AOAC 991.43 metodu ile Total Dietary Fiber Assay Kit kullanılarak yapılmıştır. Diyet lifi numunesinden 1g tartılarak shot şişeye konulmuştur. Üzerine 50 mL pH'sı 6 ya ayarlanmış fosfat tamponu eklenmiştir daha sonra 50 µL termo stabil α-amilaz eklenerek 95-100 °C'de 15 dk su banyosunda bekletildi ve 5 dakikada bir çalkalandı. Süre sonunda örnek alınarak soğumaya bırakılmıştır ve soğuyan örnekler daha sonra 0,275 N NaOH eklenerek pH'sı 7,5'e ayarlanmıştır. Üzerine 100 µL proteaz ilave edilerek 60 °C'de 30 dk su banyosunda çalkalanarak bekletilmiştir. Örnek su banyosundan alınarak soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örneğe 0,325 N HCl ilave ederek pH' sını 4,5'a ayarlanmıştır. 200 µL amyloglukosidaz eklendi ve 60 °C'de 30 dk su banyosunda çalkalanarak bekletilmiştir.

Süre sonunda şişe su banyosundan alınarak 60 °C'de 280 mL %95 (v/v)'lik etanol ilave edilerek oda sıcaklığında 1 saat bekletilmiştir. Süre sonunda lifler süzümüştür. Kalıntı üç kez 20 mL %78 (v/v) etanol ile, iki kez 10 mL %95 (v/v)'lik etanol ile ve iki kez 10 mL aseton ile yıkanmıştır. Etüvde 105 °C'de kurutulmuştur. Kül ve protein miktarı belirlenmiştir. Toplam diyet lifi miktarı, kuru örnek ağırlığından çıkarılarak belirlenmiştir [92, 93, 94].

#### 2.3.7.1. Protein Analizi

Protein miktarını belirlemek için Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır. Örnekler yakılarak, destilasyon işlemi ve titrasyon işlemi uygulanmıştır. Sonuç % azot miktarı olarak elde

edilmiştir. Örneklerin toplamda protein %'leri ise örnekteki azot miktarının % cinsinden 6.25 faktörüyle çarpılması ile tespit edilmiştir [5].

### 2.3.7.2. Kül Analizi

Analizde kullanılan porselen krozeler temizlenmiş, krutulmuş ve sabit tartıma getirilerek desikatöre yerleştirilmiştir. Porselen krozeler soğuduktan sonra tartılmıştır (M1). Kroze içine örnek tartıldı (M2), kül meydana gelene kadar kül fırınında 550°C'de yakma gerçekleştirilmiştir. Daha sonra krozeler desikatöre alınarak soğutulmuş ve tekrar tartımı yapılarak (M3) kül miktarı bulunmuştur [95].

$$\%Kül = [ (M3-M1) / (M2) ] \times 100$$

## 3. BÖLÜM

### BULGULAR

#### 3.1. Araştırma Modeli

Tez çalışmasında Taguchi dizayn L18 ( $3^3 2^1$ ) deney tasarımı kullanılmıştır. Diyet lifi üretiminde çeşitli faktör ve seviyeler belirlenmiştir. Bunlar şu şekildedir;

Örnek: Hindiba, Yer elması

Ön İşlem Sıcaklığı (°C): 30 °C, 45 °C, 60 °C,

Ön İşlem Süresi (dk): 10 dk, 20 dk, 30 dk,

Ekstraksiyon Süresi (dk): 60 dk, 90 dk, 120 dk.

Üretimi yapılan inülin örneklerinde; toplam diyet lifi,  $a_w$ , pH, su bağlama, renk, yağ bağlama ve nem analizleri yapılmış ve matematiksel modelde sinyal/gürültü oranları (S/N) tespit edilmiştir.

#### 3.2. Üretilen İnülin Örneklerinin $a_w$ Değeri Sonuçları

Üretimi yapılan inülinin  $a_w$  değerlerinin sonucu ve S/N oranları Tablo 3.1'de yer almaktadır. Tablo 3.1'de görüldüğü üzere farklı şartlarda gerçekleştirilen 18 üretim arasında, yer elması, 30°C ön işlem sıcaklığı, 20 dk ön işlem süresi ve 60 dk ekstraksiyon süresi ile en yüksek  $a_w$  değeri elde edilmiştir. Hindiba, 30°C ön işlemi, 10 dk ön işlem süresi ve 60 dk ekstraksiyon süresi ile en düşük  $a_w$  değeri elde edilmiştir.

Tablo 3.1. İnülin lifi örneklerinde  $a_w$  değerleri ve S/N oranlarının sonuçları

Deney no	Örnek	Ön işlem			$a_w$	S/N
		Sıcaklık (°C)	süresi (dk)	Ekstraksiyon süresi (dk)		
1	Hindiba	30	10	60	0,11±0,010	19,25
2	Hindiba	30	20	90	0,20±0,006	14,06
3	Hindiba	30	30	120	0,20±0,003	13,80
4	Hindiba	45	10	60	0,16±0,002	15,75
5	Hindiba	45	20	90	0,18±0,192	14,89
6	Hindiba	45	30	120	0,16±0,004	15,75
7	Hindiba	60	10	90	0,18±0,020	14,94
8	Hindiba	60	20	120	0,20±0,003	13,93
9	Hindiba	60	30	60	0,13±0,005	17,92
10	Yer elması	30	10	120	0,14±0,010	17,32
11	Yer elması	30	20	60	0,22±0,153	13,15
12	Yer elması	30	30	90	0,19±0,003	14,51
13	Yer elması	45	10	90	0,14±0,016	17,07
14	Yer elması	45	20	120	0,17±0,001	15,54
15	Yer elması	45	30	60	0,20±0,029	13,97
16	Yer elması	60	10	120	0,17±0,007	15,54
17	Yer elması	60	20	60	0,22±0,001	13,19
18	Yer elması	60	30	90	0,21±0,001	13,43

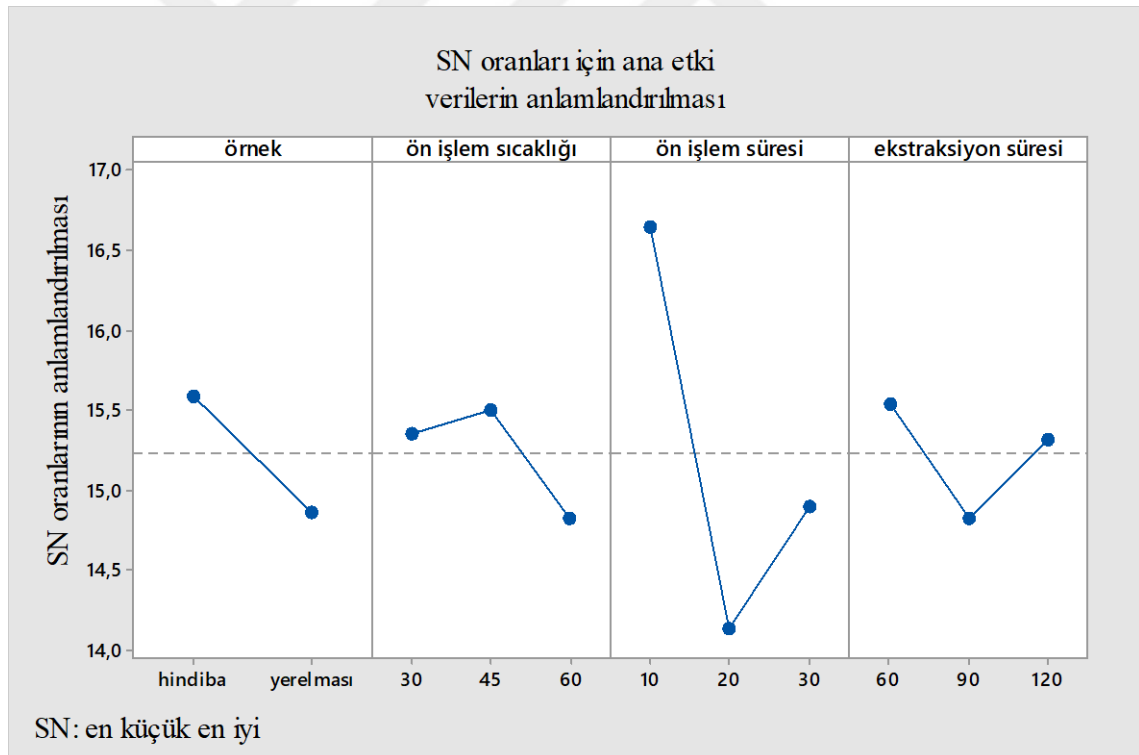
± standart sapma

Tablo 3.1'deki  $a_w$  verilerinin “en küçük değer, en iyi olandır” ilkesi ile Minitab paket programı ile analizi sonucu sinyal/gürültü oranı (SNR) değerleri Tablo 3.1'de ve Şekil 3.1'de verilmektedir.

Tablo 3.2. Taguchi L18 dizi tasarımında  $a_w$  değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi

Seviye	Örnek	Ön işlem sıcaklığı	Ön işlem süresi	Ekstraksiyon süresi
1	15,59	15,35	16,65	15,54
2	14,86	15,50	14,13	14,82
3		14,83	14,90	15,32
<b>Etki</b>	0,73	0,67	2,52	0,72
<b>Derece</b>	2	4	1	3

Üretimi yapılan inülin lifinde yapılan  $a_w$  analiz bulgularına göre SN oranları belirlenmiştir. Belirlenen SN oranlarına göre  $a_w$  için, ön işlem süresi, örnek, ekstraksiyon süresi, ön işlem sıcaklığı şeklinde sırasıyla etkili olan faktörler olarak etkilerine göre sıralanmıştır (Tablo 3.2.).



Şekil 3.1. Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin  $a_w$  değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği

Şekil 3.1'e göre hindiba, 45°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi, 60 dk ekstraksiyon süresi  $a_w$  değeri için en iyi üretim olarak belirlenmiştir.

### 3.3. Üretilen İnülin Örneklerinin $L^*$ Renk Değeri Sonuçları

$L^*$  değeri siyahlık ve beyazlık renk göstergesidir. Yapılan çalışmada inülinin  $L^*$  renk değerlerinin sonuçları ve S/N oranları Tablo 3.3.'de yer almaktadır. Tablo 3.3.'de görüldüğü üzere üretilen inülin lifinin en yüksek  $L^*$  renk değeri optimum değer kabul edilmiştir.  $L^*$  renk değeri 92.18 ile en yüksek, hindiba, 30°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi ve 60 dk ekstraksiyon süresi ile sağlanmıştır.  $L^*$  renk değeri 91.58 yer elması, 30°C ön işlem sıcaklığı, 30 dk ön işlem süresi ve 90 dk ekstraksiyon süresi ile ikinci en yüksek değer olmuştur.

Tablo 3.3. İnülin lifi örneklerinde  $L^*$  renk değerleri ve S/N oranlarının sonuçları

Deney no	Örnek	Ön işlem			$L^*$	S/N
		Sıcaklık (°C)	süresi (dk)	Ekstraksiyon süresi (dk)		
1	Hindiba	30	10	60	92,18±1,023	39,29
2	Hindiba	30	20	90	88,33±0,292	38,92
3	Hindiba	30	30	120	88,49±0,578	38,93
4	Hindiba	45	10	60	87,00±0,868	38,79
5	Hindiba	45	20	90	85,83±0,757	38,67
6	Hindiba	45	30	120	86,75±0,397	38,76
7	Hindiba	60	10	90	86,74±0,180	38,76
8	Hindiba	60	20	120	90,96±0,950	39,17
9	Hindiba	60	30	60	88,74±0,606	38,96
10	Yer elması	30	10	120	85,29±0,522	38,61
11	Yer elması	30	20	60	87,03±0,209	38,79
12	Yer elması	30	30	90	91,58±0,270	39,23
13	Yer elması	45	10	90	89,48±0,205	39,03
14	Yer elması	45	20	120	89,69±0,389	39,05
15	Yer elması	45	30	60	89,50±0,148	39,03
16	Yer elması	60	10	120	88,89±0,578	38,97
17	Yer elması	60	20	60	88,56±0,125	38,94
18	Yer elması	60	30	90	88,84±0,366	38,97

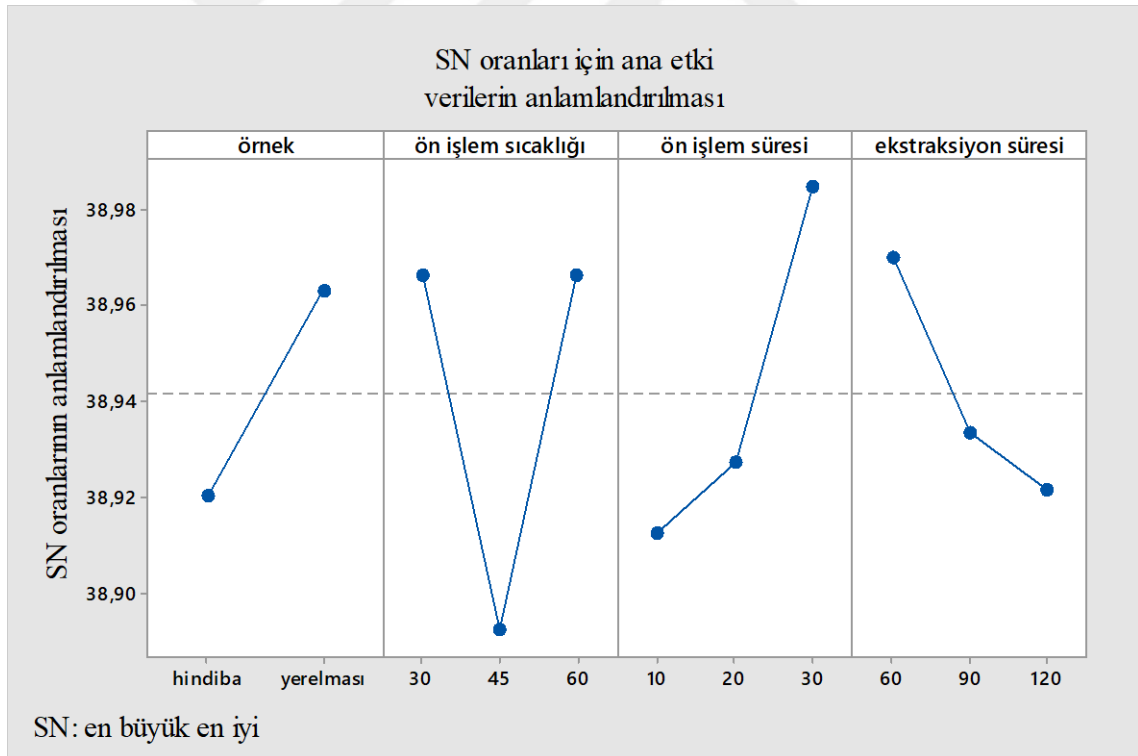
± standart sapma

Tablo 3.3.'de elde edilen  $L^*$  renk değerleri “en büyük değer, en iyi olandır” ilkesi ile Minitab paket programında analiz edilmesi sonucunda sinyal/gürültü oranı (SNR) değerleri Tablo 3.3'de ve Şekil 3.2'de verilmektedir.

Tablo 3.4. Taguchi L18 dizi tasarımında  $L^*$  renk değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi

Seviye	Örnek	Ön işlem sıcaklığı	Ön işlem süresi	Ekstraksiyon süresi
1	38,92	38,97	38,91	38,97
2	38,96	38,89	38,93	38,93
3		38,97	38,99	38,92
<b>Etki</b>	0,04	0,07	0,07	0,05
<b>Derece</b>	4	1	2	3

Tez çalışmasında elde edilen inülinin  $L^*$  renk değerlerine göre SN oranları belirlenmiştir. Belirlenmiş olan değerlere göre inülinin üretiminde  $L^*$  renk için, ön işlem sıcaklığı, ön işlem süresi, ekstraksiyon süresi, örnek şeklinde sırasıyla etkili olan faktörler olarak etkilerine göre sıralanmıştır (Tablo 3.4.).



Şekil 3.2. Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin  $L^*$  renk değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği

Şekil 3.2'ye bakıldığında  $L^*$  renk değerini sağlayan en iyi deney parametreleri; yer elması, 30°C ön işlem sıcaklığı, 30 dk ön işlem süresi, 60 dk ekstraksiyon süresi olarak görülmektedir.

### 3.4. Üretilen İnülin Örneklerinin $a^*$ Renk Değeri Sonuçları

Taguchi L18 ( $3^3 2^1$ ) dizi tasarım deneyi faktörleri ile tasarlanarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Üretimi gerçekleştirelen inülinin  $a^*$  (kırmızılık-yeşillik) renk değeri ve S/N oranı Tablo 3.5’de gösterilmiştir.  $a^*$  renk değerleri sonuçları 0.86 ile 3.25 arasında değişmektedir.

Tablo 3.5. İnülin lifi örneklerinde  $a^*$  renk değerleri ve S/N oranlarının sonuçları

Deney no	Örnek	Ön işlem			$a^*$	S/N
		Sıcaklık (°C)	süresi (dk)	Ekstraksiyo n süresi (dk)		
1	Hindiba	30	10	60	0,86±0,081	1,31
2	Hindiba	30	20	90	2,21±0,187	-6,88
3	Hindiba	30	30	120	2,45±0,075	-7,78
4	Hindiba	45	10	60	2,90±0,324	-9,24
5	Hindiba	45	20	90	3,25±0,304	-10,23
6	Hindiba	45	30	120	2,59±0,131	-8,26
7	Hindiba	60	10	90	3,22±0,036	-10,15
8	Hindiba	60	20	120	1,59±0,402	-4,02
9	Hindiba	60	30	60	2,54±0,239	-8,09
10	Yer elması	30	10	120	2,89±0,070	-9,21
11	Yer elması	30	20	60	2,60±0,005	-8,29
12	Yer elması	30	30	90	1,59±0,015	-4,02
13	Yer elması	45	10	90	2,27±0,026	-7,12
14	Yer elması	45	20	120	1,91±0,121	-5,62
15	Yer elması	45	30	60	2,19±0,066	-6,80
16	Yer elması	60	10	120	2,63±0,260	-8,39
17	Yer elması	60	20	60	2,78±0,085	-8,88
18	Yer elması	60	30	90	2,58±0,062	-8,23

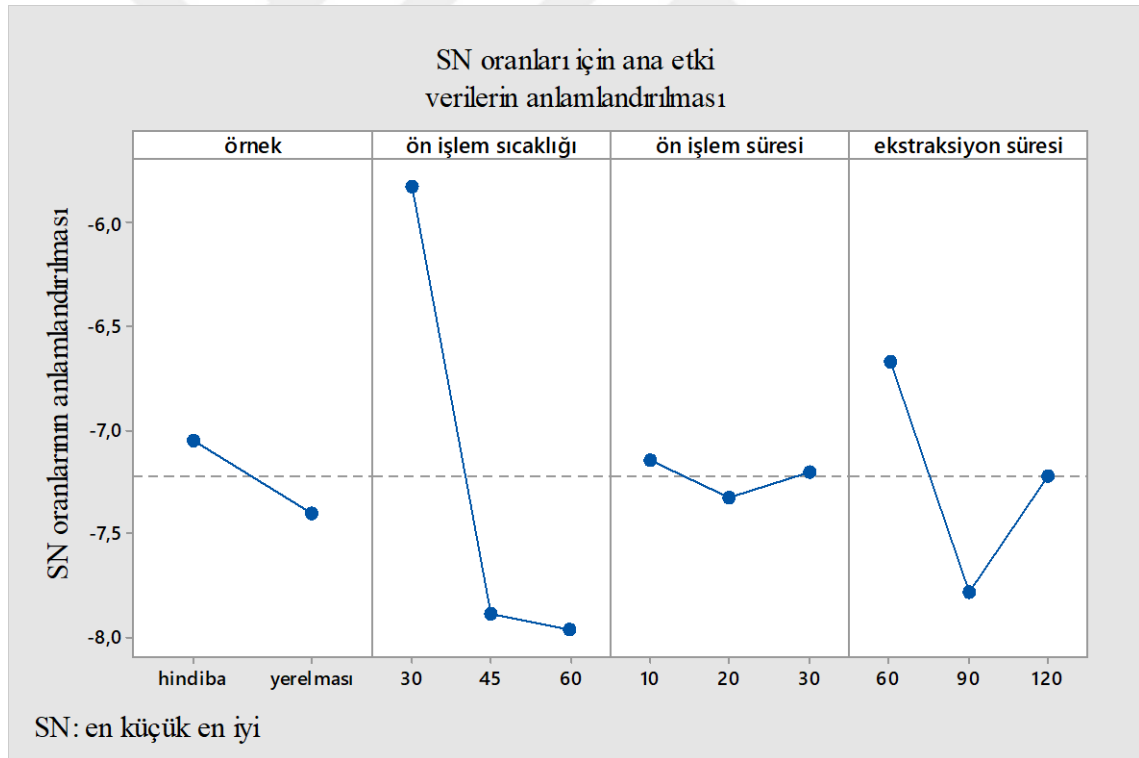
± standart sapma

Üretilen inülin örneklerinde  $a^*$  renk değerleri “en küçük değer, en iyi olandır” ilkesi ile Minitab paket programında analizi sonucunda sinyal/gürültü oranı (SNR) değerleri Tablo 3.5’de ve Şekil 3.3’de verilmektedir.

Tablo 3.6. Taguchi L18 dizi tasarımında  $a^*$  renk değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi

Seviye	Örnek	Ön işlem sıcaklığı	Ön işlem süresi	Ekstraksiyon süresi
1	-7,04	-5,81	-7,13	-6,67
2	-7,40	-7,88	-7,32	-7,77
3		-7,96	-7,20	-7,21
<b>Etki</b>	0,35	2,14	0,18	1,10
<b>Derece</b>	3	1	4	2

Üretilmiş olan inülin için yapılan  $a^*$  renk analizi bulguları ile belirlenen SN oranlarına göre  $a^*$  renk için, ön işlem sıcaklığı, ekstraksiyon süresi, örnek, ön işlem süresi şeklinde sırasıyla etkili olan faktörler olarak etkilerine göre sıralanmıştır (Tablo 3.6.).



Şekil 3.3. Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin  $a^*$  renk değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği

Şekil 3.3'e göre hindiba, 30°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi, 60 dk ekstraksiyon süresi  $a^*$  renk değeri için en iyi üretim olarak görülmektedir.

### 3.5. Üretilen İnülin Örneklerinin $b^*$ Renk Değeri Sonuçları

Bu tez kapsamında optimum  $b^*$  renk değeri koşulları, Taguchi L18 ( $3^3 2^1$ ) dizi tasarım deneyi faktörleri ile tasarlanarak belirlenmiştir. İnülin lifi örneklerinin  $b^*$  renk değerleri 11.63 ile 23.49 aralığında bulunmuştur. Tez çalışmasında kullanılan hindiba bitki kökü örneği ile üretimi yapılan inülinde en iyi  $b^*$  değeri 15,83 olarak bulunmuştur. Tablo 3.7'ye genel olarak bakılacak olursa en iyi  $b^*$  değeri 11.63 ile; yer elması, 45°C ön işlem sıcaklığı, 20 dk ön işlem süresi ve 120 dk ekstraksiyon süresini sağlayan üretim ile bulunmuştur.

Tablo 3.7. İnülin lifi örneklerinde  $b^*$  renk değerleri ve S/N oranlarının sonuçları

Deney no	Örnek	Ön işlem		Ekstraksiyon		$b^*$	S/N
		Sıcaklık (°C)	süresi (dk)	süresi (dk)			
1	Hindiba	30	10	60	15,83±1,216	-23,98	
2	Hindiba	30	20	90	18,18±1,094	-25,19	
3	Hindiba	30	30	120	19,49±0,774	-25,79	
4	Hindiba	45	10	60	21,00±0,702	-26,44	
5	Hindiba	45	20	90	19,99±0,904	-26,01	
6	Hindiba	45	30	120	22,85±0,392	-27,17	
7	Hindiba	60	10	90	23,49±0,465	-27,41	
8	Hindiba	60	20	120	19,66±0,664	-25,87	
9	Hindiba	60	30	60	20,55±1,179	-26,25	
10	Yer elması	30	10	120	14,08±0,386	-22,97	
11	Yer elması	30	20	60	15,16±0,211	-23,61	
12	Yer elması	30	30	90	11,98±0,976	-21,56	
13	Yer elması	45	10	90	11,79±0,121	-21,43	
14	Yer elması	45	20	120	11,63±0,130	-21,31	
15	Yer elması	45	30	60	12,55±0,532	-21,97	
16	Yer elması	60	10	120	12,79±0,499	-22,13	
17	Yer elması	60	20	60	13,06±0,086	-22,31	
18	Yer elması	60	30	90	12,56±0,473	-21,97	

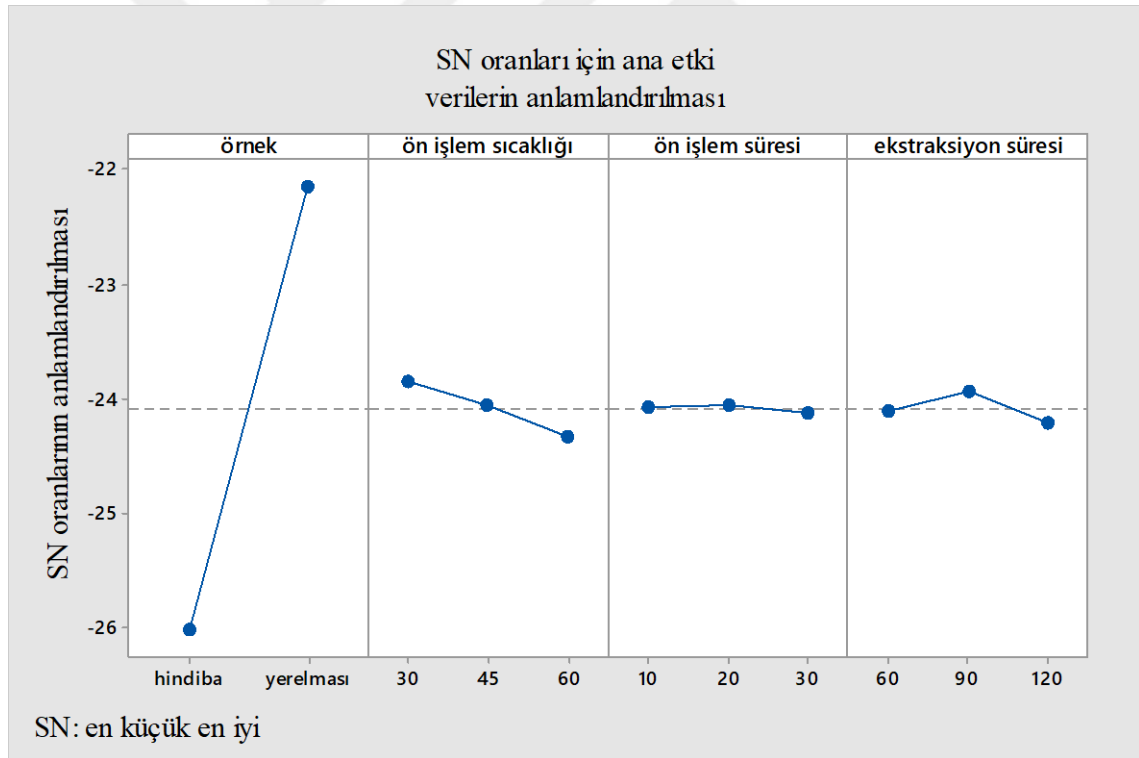
± standart sapma

İNülin örneklerinde  $b^*$  renk değerleri “en küçük değer, en iyi olandır” ilkesi ile Minitab paket programında analizi sonucunda sinyal/gürültü oranı (SNR) değerleri Tablo 3.7.'de ve Şekil 3.8'de verilmektedir.

Tablo 3.8. Taguchi L18 dizi tasarımında  $b^*$  renk değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi

Seviye	Örnek	Ön işlem sıcaklığı	Ön işlem süresi	Ekstraksiyon süresi
1	-26,02	-23,86	-24,07	-24,10
2	-22,15	-24,06	-24,05	-23,93
3		-24,33	-24,13	-24,21
<b>Etki</b>	3,87	0,47	0,07	0,28
<b>Derece</b>	1	2	4	3

Üretimi yapılan inülin lifinin  $b^*$  renk bulguları ile belirlenen SN oranlarına göre  $b^*$  renk için, örnek, ön işlem sıcaklığı, ekstraksiyon süresi, ön işlem süresi şeklinde sırasıyla etkili olan faktörler olarak etkilerine göre sıralanmıştır (Tablo 3.8.).



Şekil 3.4. Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin  $b^*$  renk değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği

Şekil 3.4'e bakıldığında yer elması, 30°C ön işlem sıcaklığı, 20 dk ön işlem süresi, 90 dk ekstraksiyon süresi  $b^*$  renk değeri için en iyi üretim olarak görülmektedir.

### 3.6. Üretilen İnülin Örneklerinin pH Değeri Sonuçları

Üretimi yapılan inülinin pH değerlerine bakıldığında en yüksek pH değeri 6,66 ve en düşük pH değeri ise 5,63 bulunmuştur.

Tablo 3.9. İnülin lifi örneklerinde pH değeri sonuçları

Deney no	Örnek	Sıcaklık (°C)	Ön işlem süresi (dk)	Ekstraksiyon süresi (dk)	pH
1	Hindiba	30	10	60	6,43±0,042
2	Hindiba	30	20	90	6,50±0,070
3	Hindiba	30	30	120	6,05±0,077
4	Hindiba	45	10	60	6,38±0,077
5	Hindiba	45	20	90	6,37±0,035
6	Hindiba	45	30	120	6,40±0,000
7	Hindiba	60	10	90	5,63±0,056
8	Hindiba	60	20	120	5,84±0,042
9	Hindiba	60	30	60	6,00±0,042
10	Yer elması	30	10	120	6,52±0,007
11	Yer elması	30	20	60	6,51±0,007
12	Yer elması	30	30	90	6,47±0,091
13	Yer elması	45	10	90	6,66±0,042
14	Yer elması	45	20	120	6,34±0,014
15	Yer elması	45	30	60	6,32±0,014
16	Yer elması	60	10	120	6,32±0,134
17	Yer elması	60	20	60	6,46±0,000
18	Yer elması	60	30	90	6,48±0,000

± standart sapma

### 3.7. Üretilen İnülin Örneklerinin (%) Nem Değeri Sonuçları

İnülin örneklerinin nem değerleri için en yüksek değer %5.76 ve en düşük değer ise %1.46 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen inülinin % nem değerleri ve S/N oranı Tablo 3.10'da gösterilmiştir.

Tablo 3.10. İnülin lifi örneklerinde % nem değerleri ve S/N oranlarının sonuçları

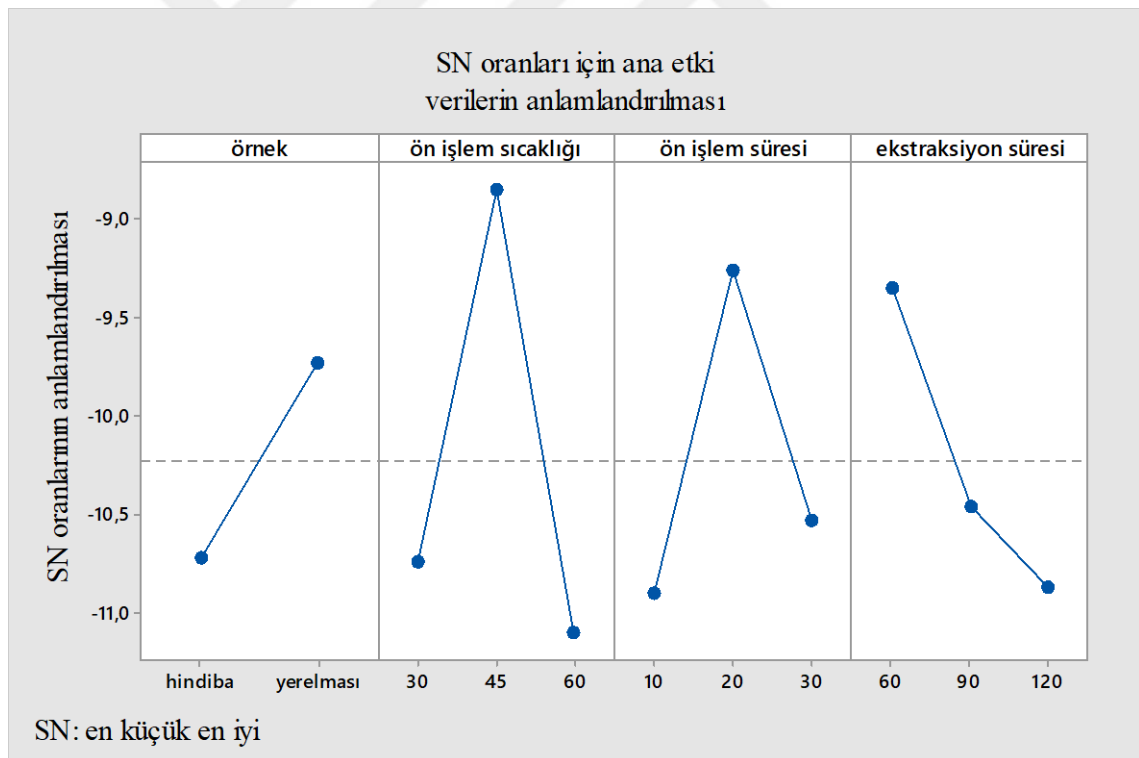
Deney no	Örnek	Ön işlem			Nem (%)	S/N
		Sıcaklık (°C)	süresi (dk)	Ekstraksiyon süresi (dk)		
1	Hindiba	30	10	60	2,42	-7,67
2	Hindiba	30	20	90	3,22	-10,15
3	Hindiba	30	30	120	5,57	-14,91
4	Hindiba	45	10	60	4,23	-12,52
5	Hindiba	45	20	90	2,75	-8,78
6	Hindiba	45	30	120	4,39	-12,84
7	Hindiba	60	10	90	3,97	-11,97
8	Hindiba	60	20	120	3,36	-10,52
9	Hindiba	60	30	60	2,27	-7,12
10	Yer elması	30	10	120	2,65	-8,46
11	Yer elması	30	20	60	4,11	-12,27
12	Yer elması	30	30	90	3,52	-10,93
13	Yer elması	45	10	90	3,01	-9,57
14	Yer elması	45	20	120	1,46	-3,28
15	Yer elması	45	30	60	2,00	-6,02
16	Yer elması	60	10	120	5,76	-15,20
17	Yer elması	60	20	60	3,34	-10,47
18	Yer elması	60	30	90	3,69	-11,34

Üretimi yapılan inülinin % nem değerleri “en küçük değer, en iyi olandır” ilkesi kullanılarak Minitab paket programı ile analizi sonucu sinyal/gürültü oranı (SNR) değerleri Tablo 3.10'da ve Şekil 3.5'de verilmektedir.

Tablo 3.11. Taguchi L18 dizi tasarımında % nem değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi

Seviye	Örnek	Ön işlem sıcaklığı	Ön işlem süresi	Ekstraksiyon süresi
1	-10,72	-10,73	-10,90	-9,34
2	-9,73	-8,84	-9,25	-10,46
3		-11,10	-10,53	-10,87
<b>Etki</b>	0,99	2,26	1,65	1,52
<b>Derece</b>	4	1	2	3

Üretilen inülinin % nem değerleri ile belirlenmiş SN oranlarına göre nem için, ön işlem sıcaklığı, ön işlem süresi, ekstraksiyon süresi, örnek şeklinde sırasıyla etkili olan faktörler olarak etkilerine göre sıralanmıştır (Tablo 3.11.).



Şekil 3.5. Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin % nem değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği

Şekil 3.5'e göre yer elması, 45°C ön işlem sıcaklığı, 20 dk ön işlem süresi, 60 dk ekstraksiyon süresi %nem değeri için en iyi üretim olarak görülmektedir.

### 3.8. Üretilen İnülin Örneklerinin Su Bağlama Değeri Sonuçları

Taguchi L18 (3<sup>3</sup> 2<sup>1</sup>) dizi tasarım modeli kullanılarak deneyler oluşturulmuştur. İnülin su bağlama değerleri incelenmiş ve su bağlama değerleri 0.13 g/g ile 0.77 g/g aralığında tespit edilmiştir. Su bağlamanın en düşük yer elması, 45°C ön işlem sıcaklığı, 30 dk ön işlem süresi ve 60 dk ekstraksiyon süresinde bulunurken en yüksek su bağlama; hindiba, 30°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi ve 60 dk ekstraksiyon süresinde bulunmuştur. İnülinin su bağlama değerleri ve S/N oranları Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12. İnülin lifi örneklerinde su bağlama değerleri ve S/N oranlarının sonuçları

Deney no	Örnek	Ön işlem			Su Bağlama(g/g)	S/N
		Sıcaklık (°C)	süresi (dk)	Ekstraksiyon süresi (dk)		
1	Hindiba	30	10	60	0,77±0,282	-2,27
2	Hindiba	30	20	90	0,22±0,251	-13,15
3	Hindiba	30	30	120	0,64±0,077	-3,87
4	Hindiba	45	10	60	0,42±0,028	-7,53
5	Hindiba	45	20	90	0,27±0,027	-11,37
6	Hindiba	45	30	120	0,17±0,233	-15,39
7	Hindiba	60	10	90	0,23±0,169	-12,76
8	Hindiba	60	20	120	0,27±0,134	-11,37
9	Hindiba	60	30	60	0,52±0,339	-5,67
10	Yer elması	30	10	120	0,16±0,093	-15,91
11	Yer elması	30	20	60	0,14±0,078	-17,07
12	Yer elması	30	30	90	0,46±0,084	-6,74
13	Yer elması	45	10	90	0,41±0,056	-7,74
14	Yer elması	45	20	120	0,24±0,056	-12,39
15	Yer elması	45	30	60	0,13±0,069	-17,72
16	Yer elması	60	10	120	0,44±0,056	-7,13
17	Yer elması	60	20	60	0,19±0,113	-14,42
18	Yer elması	60	30	90	0,32±0,337	-9,89

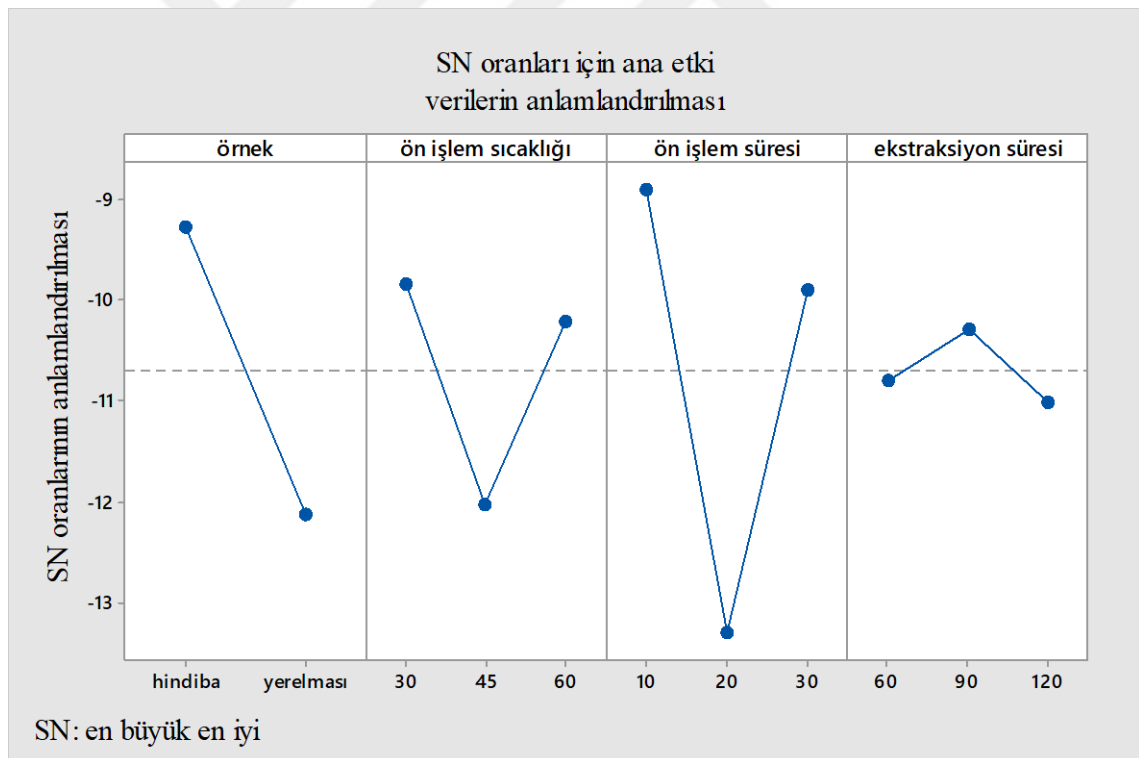
± standart sapma

İNülin lifinin su bağlama sonuçları için “en büyük değer, en iyi olandır” ilkesi kullanarak Minitab paket programı ile analizi sonucu sinyal/gürültü oranı (SNR) değerleri Tablo 3.12’de ve Şekil 3.6’da verilmektedir.

Tablo 3.13. Taguchi L18 dizi tasarımında su bağlama değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi

Seviye	Örnek	Ön işlem sıcaklığı	Ön işlem süresi	Ekstraksiyon süresi
1	-9,26	-9,84	-8,89	-10,78
2	-12,11	-12,02	-13,29	-10,27
3		-10,21	-9,88	-11,01
<b>Etki</b>	2,84	2,18	4,40	0,73
<b>Derece</b>	2	3	1	4

İnülin lifi su bağlama bulguları ile SN oranları tespit edilerek inülin üretiminde su bağlama için, ön işlem süresi, örnek, ön işlem sıcaklığı, ekstraksiyon süresi şeklinde sırasıyla etkili olan faktörler olarak etkilerine göre sıralanmıştır (Tablo 3.13.).



Şekil 3.6. Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin su bağlama değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği

Şekil 3.6'ya göre hindiba, 30°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi, 90 dk ekstraksiyon süresi su bağlama değeri için en iyi üretim olarak görülmektedir.

### 3.9. Üretilen İnülin Örneklerinin Yağ Bağlama Değeri Sonuçları

Yağ bağlama analizinin Taguchi matematiksel model ile oluşturulan deneylere bağlı olarak 2.02 g/g ile 4.03 g/g aralığında değerler almıştır. Hindiba bitki kökü ve yer elmasından gerçekleştirilen üretim ile hindiba bitki kökü için en yüksek yağ bağlama değeri 4,03 g/g iken, yer elması örnekleri için ise 3,14 g/g olarak tespit edilmiştir. İnülin lifinin yağ bağlama değerlerine göre S/N oranları Tablo 3.14’de verilmiştir.

Tablo 3.14. İnülin lifi örneklerinde yağ bağlama değerleri ve S/N oranlarının sonuçları

Deney no	Örnek	Ön işlem			Yağ Bağlama (g/g)	S/N
		Sıcaklık (°C)	süresi (dk)	Ekstraksiyon süresi (dk)		
1	Hindiba	30	10	60	4,03±0,061	12,10
2	Hindiba	30	20	90	2,10±0,282	6,44
3	Hindiba	30	30	120	3,08±0,113	9,77
4	Hindiba	45	10	60	3,09±0,121	9,79
5	Hindiba	45	20	90	2,42±0,304	7,67
6	Hindiba	45	30	120	2,59±0,127	8,26
7	Hindiba	60	10	90	2,38±0,077	7,53
8	Hindiba	60	20	120	3,15±0,247	9,96
9	Hindiba	60	30	60	3,08±0,162	9,77
10	Yer elması	30	10	120	2,50±0,197	7,95
11	Yer elması	30	20	60	2,64±0,268	8,43
12	Yer elması	30	30	90	2,48±0,148	7,88
13	Yer elması	45	10	90	2,58±0,403	8,23
14	Yer elması	45	20	120	2,19±0,197	6,80
15	Yer elması	45	30	60	2,24±0,268	7,00
16	Yer elması	60	10	120	3,14±0,007	9,93
17	Yer elması	60	20	60	2,02±0,028	6,10
18	Yer elması	60	30	90	2,03±0,000	6,14

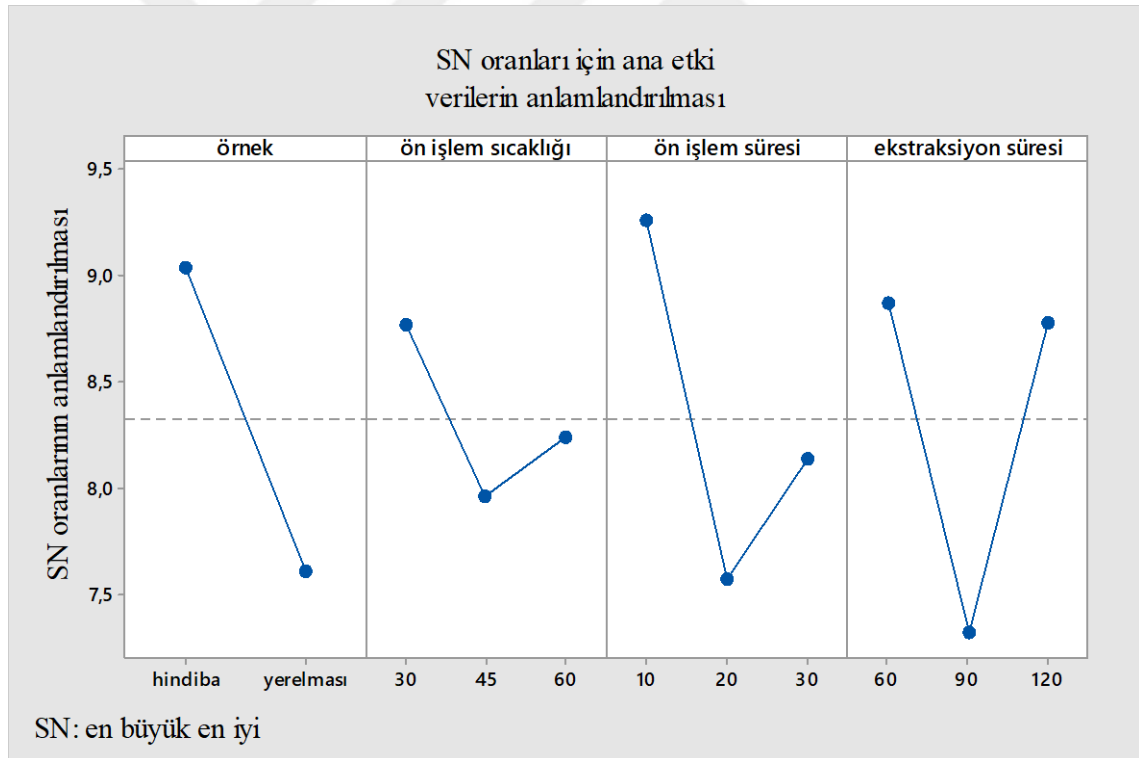
± standart sapma

İnülin lifinin yağ bağlama değerleri sonuçları “en büyük değer, en iyi olandır” ilkesi kullanılarak Minitab paket programı ile analizi sonucu sinyal/gürültü oranı (SNR) değerleri Tablo 3.14’de ve Şekil 3.7’de verilmektedir.

Tablo 3.15. Taguchi L18 dizi tasarımında yağ bağlama değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi

Seviye	Örnek	Ön işlem sıcaklığı	Ön işlem süresi	Ekstraksiyon süresi
1	9,03	8,76	9,26	8,88
2	7,61	7,96	7,57	7,32
3		8,24	8,14	8,78
<b>Etki</b>	1,42	0,80	1,68	1,54
<b>Derece</b>	3	4	1	2

İnülin lifi yağ bağlama değeri ile SN oranları tespit edilerek inülin üretiminde yağ bağlama için, sırasıyla ön işlem süresi, ekstraksiyon süresi, örnek, ön işlem sıcaklığı şeklinde sırasıyla etkili olan faktörler olarak etkilerine göre sıralanmıştır (Tablo 3.15.).



Şekil 3.7. Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin yağ bağlama değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği

3.7'e göre hindiba, 30°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi, 60 dk ekstraksiyon süresi yağ bağlama değeri için en iyi üretim olarak görülmektedir.

### 3.10. Üretilen İnülin Örneklerinin Toplam Diyet Lifi Değeri Sonuçları

Taguchi L18 (3<sup>3</sup> 2<sup>1</sup>) matematiksel modeli ile üretimi yapılan inülinin toplam diyet lif bulguları ve S/N oranları Tablo 3.16’da görülmektedir. İnülin lifinin toplam diyet lifi 79.83 g/100g ile 90.09 g/100g aralığında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek toplam diyet lifi değeri; hindiba, 45 °C ön işlem sıcaklığı, 20 dk ön işlem süresi, 90 dk ekstraksiyon süresi olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.16. İnülin lifi örneklerinde toplam diyet lifi değerleri ve S/N oranlarının sonuçları

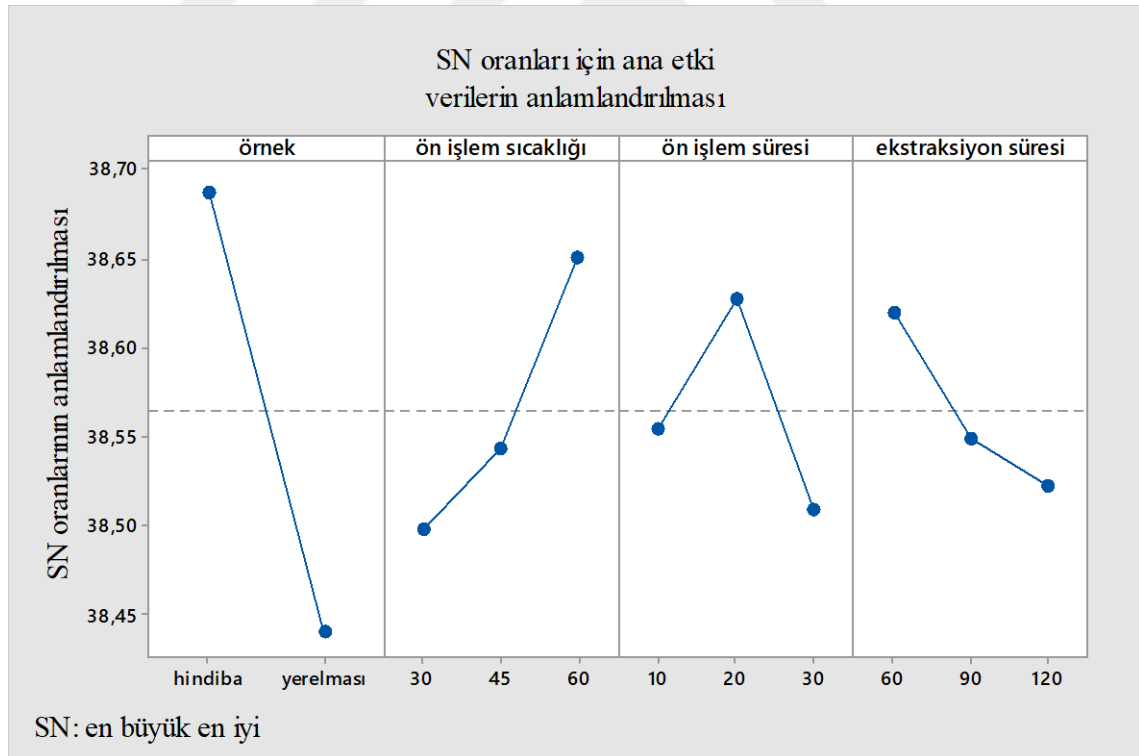
Deney no	Örnek	Sıcaklık (°C)	Ön işlem süresi (dk)	Ekstraksiyon süresi (dk)	TDF (g/100g)	S/N
1	Hindiba	30	10	60	87,62	38,85
2	Hindiba	30	20	90	83,90	38,47
3	Hindiba	30	30	120	79,83	38,04
4	Hindiba	45	10	60	83,81	38,46
5	Hindiba	45	20	90	90,09	39,09
6	Hindiba	45	30	120	86,60	38,75
7	Hindiba	60	10	90	85,64	38,65
8	Hindiba	60	20	120	86,82	38,77
9	Hindiba	60	30	60	89,93	39,07
10	Yer elması	30	10	120	86,03	38,69
11	Yer elması	30	20	60	84,78	38,56
12	Yer elması	30	30	90	82,76	38,35
13	Yer elması	45	10	90	81,37	38,20
14	Yer elması	45	20	120	83,40	38,42
15	Yer elması	45	30	60	82,43	38,32
16	Yer elması	60	10	120	83,71	38,45
17	Yer elması	60	20	60	83,53	38,43
18	Yer elması	60	30	90	84,20	38,50

Tablo 3.16’da ve Şekil 3.8’de inülin lifinin toplam diyet lifi değerleri “en büyük değer, en iyi olandır” ilkesi ile Minitab paket programı ile analizi sonucu sinyal/gürültü oranı (SNR) değerleri verilmektedir.

Tablo 3.17. Taguchi L18 dizi tasarımında toplam diyet lifi değerleri için S/N oranına göre faktörlerin etkisi

Seviye	Örnek	Ön işlem sıcaklığı	Ön işlem süresi	Ekstraksiyon süresi
1	38,69	38,50	38,55	38,62
2	38,44	38,54	38,63	38,55
3		38,65	38,51	38,52
<b>Etki</b>	0,25	0,15	0,12	0,10
<b>Derece</b>	1	2	3	4

Üretimi gerçekleştirilen inülin lifinde toplam diyet lifi değerleri ile belirlenmiş SN oranlarına göre toplam diyet lifi için, örnek, ön işlem sıcaklığı, ön işlem süresi, ekstraksiyon süresi şeklinde sırasıyla etkili olan faktörler olarak etkilerine göre sıralanmıştır (Tablo 3.17.).



Şekil 3.8. Taguchi L18 dizi tasarımında örneklerin toplam diyet lifi değerlerinin SN oranına göre sonuç grafiği

Şekil 3.8'e göre hindiba, 60°C ön işlem sıcaklığı, 20 dk ön işlem süresi, 60 dk ekstraksiyon süresi toplam diyet lifi değeri için en iyi üretim olarak görülmektedir.

## 4. BÖLÜM

### TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

#### 4.1. Tartışma ve Sonuç

Yapılan tezde en yüksek inülin içeriğine sahip olan hindiba bitki kökü (%15-20) ve yer elması (%14-19) hammadde olarak kullanılmıştır. Yer elması Kayseri’de bulunan marketlerden temin edilirken, hindiba ise Kayseri’nin Hacılar ilçesinden toplanmıştır.

Taguchi matematiksel modeli ile inülin üretimindeki farklı faktör ve seviyelerle deneyler belirlenmiştir. Faktörler örnek, ön işlem sıcaklığı, ön işlem süresi ve ekstraksiyon süresidir. Faktörler için farklı seviyeler kullanılmış ve bu faktörlerin sevipleri ise; örnek hindiba ve yer elması, ön işlem sıcaklığı 30°C, 45°C, 60°C, ön işlem süresi 10dk, 20dk, 30dk, ekstraksiyon süresi 60dk, 90dk, 120dk şeklindedir. Oluşturulan deneylerde ultrasonikasyon ön işlemi, ekstraksiyon, filtrasyon, saflaştırma ve kurutma aşamaları uygulanmış ve elde edilen inüline fizikokimyasal ve teknolojik analizler yapılarak optimum koşullar belirlenmiştir. İnülin lifinine su bağlama,  $a_w$ , nem, toplam diyet lif renk ve yağ bağlama ve analizleri yapılmış ve bulgular ticari olarak üretilen inülin ile ve literatürde bulunan çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Üretimi yapılan inülin lif örneklerinde su bağlama değerleri 0.13 g/g ile 0.77 g/g aralığında değiştiği gözlenmiştir. Yapılan çalışma kapsamında kullanılan düşük frekans ultrasound uygulamasında, 45°C’lik ön sıcaklığı, 30 dk ön işlem süresi ve 60 dk ekstraksiyon süresinde yer elmasından elde edilen inülin lif örneklerinde su bağlama için en düşük değer gözlenmiştir. En yüksek değer ise; hindiba materyalinde, 30°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi, 60 dk ekstraksiyon süresinde yapılan uygulamadan elde edilen lif örneklerinde tespit edilmiştir.

Literatüre bakıldığında yer elmasından elde edilen inülin örneklerinde su bağlama değerleri 0.058-0.720 g/g arasında olduğu bildirilmiştir [84]. Başka bir çalışmada ise bu

değer 0.80-1.21 g/g aralığında olduğu vurgulanmıştır [96]. Ticari inülin lifi için su bağlama 0.14 g/g ile 0.55 g/g değerleri aralığında belirlenmiştir. Diyet gıda liflerinin ürün teknolojik özelliklerini iyileştirmesinden dolayı diyet gıda liflerinin su bağlama kapasitelerinin yüksek olması beklenir. Tez çalışmasında elde edilen inülin örneklerinde su bağlama değeri literatürle ve ticari inülin lifi ile uyumlu bulunmuştur.

Elde edilen inülin örneklerinde yağ bağlama değerlerinin 2.02 g/g ile 4.03 g/g aralığında tespit edilmiştir. En düşük yağ bağlama değerine sahip üretim parametreleri; yer elması hammaddesinden, 60°C ön işlem sıcaklığı, 20 dk ön işlem süresi, 60 dk ekstraksiyon süresinde gözlenirken, yağ bağlama değerinin en yüksek olduğu üretim ise; hindiba materyalinde, 30°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi ve 60 dk ekstraksiyon süresinde belirlenmiştir.

Bulgularımız literatür ile karşılaştırıldığında; belirtilen çalışmalarda yağ bağlama değeri 6.1 [97], 1.3-2.2 [98], 1.43-2.03 [99], 3.9 [100], 3.55-4.18 [101] g/g olarak bildirilmiştir. Ticari üretilen inülin lifinin yağ bağlama değerleri 4.77 g/g ile 6.04 g/g arasındadır. Buna göre elde edilen örneklerimizdeki yağ bağlama değerleri literatüre göre uyumlu bulunurken, ticari inülin lifine bakıldığında ise biraz daha düşük bulunmuştur. Yağ bağlama özelliği et ürünlerinde gıdaların pişirilmesi sırasında kaybolan yağın tutulmasını sağlamaktadır. Böylece tat kaybının önlenmesi ve gıdanın teknolojik açıdan veriminin artırılmasına katkı sağlamaktadır.

Üretimi gerçekleşen inülinin toplam diyet lifi miktarları 79.83 g/100g ile 90.09 g/100g aralığında bulunmuştur. Toplam diyet lif değeri en düşük hindiba materyalinden elde edilen ve ön işlem sıcaklığı 30°C, ön işlem süresi 30 dk, ekstraksiyon süresi ise 120 dk şeklinde belirlenmiş iken en yüksek değeri ise; hindiba materyalinde, ön işlem sıcaklığı 45°C, ön işlem süresi 20 dk ve ekstraksiyon süresi 90 dk uygulamalarında tespit edilmiştir.

Literatürde toplam diyet lifi miktarları 89.47-90.97 g/100g [102] aralığında vurgulanmaktadır. Ticari üretilen inülinin toplam diyet lifi içeriği 93.47 g/100g ile 94.22 g/100g olarak bulunmuştur. İnülin lifi için toplam diyet lifi değeri literatüre ve ticari olarak üretilen inülin lifine yakın bulunmuştur. Üretilen inülin liflerinin bulgularına bakıldığı zaman hindiba kökünden üretilen inülinin toplam diyet lifi miktarı yer elmasından üretilen inüline göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Üretilen inülin lifinin nem değerlerinin %1.46 ile %5.76 aralığında belirlenmiştir. Nem değerinin en düşük olduğu faktör ve seviyeler; yer elması materyali, 45°C ön işlem sıcaklığı, 20 dk ön işlem süresi ve 120 dk ekstraksiyon süresi iken nem değerinin en yüksek olduğu faktör ve seviyeler; yer elması materyalin, 60°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi ve 120 dk ekstraksiyon süresi olarak belirlenmiştir.

Literatüre bakıldığında inülin lifi örneklerinde nem içeriği %4.76-6.73 [84], yapılan bir çalışmada yer elmasından üretilen inülin lifinin nem içeriği %5.05-5.89 [102] aralığında birbirilirken başka bir çalışmada yer elmasından üretilen inülin lifinin nem içeriğine bakıldığında %6.56-7.48 [103] aralıklarında olduğu bildirilmiştir. Ticari inülin lifi nem değeri ise %4.34 ile %6.29 arasında tespit edilmiştir. Literatürde belirtilen ve ticari olarak üretilen inülinin nem verilerine göre üretimi yapılan inülin lifinin değerlerinin düşük olduğu görülmüştür. Dolayısıyla toz inülin örneklerinde nem içeriğinin düşük bulunması inülinin raf ömrünün daha iyi olacağı ve kalitesinin korunacağı söylenebilir.

Çalışmada üretimi yapılan inülin lifinin  $L^*$  renk değerleri 85.29 ile 92.18 aralığında olduğu bulunmuştur. Yapılan çalışmada  $L^*$  renk değeri için 30°C ön işlem sıcaklığında, 10 dk ön işlem süresinde, 120 dk ekstraksiyon süresinde ve yer elmasından üretimi gerçekleşen inülin lifinin en düşük değeri gösterirken en yüksek değer ise; hindiba materyalinden, 30°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi ve 60 dk ekstraksiyon süresi şeklinde bulunmuştur.  $L^*$  renk değeri için ekstraksiyon süresi etkilidir. Ekstraksiyon süresi arttıkça  $L^*$  renk değeri düşmektedir.

Literatürde inülinin  $L^*$  renk değeri 92.56 [102] olarak ve bir diğer çalışmada ise 77.29-89.61 [103] aralıklarında olduğu vurgulanmıştır. Ticari inülin lifi bulguları ise 98.33 ile 99.38 arasında belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda üretilen inülin lifinin  $L^*$  renk değerleri literatüre uyumlu bunun yanı sıra literatüre göre yüksek bulunan değerlerde vardır. Elde edilen inülin lifi bulgularının ticari olarak üretilen inülin lifi  $L^*$  renk değeri bulgularından düşük olduğu tespit edilmiştir.

Üretilen inülin liflerinin  $a^*$  renkleri 0.86 ile 3.25 değerleri arasında değişmektedir. Üretilen liflerden  $a^*$  renk değerine bakıldığında en düşük üretim parametreleri; hindiba materyali, 30°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi ve 60 dk ekstraksiyon süresi olurken en yüksek değeri hindiba materyali, 45°C ön işlem sıcaklığı, 20 dk ön işlem süresi, 90 dk ekstraksiyon süresi şeklinde bulunmuştur.

Literatüre bakıldığı zaman  $a^*$  renk değeri -0.87 [102], -0.60(-1.32) [103] olarak bildirilmiştir. Ticari inülin lifi  $a^*$  renk değeri ise 0.13 ile 0.17 arasında değişmektedir. Üretilen inülin lifinin  $a^*$  renk değeri literatür verilerine ve ticari inüline göre yüksek çıkmıştır.  $a^*$  renk değerinin yüksek çıkması kırmızılık değerini yükseltmektedir.

Inülin örneklerinin  $b^*$  renk değerleri 11.63 ile 23.49 aralığında değişmektedir.  $b^*$  renk değerine bakıldığında en düşük değeri; yer elması materyalinin, 45°C ön işlem sıcaklığı, 20 dk ön işlem süresi ve 120 dk ekstraksiyon süresi sağlarken, en yüksek değerin sağlandığı üretim ise; hindiba materyalinde, 60°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi, 90 dk ekstraksiyon süresi şeklinde bulunmuştur.

Literatüre bakıldığı zaman  $b^*$  renk değeri 9.10-12.46 [103] aralığında tespit edilmiştir. Ticari üretilen inülinin  $b^*$  renk değeri sonuçları 0.67 ile 1.54 arasında değişmektedir. Literatüre göre üretilen inülinin  $b^*$  renk değeri bulgularının bazı değerleri uyumlu bazılarının ise yüksek olduğu bulunmuştur. Ticari inüline bakıldığında ise üretilen inülin lifi örneklerinin  $b^*$  renk değeri daha yüksek bulunmuştur.

pH değerleri üretilen inülinlerde 5.63 ile 6.66 aralığında gözlemlenmiştir. Literatürde inülinin pH değeri 5-7 [102, 104] arasında olduğu görülmektedir. Ticari inülinin pH değeri ise 5.98 ile 6.12 aralığında bulunmuştur. Üretimi gerçekleştirilen inülinin pH değeri literatüre ve ticari inüline uyumlu bulunmuştur.

Yapılan çalışmada  $a_w$  değerine bakıldığında 0.11 ile 0.22 arasında bulunmuştur.  $a_w$  değeri arasında; hindiba materyali, 30°C ön işlem sıcaklığı, 10 dk ön işlem süresi, 60 dk ekstraksiyon süresi ile en düşük değerler gözlenirken, en yüksek değeri ise; yer elması materyali, 30°C ön işlem sıcaklığı, 20 dk ön işlem süresi, 60 dk ekstraksiyon süresi ile gözlenmiştir.

Literatür verilerine göre inülinin  $a_w$  değeri  $a_w < 0.6$  [84] olarak bildirilmiştir. Ticari inülin lifinin  $a_w$  değeri 0.15 ile 0.16 olarak belirlenmiştir. Su aktivitesi; ürünün rengini, raf ömrünü, lezzetini, kokusunu ve yapısını etkiler. Bu nedenle su aktivitesi gıda kalitesini arttırmanın en önemli noktalarından birisidir ve üretilen inülinin  $a_w$  değeri literatüre ve ticari inüline uygun bulunmuştur.

## 4.2. Öneriler

Tez çalışmasında inülin üretimi için aşağıdaki öneriler çıkarılmıştır.

- Tez kapsamında kullanılan yer elmasının Ülkemizde ekimi ve hasadı yapılırken hindiba bitkisine ait bir ekim alanına rastlanmamıştır. Bu alanda hindiba bitkisinde ekimi ve hasatı yapılarak inülin üretiminde yerli hammadde olarak kullanılabilceği düşünülmektedir.
- İnülin üretiminde Taguchi matematiksel modeli kullanılarak faktörlerin etkisi ve faktörlerin optimum koşulları belirlenebilir.
- Tez kapsamında inülini kurutmak toz haline getirmek için liyofilizasyon kullanılmıştır. Alternatif bir kurutma yöntemi olarak püskürtmeli kurutucu kullanımında tercih edilebilir optimum şartlar çalışılabilir ve yöntemler karşılaştırılabilir
- Tez kapsamında üretimi yapılan inülinin bulgularına göre ultrasonikasyon düşük frekans ön işleme yönteminin, ticari inülin ve literatür bulgularına göre bazı değerleri yüksek bazıları ise düşük tespit edilmiş olup ön işlem uygulamak etki oluşturmamıştır.
- Tez çalışması bulgularının, yapılacak başka çalışmalar üzerinde katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

1. Karabıyıklı, Ş., Donat, İ., 2019. Prebiyotik diyet liflerinin kolon mikrobiyotası ve sağlık üzerine etkileri. **Journal Of New Results İn Engineering And Natural Science**, **10**, 1-14.
2. Kaya, Y., Şahin, E., Dertli. E., 2019. Önemli bir prebiyotik olarak inülin. Mas International Conference On Mathematics-Engineering-Natural&Medical Sciences-V, 911-917.
3. Özdin, K., 2019. Farklı Şekerlerle Üretilen Lokumların Duyusal, Teknolojik Ve Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 157s.
4. Wits (world integrated trade solution) (<https://wits.worldbank.org>)
5. Sert, D., 2019. Alternatif Diyet Lif Kaynaklarının Araştırılması Ve Diyet Lifi Üretimi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 131s.
6. Kef, S., 2018. Farklı Diyet Lifi Kullanımının İnek Ve Keçi Sütü İle Üretilen Kefirlerin Kalite Özelliklerine Etkisi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 124s.
7. Sevim, S., 2016. Probiyotik Bakteriler Ve İnülinin Aflatoksin M1 Detoksifikasyonu Üzerine Etkisi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 119s.
8. Mensink, M.A., Frijlink, H.W., Maarschalk, K.V., Hinrichs, W.L.J., 2015. Inulin, a flexible oligosaccharide 1, review of its physicochemical characteristics. **Carbohydrate Polymers**, **130**, 405–419.
9. Tobaruela, E. C., Santos A. O., Almeida-Muradian, L., Araujo, E., Lajolo, F. M., Menezes, E. W., 2016. Application of dietary fiber method AOAC 2011.25 in fruit and comparison with AOAC 991.43 method. **Food Chemistry**, **238**, 87–93.
10. AACC, 2001. The Definition of Dietary Fiber. **American Association Of Cereal Chemists**, **46** (3), 112-126.

11. Devries, J. W., Rader, J. I., 2005. Historical perspective as a guide for identifying and developing applicable methods for dietary fiber. **Journal Of AOAC International**, **88** (5), 1349-1366.
12. Champ, M., Langkilde A., Brouns F., Kettlitz, Bernd., Collet, Y., 2003. Advances in dietary fibre characterisation. 1. definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects, **Nutrition Research Reviews**, **16**, 71–82.
13. 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
14. Serdarođlu, M., Yıldız, Turp, G., Diyet lifi ve et ürünlerinde diyet lifi kullanılması. **Akademik Gıda Dergisi**, 18-21.
15. Dülger, D., Şahan, Y., 2011. Diyet lifin özellikleri ve sağlık üzerindeki etkileri. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **25** (2), 147-157.
16. Montella, R., Coisson, J. D., Travaglia, F., Locatelli, M., Malfa, P., Martelli, A., Arlorio M., 2013. Bioactive compounds from hazelnut skin (corylus avellana l.), effects on lactobacillus plantarum p17630 and lactobacillus crispatus p17631. **Journal Of Functional Foods**, **5**, 306-315.
17. Sissons, M. J., Fellows, C. M., 2014. Sensory, technological, and health aspects of adding fiber to wheat-based pasta, 211-226. *Wheat and Rice in Disease Prevention and Health* (R. R. Watson, V. R. Preedy, S. Zibad). Academic Press.
18. Ateş, G., Elmacı, Y., 2018. Kahve çekirdeği zarının diyet lifi kaynağı olarak kek formülasyonunda kullanılması. **Akademik Gıda** **16** (2), 156-167.
19. Göncü, B., 2016. Süt endüstrisinde liflerin kullanım olanakları. **Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi**, **6** (2/2), 198-205.
20. Slavin, J., 2003. Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrient databases. **Journal Of Food Composition And Analysis** **16**, 287–291.
21. Brownlee, I. A., 2011. The physiological roles of dietary fibre. **Food Hydrocolloids**, **25**, 238–250.

22. 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**, 411–421.
23. Arslan, M., Rakha, A., Xiaobo, Z., Mahmood, M. A., 2019. Complimenting gluten free bakery products with dietary fiber, opportunities and constraints. **Trends In Food Science & Technology**, **83**, 194–202.
24. Jimenez-Escrig, A., Sanchez-Muniz, F. J., 2000. Dietary fibre from edible seaweeds, chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. **Nutrition Research**, **20** (4), 585-598.
25. Karadeniz, F., Burdurlu, S. Gıdalarda diyet lifinin önemi. **Gıda Mühendisliği Dergisi**, 18-25.
26. Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., Patil, R. T., 2012. Dietary fibre in foods, a review. **Journal of Food Science and Technology**, **49** (3), 255–266.
27. Kao, A.C.C., Harty, S., Burnet, P.W.J., 2016. The influence of prebiotics on neurobiology and behavior. **International Review Of Neurobiology**, **131**, 21-48.
28. Ahmed, W., And Rashid S., 2017. Functional and therapeutic potential of inulin, a comprehensive review. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, **59** (1), 1-13.
29. Songun, E. G., 2016. İnülin Takviyesi İle Üretilmiş İnek-Keçi Sütü Kefirinin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, 75s.
30. Yang, L., Sophiahe, Q., Corscadden K. And Udenigwe C. C. 2015. The prospects of jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production. **Biotechnology Reports**, **5**, 77-88.
31. Petroski, N., 2017. Advax adjuvant, a potent and safe immunopotentiator composed of delta inulin, 199-210. Immunopotentiators in Modern Vaccines( V. E. J. C. Schijns, D. T. O'Haga). Academic Press.

32. Karaman, E., Yılmaz, E., And 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.
33. Meyer, D., Bayarri, S., Tárrega, A., And Costell, E., 2011. Inulin as texture modifier in dairy products. **Food Hydrocolloids** **25**, 1881-1890.
34. Millam, S., 2007. Developments in transgenic biology and the genetic engineering of useful traits, 669-686. *Potato Biology and Biotechnology* (D. Vreugdenhil, C. Gebhardt, D. K. L. Mackerron, H. A. Ross, J. Bradshaw, F. Govers, M. A. Taylor). Elsevier Science.
35. Niness, K. R., 1999. Nutritional and health benefits of inulin and oligofructose. **The Journal Of Nutrition**, **129**,1402–1406.
36. Causey,, J. L., Feirtag, J. M., Gahaher, D. D., Tuqland, B. C. And Slavin, J. L., 2000. Effects of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men. **Nutrition Research**, **20** (2), 191-201
37. Park, K. J., Oliveira, R. A. De And Brod, F. P. R., 2007. Drying operational parameters influence on chicory roots drying and inulin extraction. **Food And Bioproducts Processing**, **85** (C3), 184-192.
38. Kristo, E., Foo, A., Hill , A. R., And Corredig, M., 2011. Short communication, determination of inulin in milk using high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection. **American Dairy Science Association**, **94**, 3316-3321.
39. Debon, J., Prudêncio, E. S., Petrus, J. C. C., 2010. Rheological and physico-chemical characterization of prebiotic microfiltered fermented milk. **Journal Of Food Engineering**, **99**, 128–135.
40. Şimşek, Şenerkek, S., 2019. Yağ İkamesi Olarak İnülin Kullanımının Bisküvi Kalitesi Üzerine Etkileri. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 102s.

41. Işık, Ü., 2006. Vanilyalı Yoğurt Dondurmaya İnülin Ve İzomalt İlavesinin Reolojik Ve Duyusal Özelliklere Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 109s.
42. Kalender, M., 2014. Farklı Oranlarda İnülin İlavesinin Yağı Azaltılmış Süzme Yoğurt Üretimi Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 90s.
43. Cardarelli, H. R., Buriti, F. C. A., Castro, I. A. And Saad, S. M. I., 2008. Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit-suisse cheese. **Lwt-Food Science and Technology**, **41**, 1037–1046.
44. Yabancı, N., 2010. İnülin Ve Oligofruktozların İnsan Sağlığı Ve Beslenmesi Üzerine Etkileri. **Akademik Gıda**, **8** (1), 49-54.
45. Lingyun, W., Jianhua, W., Xiaodong, Z., Da, T., Yalin, Y., Chenggang, C., Tianhua, F., And Fan, Z., 2007. Studies on the extracting technical conditions of inulin from jerusalem artichoke tubers. **Journal Of Food Engineering**, **79**, 1087–1093.
46. Tomas, M., Beekwilder, J., Hall, R. D., Simon, C. D., Sagdic, O. Capanoglu, E., 2018. Effect of dietary fiber (inulin) addition on phenolics and in vitro bioaccessibility of tomato sauce. **Food Research International**, **106**, 129–135.
47. Zhang, H., Wang, H., Cao, X., Wang, J., 2018. Preparation and modification of high dietary fiber flour, a review. **Food Research International**, **113**, 24–35.
48. Boran, O. S., 2012. Yağı Azaltılmış Eritme Peyniri Üretiminde İnülin Kullanımıyla Peynirin Fonksiyonel Özelliklerinin Geliştirilmesi. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Malatya, 88s.
49. Atlıhan, N., 2011. Yer Elmasından İzole Edilen Bir *Clostridium* Türünün İnülinazının Bazı Özellikleri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 54s.

50. İncekara, N., 2004. Ege bölgesi'nde sebze olarak tüketilen yabancı kuşkonmaz, sirken, yabancı hindiba, rezene, gelincik, çoban değneği ve ebegümececinin bazı kimyasal analizleri. **Journal of Agricultural Sciences**, **14** (1), 1-6.
51. Yıldırım, A., 2018. Ülkemizde Yetiştiriciliği Yapılan Hindiba (*Cichorium Spp.*) Türlerinin Fenolik Bileşiklerinin, Antioksidan Kapasitelerinin Ve Antioksidan Bileşenlerin Biyoalınabilirliğinin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 56s.
52. Bais, H. P., And Ravishankar, Ga., 2001. *Cichorium intybus* l – cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, **8**, 467-484
53. Paseephol, T., Small, D. M., And Sherkat, F., 2008. Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. **Journal of Texture Studies**, **39**, 617–634.
54. Hennelly, P.J., Dunne, P.G., O'sullivan, M.E., O'riordan, D., 2006. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. **Journal Of Food Engineering**, **75**, 388–395.
55. Das, A. K., Nanda, P. K., Madane, P., Biswas, S., Das, A., Zhang, W. And Lorenzo, J. M., 2020. A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods. **Trends In Food Science & Technology** **99**, 323–336.
56. Aksuz, A., 2017. Beyaz Hindiba (*Cichorium İntybus* L.) Bitkisinin Yaprak-Tomurcuk Ve Kökünden Elde Edilen Polar Ve Apolar Ekstraktların İnsan Plazması Anjiotensin Konverting (Ace; Ec 3.4.15.1) Ve Asetilkolinesteraz (Ache; Ec 3.1.1.7) Enzimleri Üzerine Etkisinin Araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Van, 73s.
57. Kam, N., 2017. Beyaz Hindiba (*Cichorium İntybus* L.) Bitkisinin Kimyasal Analizi Ve Elde Edilen Yağın Gc-Ms İle Karakterizasyonu. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Van, 109s.

58. Öztürk, E., 2019. Otlatma Olgunluğu Döneminde Hindibanın Yalın Ve İkili Karışımlarının Verim Ve Ot Kalitesinin Belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 109s.
59. Ceylan, H., 2020. Dirençli Nişasta Ve Yer Elması Unununun Kek Üretiminde Kullanımı. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 115s.
60. İşler, N., Yerelması Tarımı M.K.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü. 53s.
61. Özgür, Göksu, A., 2019. Ultrason Ön Uygulamalı Ve Mikrodalga Kurutma Yöntemi İle Şeker Pancarı Posasından Diyet Gıda Lifi Eldesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kayseri, 260s.
62. Çiğdem, B., 2019. Kırmızı Pancardan Ultrasound Ön Uygulamalı Protein İzolatı Eldesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 83s.
63. Akdeniz, V., 2020. Ultrason Uygulamasının Klasik Homojenizasyona Kıyasla Sütün Yağ Globül Boyutuna Ve Yoğurdun Reolojik, Fizikokimyasal Ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 146s.
64. Rodríguez, Ó., Eim, V., Rosselló, C., Femenia, A., Cárcel, J. A., Simala, S., 2017. Application of power ultrasound on the convective drying of fruits and vegetables, effects on quality. **Journal Of The Science Of Food And Agriculture**, **98**, 1660–1673.
65. Özyurt, V. H., 2013. Fındık Zarı Ve Keçiboynuzu Fenolik Bileşiklerinin Ve Diyet Lifinin Ultrasonik Ve Klasik Ekstraksiyon Eldelerinin Karşılaştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 187s.
66. Öner, M., 2015. Ultrasonik Yöntemle Biber Posasından Yağ İçinde Karotenoid Ekstraksiyonu. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 123s.
67. Yılmaz, T., 2015. Bitkisel Ürünlerden Polisakkarit Ekstraksiyonunda Ultrason Kullanımının Optimizasyonu. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Manisa, 183s

68. Zhu, Z., He, J., Liu, G., Barba, F. J., Koubaa, M., Ding, L., Bals, O., Grimi, N., And Vorobiev, E., 2016. Recent insights for the green recovery of inulin from plant foodmaterials using non-conventional extraction technologies, a review. **Innovative Food Science And Emerging Technologies**, **33**, 1–9.
69. Awad, T.S., Moharram, H.A., Shaltout, O.E., Asker, D., Youssef, M. M., 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food, a review. **Food Research International**, **48**, 410–427.
70. Şahin, Ercan, S., Soysal, Ç., 2011. Ultrasonun Gıdalarda Ve Enzimlerin İnaktivasyonunda Kullanılması. **Gıda**, **36** (4), 225-231.
71. Yılmaz, T., 2011. Domates İşleme Atıklarından Ultrason Destekli Likopen Ekstraksiyonu İşleminin Optimizasyonu. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 128s.
72. Kek, S. P., Chin, N.L., And Yusof, Y.A., 2013. Direct and indirect power ultrasound assisted pre-osmotic treatments in convective drying of guava slices. **Food And Bioproducts Processing**, **91**, 495–506.
73. Aslan, D., 2015. Ultrason Tekniği İle Farklı Fonksiyonel Yağlar Kullanılarak Yeni Süt Bazlı Emülsiyonların Geliştirilmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 103s.
74. Sadi Döner, A., 2019. Şeker Pancarı Posasından Ultrason Destekli Pektin Eldesinin Taguchi Yöntemi İle Optimizasyonu. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 166s.
75. Anese, M., Mirolo, G., Beraldo, P., Lippe, G., 2013. Effect of ultrasound treatments of tomato pulp on microstructure and lycopene in vitro bioaccessibility. **Food Chemistry**, **136**, 458–463.
76. Kılıçarslan, Ç., 2011. Ultrasound Yöntemi İle Meşe Palamudundan Tanen Ekstraksiyonu Ve Ekstraktın Tabaklayıcı Özelliklerine Etkisinin Araştırılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 125s.

77. Erol, F., 2018. Beyaz Peynirlerin Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinde Depolama Sırasında Meydana Gelen Değişimler Üzerine Süte Yüksek Hidrostatik Basıncı, Orta Isı Ve Ultrasound Uygulamasının Kombine Etkisinin Belirlenmesi. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 66s.
78. Duman, Ü. S., 2019. Ayranın Fizikokimyasal Ve Reolojik Özellikleri Üzerine Transglutaminaz Enzimi İle Ultrasonikasyon İşleminin Birlikte Kullanımının Etkisi. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Burdur, 61s.
79. Ergün, K., 2012. Dondurularak Kurutulmuş Kivi Püresi Tozu Kullanılarak Hazırlanan Keklerde Pişirme Yöntemi Ve Formülasyonun Kalite Kriterlerine Etkisinin İncelenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 169s.
80. Keskin, O., 2019. Kırmızı lahanadan (*Brassica Oleracea* L.) Enkapsüle Renk Maddesi Üretiminde Püskürtmeli Ve Dondurarak Kurutma Yöntemlerinin Etkisinin İncelenmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 69s.
81. Özkan, Güner, K., 2017. Fındık Hammaddesinden Püskürtmeli Kurutma Ve Dondurarak Kurutma Yöntemleri İle Fındık Sütü Tozu Eldesi Ve Karakterizasyonu. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 80s.
82. Talih, M., 2018. Dondurarak Kurutma Yöntemi İle Taflan (Karayemiş) (*Prunus Laurocerasus* L.) Meyvesinin Kurutulması Ve Örnek Gıda Sisteminde Denenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 151s.
83. Paseephol, T., Small, D., Sherkat, F., 2007. Process optimisation for fractionating jerusalem artichoke fructans with ethanol using response surface methodology. **Food Chemistry**, **104**, 73–80.

84. Rubel, I. A., Iraporda, C., Novosad, R., Cabrera, F. A., Genovese, D. B., Manrique G. D., 2018. Inulin rich carbohydrates extraction from jerusalem artichoke (*helianthus tuberosus* l.) tubers and application of different drying methods. **Food Research International**, **103**, 226–233.
85. Milani, E., Koocheki, A., Golimovahhed, Q. A., 2011. Extraction of inulin from burdock root (*arctium lappa*) using high intensity ultrasound. **International Journal Of Food Science And Technology**, **46**, 1699–1704.
86. Soronja-Simović, D., Sereš, Z., Maravić, N., Djordjević, M., Djordjević, M., Luković, J., Tepić, A., 2016. Enhancement of physicochemical properties of sugar beet fibres affected by chemical modification and vacuum drying. **Food And Bio Products Processing**, **100**, 432–439.
87. Lacerda, E. C. Q., Calado, V. M. A., Monteiro, M., Finotelli, P. V., Torres, A. G., Perrone, D., 2016. Starch, inulin and maltodextrin as encapsulating agents affect the quality and stability of jussara pulp microparticles. **Carbohydrate Polymers**, **151**, 500–510.
88. Horzum, M., 2018. Endüstriyel Artık Olan Elma Posasından Diyet Lifi Üretimi Optimizasyonu Ve Partikül Boyutun Teknolojik Özelliklere Etkisi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 152s.
89. Sette, P., Calvache, J. E. N., Soria, M., Pla, M. E., Gerschenson, L. 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.
90. Lario, Y., Sendra, E., Garcí'a-Pe'Rez, J., Fuentes, C., Sayas-Barbera', E., Ferná'ndez-Lo'pez, J., And Pe'Rez-Alvarez, J.A., 2004. Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. **Innovative Food Science And Emerging Technologies**, **5**, 113–117.
91. Yılmaz, Y., Gürsoy, O., Gökçe, Ö., Ertan, K., 2015. Peynirlerin kuru madde, yağ ve protein içeriklerinin hızlı belirlenmesinde optik infrared analiz sistemli süt analizörünün kullanım potansiyeli. **Akademik Gıda** **13 (1)**, 47-55.
92. AOAC Official Method 991.43 Total, Soluble, And Insoluble Dietary Fibre In Foods. 7-9.

93. Gordon, D., And Okuma, T. K., 2002. Determination of total dietary fiber in selected foods containing resistant maltodextrin by enzymatic-gravimetric method and liquid chromatography, collaborative study. **Journal Of AOAC International**, **85** (2), 435-444.
94. Rodriguez, R., Jimenez, A., Fernandez-Bolanos, J., Guillen, R., And Heredia, A., 2006. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends In Food Science & Technology** **17**, 3–15.
95. Oskaybaş, B., 2016. Çerezlik Kabak Posası Kullanılarak Diyet Lifi Ve Pektin Üretimi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 139s.
96. Berghofer, E., Cramer, A., Schmidt, U., And Veigl, M., 1993. Pilot-scale production of inulin from chicory roots and its use in foodstuffs. Fuchs (Ed.) *Inulin And Inulin-Containing Crops*, **Elsevier Science**, 77-84.
97. Petkova, N., 2018. Characterization of inulin from black salsify (*scorzonera hispanica* l.) for food and pharmaceutical purposes. **Asian Journal Of Pharmaceutical And Clinical Research**, **11**(12), 221-225.
98. Li, X., He, X., Lv, Y. And He, Q. 2014. Extraction and functional properties of water-soluble dietary fiber from apple pomace. **Journal of Food Process Engineering** **37**, 293–298.
99. López-Vargas, J.H., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A., Viuda-Martos, M. 2013. Chemical, physico-chemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of dietary fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Food Research International** **51**, 756–763.
100. Baenas, N., Nunez-Gomez, V., Navarro-Gonzalez, I., Sanchez-Martínez, L., García-Alonso, J., Periago, M. J. and Gonzalez-Barrio, R. 2020. Raspberry dietary fibre, chemical properties, functional evaluation and prebiotic *in vitro* effect. **LWT - Food Science and Technology**, **134**, 1-10.

101. Jiang, Y., Yin, H., Zheng, Y., Wang, D., Liu, Z., Deng, Y. and Zhao, Y. 2020. Structure, physicochemical and bioactive properties of dietary fibers from *Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz. seeds using ultrasonication/shear emulsifying/microwave-assisted enzymatic extraction. **Food Research International** **136**, 1-10.
102. Abou-Arab, A., Talaat, H.A., Abu-Salem, F. M. 2011. Physico-chemical properties of inulin produced from jerusalem artichoke tubers on bench and pilot plant scale. **Australian Journal Of Basic And Applied Sciences**, **5**, 1297-1309.
103. Jirayucharoensak, R., Jittanit, W., Sirisansaneeyakul, S. Spray-drying for inulin powder production from jerusalem artichoke tuber extract and product qualities. **Journal of Science and Technology**, **3**, 13-18.
104. Franck, A., 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. **British Journal Of Nutrition**, **87** (2), 287–291.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı:** Şeyda Medine BAKTİR

**Uyruğu:** Türkiye (T.C)

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği	.....
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Gıda Mühendisliği	2017
Lise	Hacılar Ali İhsan Kalmaz Çok Programlı Lisesi	2011

### YABANCI DİL

İngilizce