

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİNİN  
BAKLAGİLLERİN ENZİME DİRENÇLİ NİŞASTA  
İÇERİĞİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özlem KESİCİ**

**Enstitü Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Serpil ÖZTÜRK**

**Eylül 2019**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI PIŞIRME YÖNTEMLERİNİN  
BAKLAGİLLERİN ENZİME DİRENÇLİ NİŞASTA  
İÇERİĞİNE ETKİSİ**


**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özlem KESİCİ**

**Enstitü Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ**

Bu tez .../.../.....tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Doç. Dr.  
Serpil ÖZTÜRK  
Jüri Başkanı**



**Doç. Dr.  
Omca DEMİRKOL**

**Üye**



**Dr. Öğretim Üyesi  
Ayşe ÖZBEY**

**Üye**



## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Özlem KESİCİ

20/09/2019

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Serpil ÖZTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada bana büyük destekte bulunan değerli eşim Gıda Mühendisi Akif Alperen AYDIN'a teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

|  |      |
|--|------|
| TEŞEKKÜR .....   | i    |
| İÇİNDEKİLER .....  | ii   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....  | iv   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....   | v    |
| TABLolar LİSTESİ .....   | vi   |
| ÖZET .....   | vii  |
| SUMMARY .....  | viii |
| <br>   |      |
| BÖLÜM 1.   |      |
| GİRİŞ.....   | 1    |
| <br>   |      |
| BÖLÜM 2.   |      |
| LİTERATÜR ÖZETİ .....  | 3    |
| 2.1. Baklagiller .....   | 3    |
| 2.1.1. Baklagillerin besinsel özellikleri ve uygulanan işlemlerin etkisi .....     | 4    |
| 2.1.2. Baklagillerin antibesinsel özellikleri ve uygulanan işlemlerin etkisi ..... | 8    |
| 2.2. Nişastanın Yapısı .....   | 11   |
| 2.2.1. Enzime dirençli nişastanın yapısı ve sınıflandırılması .....                | 12   |
| 2.2.2. Enzime dirençli nişastanın gıda endüstrisinde kullanılması ...              | 14   |
| 2.2.3. Enzime dirençli nişasta oluşturmada kullanılan yöntemler ....               | 16   |
| 2.2.3.1. Hidrotermal uygulamalar .....   | 17   |
| 2.2.3.2. Asit hidrolizi ile enzime dirençli nişasta üretimi .....                  | 18   |
| 2.2.3.3. Enzim modifikasyonu ile enzime dirençli nişasta üretimi .....             | 19   |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.2.3.4. Otoklavlama-soğutma işlemleri ile enzime dirençli nişasta üretimi .....       | 20        |
| 2.2.3.5. Yüksek hidrostatik basınç işlemleri ile enzime dirençli nişasta üretimi ..... | 20        |
| 2.2.3.6. Mikrodalga işlemleri ile enzime dirençli nişasta üretimi .....                | 21        |
| <br>   |           |
| <b>BÖLÜM 3.</b>  |           |
| <b>MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>  | <b>22</b> |
| 3.1. Materyal .....  | 22        |
| 3.2. Yöntem .....  | 22        |
| 3.2.1. Baklagil örneklerinin pişirilmesi .....   | 22        |
| 3.2.2. Su tutma kapasitesi tayini .....  | 25        |
| 3.2.3. Nem miktarı tayini .....  | 25        |
| 3.2.4. Enzime dirençli nişasta miktarı tayini .....                                    | 26        |
| 3.2.5. Toplam diyet lif analizi .....  | 28        |
| 3.2.6. İstatiksel analiz .....   | 28        |
| <br>   |           |
| <b>BÖLÜM 4.</b>  |           |
| <b>BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>  | <b>30</b> |
| 4.1. Nem Miktarı .....   | 30        |
| 4.2. Su Tutma Kapasitesi .....   | 30        |
| 4.3. Enzime Dirençli Nişasta (EDN) Miktarı .....                                       | 32        |
| 4.3.1. Nohut örneklerinin EDN miktarı .....  | 32        |
| 4.3.2. Fasulye örneklerinin EDN miktarı .....  | 36        |
| 4.3.3. Mercimek örneklerinin EDN miktarı .....   | 40        |
| 4.4. Toplam Diyet Lif Miktarı .....  | 43        |
| <br>   |           |
| <b>BÖLÜM 5.</b>  |           |
| <b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>   | <b>47</b> |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>   | <b>49</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>  | <b>60</b> |

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| AACC International             | : Uluslararası Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği        |
| ADL                            | : Asit deterjan lif  |
| ANOVA                          | : Tek yönlü varyans analizi                                |
| AOAC International             | : Uluslararası Amerikan Resmi Analitik Kimyacıları Birliği |
| BP                             | : Basınçlı pişirme   |
| Ca                             | : Kalsiyum   |
| EDN                            | : Enzime dirençli nişasta                                  |
| FAO                            | : Gıda Tarım Örgütü  |
| Fe                             | : Demir  |
| GP                             | : Geleneksel pişirme                                       |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | : Sülfirik asit  |
| H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>  | : Hidronyum  |
| H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | : Fosforik asit  |
| HCl                            | : Hidroklorik asit   |
| HNO <sub>3</sub>               | : Nitrik asit  |
| HSN                            | : Hızlı sindirilebilir nişasta                             |
| HylonVII                       | : Yüksek amilozlu mısır nişastasası                        |
| Km                             | : Kuru madde   |
| MP                             | : Mikrodalga pişirme                                       |
| P                              | : Fosfor   |
| SPSS                           | : Sosyal bilimciler için istatistik programı               |
| TDF                            | : Toplam diyet lif   |
| TDL                            | : Toplam diyet lif   |
| TIA                            | : Tripsin inhibitör aktivitesi                             |
| YHB                            | : Yüksek hidrostatik basınç                                |
| YSN                            | : Yavaş sindirilebilir nişasta                             |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|   |    |
|---|----|
| Şekil 3.1. Baklagil örneklerinin pişirme ve kurutma işlemleri akım şeması .....                 | 24 |
| Şekil 3.2. EDN ve sindirilebilir nişasta analizi akım şeması .....                              | 27 |
| Şekil 3.3. Baklagil örneklerinin toplam diyet lifi analiz akım şeması .....                     | 29 |
| Şekil 4.1. Nohut örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişme sonrası TDL<br>içerikleri .....    | 43 |
| Şekil 4.2. Fasulye örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişme sonrası TDL<br>içerikleri .....  | 44 |
| Şekil 4.3. Mercimek örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişme sonrası TDL<br>içerikleri ..... | 45 |



## TABLolar LİSTESİ

|   |    |
|---|----|
| Tablo 2.1. Farklı baklagil tanelerinin besinsel bileşenleri .....   | 4  |
| Tablo 2.2. Farklı baklagillerin lif içeriklerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisi  | 6  |
| Tablo 2.3. Farklı baklagillerin antibesinsel faktörleri üzerine farklı işleme<br>metotlarının etkisi .....  | 11 |
| Tablo 2.4. Enzime dirençli nişasta tiplerinin sınıflandırılması, buldukları<br>gıda kaynakları ve ince bağırsakta sindirilebilirlik durumları ..... | 13 |
| Tablo 2.5. Gıda endüstrisinde ticari olarak kullanılan enzime dirençli nişastalar.  | 15 |
| Tablo 3.1. Baklagil örneklerine uygulanan işlemler ve örnek kodlamaları .....   | 23 |
| Tablo 4.1. Baklagil örneklerinin pişirme sonrası su tutma kapasitesi değerleri ...  | 31 |
| Tablo 4.2. Nohut örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişme sonrası EDN,<br>sindirilebilir nişasta ve toplam nişasta içerikleri .....              | 32 |
| Tablo 4.3. Fasulye örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişme sonrası EDN,<br>sindirilebilir nişasta ve toplam nişasta içerikleri .....            | 36 |
| Tablo 4.4. Mercimek örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişme sonrası EDN,<br>sindirilebilir nişasta ve toplam nişasta içerikleri .....           | 40 |

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Enzime dirençli nişasta, baklagiller, nohut, fasulye, mercimek, diyet lifler

Baklagiller günlük beslenmede önemli yer tutan karbonhidratlar, proteinler, yağlar, vitaminler, mineraller, diyet lifler, enzime dirençli nişasta ve antioksidanlar açısından zengin besinsel bileşenlere sahip bitki tohumlarıdır. Enzime dirençli nişasta (EDN), sağlıklı bireylerin ince bağırsağında sindirilemeyen nişasta ve nişastanın parçalanma ürünleri olan doğal bir prebiyotiktir.

Bu çalışmada, ülkemizde en çok tüketilen nohut, fasulye ve mercimek baklagillerinde farklı pişirme teknikleri (haşlama, basınçlı pişirme, mikrodalga) ve farklı parametreler (yağ ilavesi, buzdolabında bekletme) uygulayarak EDN içeriğine olan etkileri araştırılmıştır. İşlem görmemiş ham nohut, fasulye ve mercimekte EDN miktarı sırasıyla %0,42, 36,10 ve 13,93 olarak belirlenmiştir. Pişirme işlemi ile nohutta EDN miktarı artmış, diğerlerinde ise azalmıştır. Pişirme öncesi örneklerde yağ ilavesi ile nohut ve fasulyede EDN değerleri artmış, mercimekte ise azalmıştır. Genellikle buzdolabında bekletilmiş örneklerde bekletilmeyenlere göre daha düşük EDN gözlemlenmiştir. İşlem görmemiş nohut, fasulye ve mercimekte toplam diyet lif (TDL) miktarı sırasıyla %17,11, 23,80 ve 14,82 olarak bulunmuştur. Bütün örneklerde, pişirme işlemi sonrasında TDL miktarında artış olmuştur.

Sonuç olarak, baklagillerin EDN ve TDL açısından zengin birer kaynak oldukları görülmüştür. Uygulanan farklı pişirme teknikleri ile baklagillerin bazı besinsel bileşenlerinde farklılık oluşturmak mümkün olmuştur.

# **EFFECT OF DIFFERENT COOKING METHODS ON ENZYME RESISTANT STARCH CONTENT OF LEGUMES**

## **SUMMARY**

Keywords: Enzyme resistant starch, legumes, chickpea, white bean, lentil, dietary fibers

Legumes are plant seeds with nutritional components rich in carbohydrates, proteins, fats, vitamins, minerals, dietary fibers, enzyme resistant starch and antioxidants, which are important in daily nutrition. Enzyme resistant starch (ERS) is a natural prebiotic that is indigestible starch and products of starch degradation in the small intestine of healthy individuals.

In this study, effects of different cooking methods (boiling, pressure cooking, microwave) and different parameters (oil addition, storage in refrigerator) on ERS contents were investigated in the most consumed legumes, chickpeas, white beans and lentils, in Turkey. The level of ERS in untreated raw chickpeas, beans and lentils were determined as 0.42%, 36.10% and 13.93%, respectively. ERS content increased in chickpeas while decreased in other legumes after cooking. ERS values increased in chickpeas and beans while decreased in lentils by adding oil to the samples before cooking. Generally, refrigerated samples showed lower ERS levels than non-refrigerated samples. Total dietary fiber (TDF) content of untreated raw chickpeas, beans and lentils were found as 17,11, 23,80 and 14,82%, respectively. In all samples, there was an increase in the amount of TDF after cooking.

As a result, it was observed that legumes are rich sources of ERS and TDF. It was possible to make a difference in the some nutritional components of legumes with different cooking methods.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Baklagiller içerdikleri vitaminler, mineraller, diyet lifler, protein ve karbonhidratlar bakımından beslenme değeri yüksek olan önemli gıdalardandır (Morrow, 1991; Nielsen, 1991; Tharanathan ve Mahadewamma, 2003). Nişasta ise insan beslenmesinde başlıca enerji kaynağı olan polimerik yapıda bir karbonhidrattır (Fabbri ve ark., 2016). Gıdalarda bulunan nişasta doğal yapısı gereği insan sağlığına etkileri ve endüstriyel kullanım amaçları açısından geliştirilmeye açık bir konu haline gelmiştir. Tüketicilerin yüksek kaliteli gıda üretimine olan talepleri yeni teknolojilerin kullanımında ve bileşenlerin geliştirilmesinde büyümeye yol açmıştır. Tüketici talebindeki değişimi etkileyen faktörler arasında sağlık endişeleri (kolesterol, kanser, obezite vb.), nüfus yapısındaki değişimler (etnik yapılar, yaş ortalaması vb.), fiyat ve dağıtım sistemindeki değişimler yer almaktadır (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2010). Ülkemizde baklagillerin özellikle tercih edilme sebeplerinden biri de artan et fiyatlarına karşı ete eşdeğer olabilecek bir besin tüketmektir. Baklagillerdeki protein içeriği %17-40 iken tahıllarda %7-13 ve ette %18-25 arasındadır (Almeida Costa ve ark., 2006).

Nişasta beslenme açısından önemli olan, hızlı sindirilen nişasta (HSN), yavaş sindirilen nişasta (YSN) ve enzime dirençli nişasta (EDN) olmak üzere üç ayrı kategoride sınıflandırılmıştır (Englyst ve ark., 1992). Ayrıca EDN'nin de EDN-1, EDN-2, EDN-3, EDN-4 ve EDN-5 olmak üzere 5 farklı formu bulunmaktadır (Haralampu, 2000). EDN'nin formu (çoğunlukla EDN-3), nişastalı gıdaların işlenmesi sırasında uygulanan kurutma, dondurma, ısıtma ve soğutma döngülerinin sayısı, su içeriği, pH, sıcaklık, zaman ve katkı maddelerinin (yağ, tuz, salça, baharatlar vb.) varlığı gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Mahadewamma ve Tharanathan, 2004).

Bu tez çalışmasının amacı; ülkemizde en çok tüketilen baklagiller arasında olan nohut, fasulye ve mercimekte farklı pişirme teknikleri (haşlama, basınçlı pişirme, mikrodalga) ve farklı parametreler (yağ ilavesi, buzdolabında bekletme) uygulayarak bu işlemlerin EDN içeriğine olan etkilerini araştırmaktır. Ayrıca örneklerin toplam diyet lif miktarlarındaki değişimler de incelenmiştir.

## BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1. Baklagiller

Baklagiller *Leguminosae* familyasına ait bitkilerin tohumlarıdır. Baklagil kelime anlamı olarak Latince “Legumen” den türemiş olup, kabuklu baklanın hasat edilen tohumları anlamına gelmektedir (Salunke ve Kadam, 1989). Baklagiller familyasına ait bitkiler kutup bölgeleri hariç dünyanın tüm coğrafi şartlarında yetişmekte olup, tek yıllık ve çok yıllık olarak 12.000 çeşiti bulunmaktadır. Bunlardan 200 türün tarımı yapılmaktadır (Akçin, 1988).

Bütün bakliyatlar baklagil olarak düşünülür fakat bütün baklagiller bakliyat olarak düşünülemez. Bakliyat terimi, Gıda Tarım Örgütü (FAO) tarafından baklagillerin hasat edilerek kurutulan tohumlarına verilen ad olarak tanımlanmaktadır. Yeşil olarak hasat edilen (bezelye, yeşil fasulye ve brüksel lahanası) ve yağ ekstrasyonu (fıstık ve soya fasulyesi ürünleri) bakliyat kategorisine dahil değildir (Kamboj ve Nanda, 2017).

Baklagiller inositol fosfatlar ve fenolikler gibi bazı önemli sağlık bileşenleri ile proteinler, mineraller, karbonhidratlar ve vitaminler için ucuz diyet kaynakları olarak düşünülmektedir. Yüksek besin değerlerine sahiptirler ve tahıllarla karşılaştırıldıklarında yaklaşık 2 katı protein içermektedirler (Vijayakumari ve ark., 1997). Ayrıca baklagiller et ve balıktaki protein değerlerine karşı da iyi bir alternatif olmaktadır. Ucuz olmakla birlikte uzun süre depolanabilmektedirler. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde beslenme açısından hayvansal proteinlerin yerine kullanıldıkları için “fakirin eti” ifadesi kullanılmaktadır (Aykroyd ve ark., 1982).

Baklagiller içerisinde yemeklik tane baklagiller, serin ve sıcak iklim baklagilleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Sıcak iklim baklagilleri fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)

ve börülce (*Vigna sinensis* L.), serin iklim baklagilleri ise nohut (*Cicer arietinum* L.), mercimek (*Lens culunaris* Medik., *Lens esculenta* Moench.), bakla (*Vicia faba* L.) ve bezelye (*Pisum sativum* L.)'dir (Tuğay Karagül, 2017).

### 2.1.1. Baklagillerin besinsel özellikleri ve uygulanan işlemlerin etkisi

Baklagiller karbonhidratlar, proteinler, yağlar, vitaminler, mineraller, diyet lifler ve antioksidanlar gibi zengin besinsel bileşenlere sahiptirler. Baklagil tohumlarında yağ oranı düşüktür ve kolesterol içermezler, fakat bazı baklagiller (soya fasulyesi ve yer fıstığı) yağ içeriği bakımından zengindir (Abbas ve Ahmad, 2018). Karbonhidratların yapısal varlığı ve dengeli aminoasit profili baklagilleri beslenme açısından değerli yapmaktadır (Tharanathan ve Mahadevamma, 2003). Çeşitli baklagil tanelerine ait bazı besinsel bileşen değerleri Tablo 2.1.'de gösterilmiştir. Tabloda adı geçen baklagiller arasında soya fasulyesi en yüksek protein, mineral, fosfor ve demir içeriğine sahipken, karbonhidrat içeriği (%60,9) bakımından nohut ve kalsiyum içeriği (260 mg) bakımından barbunyanın zengin olduğu görülmektedir. Soya fasulyesi (%19,5) dışında bütün baklagillerin yağ içeriğinin %6'dan düşük olduğu görülmektedir. Bütün kuru baklagillerin uzun depolama sürecini olumlu etkileyen nem içerikleri %9-13 arasında değişmektedir (Kamboj ve Nanda, 2017).

Tablo 2.1. Farklı baklagil tanelerinin besinsel bileşenleri (Kamboj ve Nanda, 2017)

| Baklagiller    | Nem<br>% | Protein<br>% | Yağ<br>% | Mineral<br>% | Ham<br>Lif<br>% | Karbon-<br>hidrat<br>% | mg/100g |     |      |
|----------------|----------|--------------|----------|--------------|-----------------|------------------------|---------|-----|------|
|                |          |              |          |              |                 |                        | Ca      | P   | Fe   |
| Mercimek       | 12.4     | 25.1         | 0.7      | 2.1          | 0.7             | 59.0                   | 69      | 293 | 7.58 |
| Nohut          | 9.8      | 17.1         | 5.3      | 3.0          | 3.9             | 60.9                   | 202     | 312 | 4.6  |
| Barbunya       | 12.0     | 22.9         | 1.3      | 3.2          | 4.8             | 60.6                   | 260     | 410 | 5.1  |
| Bakla          | 9.6      | 24.9         | 0.8      | 3.2          | 1.4             | 60.1                   | 60      | 433 | 2.7  |
| Maş Fasulyesi  | 10.4     | 24.0         | 1.3      | 3.5          | 4.1             | 56.7                   | 124     | 326 | 4.4  |
| Yeşil Bezelye  | 72.9     | 7.2          | 0.1      | 0.8          | 4.0             | 15.9                   | 20      | 139 | 1.5  |
| Kuru Bezelye   | 16.0     | 19.7         | 1.1      | 2.2          | 4.5             | 56.5                   | 75      | 298 | 7.05 |
| Börülce        | 13.4     | 24.1         | 1.0      | 3.2          | 3.8             | 54.5                   | 77      | 414 | 8.6  |
| Soya Fasulyesi | 8.1      | 43.2         | 19.5     | 19.5         | 3.7             | 20.9                   | 240     | 690 | 10.4 |

Yaygın olarak tüketilen baklagiller %20-60 arasında karbonhidrat içeriğine sahiptirler (Gopalan ve ark., 1989). Karbonhidratlar monosakkaritler, oligosakkaritler, diğer polisakkaritler ve nişastadan oluşur (Ekanayake ve ark., 2000). Baklagillerin karbonhidrat yapısı, işleme sürecinde su tutma, şişme ve jelatinizasyon gibi özellikler üzerinde önemli rol oynamaktadır (Bressani ve Elias, 1988). Mercimek ve nohut baklagillerinde ıslatma ve pişirme işlemleri monosakkaritler, disakkaritler ve oligosakkaritlerde önemli derecede azalmaya sebep olurken kaynatma ve basınçlı pişirme işlemleri karbonhidrat içeriğini etkilememiştir (Vidal-Valverde ve ark., 1993). Dehidrasyon işlemi glikozidik bağları hidrolize ederek polisakkaritleri ve oligosakkaritleri monosakkaritlere dönüştürür, böylece polisakkarit yüzdesini azaltmaktadır (Martin-Cabrejas ve ark., 2008).

Karbonhidratların sindirilemeyen organik kısımları olan en önemli kısmı diyet liflerdir. Diyet lifi terimi ilk olarak 1953 yılında Hipsley adlı araştırmacı tarafından kullanılmış, sindirilemeyen hücre duvarının bileşenleri olarak tanımlanmıştır (Dreher, 2001). Lifler pektin, zamburak, selüloz, nişasta, hemiselüloz ve ligninden oluşmaktadır. Yeterli miktarda diyet lif tüketimi diyabet, kalp hastalıkları ve kanser gibi birçok kronik hastalık riskini azaltmak, glisemik indeks ve kilo kontrolü sağlamak ve bağırsak çalışmasını düzenlemek için önemlidir (Anderson ve Patterson, 2000; Khogare, 2012). Baklagil taneleri zengin lif kaynağı olarak tanımlanabilmektedir (Ganiyu, 2006). Bezelye, mercimek ve nohutta %18, fasulyede %28 oranında diyet lif bulunmaktadır. Liflerin büyük kısmı baklagilin tohum kabuğunda bulunmakta, bu nedenle kabuğun ayrılması lif miktarını azaltmaktadır (Pekşen ve Artık, 2005).

Farklı metotlar ve işlemlerin baklagillerin bileşenleri üzerinde farklı etkileri bulunmaktadır. Isıl işlemler baklagillerin nişasta, proteinler ve diğer besinsel bileşenlerinde fizikokimyasal değişimler meydana getirmektedir. Pişirme metoduna bağlı olarak diyet lif aşamalı olarak azalmaktadır (Lee ve ark., 1992). Dehidrasyon işlemi çözünür diyet lifi artırmakta, diğer işlemler nişasta sindirilebilirliğini geliştirmektedir (Aguilera ve ark., 2009). Nohut ve fasulyelerin pişirilmesi ile selüloz ve lignin içeriklerinin arttığı, ayrıca çimlendirme işleminden sonra da artış olduğu



görülmüştür. Mercimekte ise çimlendirme ile nişasta içeriğinin azaldığı fakat nişasta sindirilebilirliğinin arttığı belirlenmiştir (Vidal-Valverde ve Frias, 1991).

Turgay (2009) tarafından yapılan çalışmada baklagillerde (mercimek, fasulye, nohut, barbunya) farklı pişirme yöntemleri (geleneksel pişirme, mikrodalga ile pişirme ve basınçlı pişirme) uygulanarak diyet lif sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 2.2.'de gösterilmiştir. Pişirme yöntemine bağlı olarak baklagil örneklerinin çözünmez diyet lif bileşenlerinde çeşitli oranlarda kayıp gözlemlenmiştir. Geleneksel veya mikrodalga pişirme ile basınçlı pişirmeye göre çözünmez diyet lif bileşenlerindeki kayıpların minimuma indirilebildiği ifade edilmiştir.

Tablo 2.2. Farklı baklagillerin lif içeriklerine farklı pişirme yöntemlerinin etkisi<sup>1</sup> (Turgay, 2009).

| Baklagil Çeşidi | NDL (% km) |      |      |      | ADL (% km) |     |     |     | Hemiselüloz (% km) |      |      |      |
|-----------------|------------|------|------|------|------------|-----|-----|-----|--------------------|------|------|------|
|                 | Ham        | GP   | BP   | MP   | Ham        | GP  | BP  | MP  | Ham                | GP   | BP   | MP   |
| Nohut           | 26,1       | 21,0 | 17,3 | 21,1 | 9,5        | 7,9 | 7,3 | 8,1 | 16,6               | 13,1 | 10,0 | 13,0 |
| Mercimek        | 30,1       | 23,1 | 21,2 | 23,3 | 9,6        | 8,6 | 8,3 | 8,8 | 20,5               | 14,5 | 12,9 | 14,5 |
| Fasulye         | 25,3       | 17,2 | 15,9 | 18,2 | 9,3        | 8,6 | 8,3 | 8,4 | 16,0               | 8,6  | 7,6  | 7,8  |
| Barbunya        | 28,2       | 22,6 | 20,0 | 22,9 | 7,6        | 6,4 | 6,0 | 6,0 | 20,6               | 16,2 | 14,0 | 16,2 |

<sup>1</sup>NDL: Nötral deterjan lif; ADL: Asit deterjan lif; GP: Geleneksel pişirme; BP: Basınçlı pişirme; MP: Mikrodalga pişirme; km: kurumaddede

Yemeklik tane baklagillerin protein içeriği %17-40 arasında değişmektedir. Bu oran tahıllarda %7-13 ve ette %18-25'dir (Swaminathan, 1988). Baklagil taneleri proteaz ve amilaz inhibitörleri, lipoksigenaz, lektinleri içeren çok sayıda küçük proteinler ile tanelerin besinsel ve fonksiyonel kalitesi ile ilişkili olan diğer proteinleri kapsamaktadır (Murray, 1979). Baklagiller 100 gram kuru maddede 20-40 gram arasında başlıca diyet proteinleri kaynağı olarak düşünülmektedir (Norton ve ark., 1985). Islatma, mikrodalga ile pişirme, kaynatma ve otoklavlama gibi farklı işlemlerin uygulanması toplam esansiyel aminoasitleri artırmaktadır (Khattab ve ark., 2009). Isıl işlemler protein içeriğinde önemli azalmaya ve globulin yapısında değişime neden olurlar. Yapılan çalışmalar ısıl işlemlerin arginin, sistein, lizin, metionin, tirozin ve lösin gibi aminoasitleri etkilediğini göstermiştir (Clemente ve ark., 1998). Isıl işlemler, ham baklagil taneleriyle karşılaştırıldığında protein

sindirilebilirliğini artırırılar ayrıca proteaz inhibitörleri gibi ısıya dayanıklı enzimleri tahrip ederler (Walker ve Kochhar, 1982).

Baklagiller vitamin B kompleksinin oldukça zengin bir kaynağıdır. B kompleks grubu niasin, riboflavin, folik asit ve tiamin gibi vitaminleri barındırmaktadır. Fakat C vitamini ve yağda çözünen vitaminler bakımından yetersizdir (Dias, 2012). Baklagillere uygulanan ısıl işlemler vitamin miktarını azaltır. B grubu vitaminlerde suda çözünme özelliklerinden dolayı pişirme suyu ile birlikte kayıp yaşanır. Vitamin değerlerini kaybetmeden pişirmenin en iyi yolları otoklav ile pişirme ve basınçlı pişirme yöntemleridir (Pekşen ve Artık, 2005).

Baklagiller demir, kalsiyum, çinko, selenyum, magnezyum, fosfor, bakır ve potasyum mineralleri bakımından çok iyi kaynaktır (Gopalan ve ark., 1989). Baklagillerdeki mineral içeriği 100 gram kuru maddede 120-260 mg arasındadır (Chavan ve ark., 1987). Fakat pişirme işlemi ve farklı pişirme sürelerine bağlı olarak sudaki mineral süzme işlemiyle uzaklaşır, bu yüzden uygulanan işlemler farklı baklagil tanelerindeki mineral içeriklerini azaltır (El-Adawy, 2002). Kabuk ayırma ve suda bekletme işlemleri diğer işleme teknikleriyle karşılaştırıldığında en iyi mineral muhafazası sağlayan teknik olarak görülmüştür. Çimlendirme işlemi fitat kation protein kompleksinin oluşumu ve protein bağlanmasından dolayı kalsiyum, demir ve çinko gibi çift değerlikli metallerin kaybına sebep olmaktadır (Lee ve Karunanithy, 1990).

Baklagiller yapıları gereği genel olarak düşük yağ oranına sahiptirler ve kolesterol içermezler. Baklagiller arasında bezelye, mercimek, fasulye ve baklada yağ oranı %1-2, nohutta ise %4-5 arasındadır. Uygulanan işlemler sırasında yağ içerikleri çok az etkilenmektedir (Devos, 1988). Soya fasulyesi ve yer fıstığı hariç  $\alpha$ -linolenik asit ve çoklu doymamış yağ asitlerine sahiptirler (Mudryu ve ark., 2014). Bu da besin değerlerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca bilindiği gibi tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri koroner kalp hastalıkları riskini azaltmaktadır (Messina, 1999). Tohumun çeşidi, hasat zamanı, olgunluk ve depolama koşulları arasındaki

farklılıklar her bir değer için çeşitlilik meydana getirmektedir (Abbas ve Ahmad, 2018).

### **2.1.2. Baklagillerin antibesinsel özellikleri ve uygulanan işlemlerin etkisi**

Antibesinsel faktörler doğal gıda maddelerinden besin bileşenlerinin alımı, sindirimi ve emilimini azaltan normal metabolizma tarafından üretilen maddeler veya bileşenlerdir (Kumar, 1992). Baklagiller acı tatlarından ve antibesinsel özelliklerinden dolayı ham formunda tüketilememektedirler. Bu yüzden baklagillere uygulanan işlemler nişasta ve protein sindirilebilirliğini geliştirerek kolayca tüketilebilir ve faydalı hale getirmektedir (Alonso ve ark., 2000).

Baklagillerin ham tüketimi ve sindirimini engelleyen problemlerden en önemlisi tripsin inhibitörü, proteaz inhibitörü, fitik asit, saponin, tanenler (taninler), polifenol ve lektinler gibi antibesinsel faktörlerin varlığıdır. Bu antimetabolik maddeler, baklagillerin endüstriyel ve evde yaygın kullanımını sınırlandırmaktadırlar (Adebowale ve ark., 2005; Abbas ve Ahmad, 2018). Yemeklik tane baklagil tohumlarında bulunan antibesinsel maddelerin başlıcaları; enzim inhibitörleri: proteaz (tripsin, kimotripsin) ve amilaz inhibitörleri, oligosakkaritler (gaz yapıcılar): stakioz, rafinoz, verbaskoz, fenolik bileşikler: tanenler, izoflavonoidler, lektinler (hemagglutininer), siyanogenik glikozitler (HCN), saponinler, fitik asit-fitatlar, vicine ve convicine (favizm faktörleri) (Pekşen ve Artık, 2005).

Baklagil tanelerinde bulunan enzim inhibitörleri (tripsin, kimotripsin ve amilaz inhibitörleri) protein sindirilebilirliğini azaltmaktadır (Sgarbieri ve Whitaker, 1982). Bu maddeler ısı ile parçalanırlar, bu nedenle baklagiller ham veya doğru bir şekilde pişirilmeden tüketildiğinde, sindirim fonksiyonlarını bozar ve aşırı gaz veya diyareye sebep olurlar (Weder ve Link, 1993). Yemeklik tane baklagiller arasında nohut proteaz inhibitörlerini daha az içerdiği için tercih edilmektedir (Smirnoff ve ark., 1976). Tripsin inhibitörleri insektisik (böcek öldürücü) özelliğe sahiptirler (Sharma, 2015). Amilaz inhibitörü kan şekeri seviyesi ve sindirimi düşürerek insülini değiştirir, bu yüzden diyabet tedavisi için kullanılır (Lajolo ve Menezes, 1991).

Tanin, baklagillerin çoğunda bulunmakta olan önemli bir antibesinsel faktördür (Redden ve ark., 2005). Yüksek ısı stabilitesine sahip olan taninlerin varlığı proteinleri ulaşılmaz yaparak insan ve hayvanlarda protein sindirilebilirliğini azaltır (Abbas ve Ahmad, 2018).

Saponinler nohut, mercimek, soya fasulyesi, bezelye ve çeşitli fasulyelerde bulunurlar (Faris ve ark., 2009). Saponin içeren gıdaların tüketilmesinin vücuda hem zararlı hem de yararlı etkileri vardır. Saponinler insanlarda kan kolesterol seviyesinde azalma ve hayvanlarda kilo kaybı gibi olumsuz etkilere sahiptir (Liener, 2003). Diğer taraftan saponin içeren baklagillerin tüketimi insanlarda kalp hastalıkları riskini düşürür (Parca ve ark., 2018).

Lektinler protein veya glikoprotein içeren yapılardır. Baklagil tanelerinin toplam proteinlerinin %2-10 oranında lektinleri veya hemagglutini içerirler. İnce bağırsakta sindirim son ürünlerinin emilimini engelleyerek olumsuz etki yaratırlar. Ham baklagil daha yüksek lektine sahiptir, tüketimleri karın kırımlarına sebep olmaktadır (El-Adawy, 2002).

Fitatlar, fitik asitin Ca, Mg, K ve Fe tuzlarıdır. Baklagillerde antibesinsel faktörlerin varlığı, insan bağırsağında çinko, demir, kalsiyum gibi besinsel minerallerin alımını düşürür (Sandberg, 2002). Bütün antibesinsel faktörler arasında fitik asit insan sağlığı ve beslenmesi için başlıca endişelerden biri olarak düşünülmektedir (Kumar ve ark., 2010). Bu minerallerin içeriği ve biyoyararlılığı baklagillere uygulanan işleme yöntemi ve sürecine bağlı olarak, emilimleri ise fitat seviyelerine göre değişkenlik göstermektedir (Liener, 1994).

Gıdaların hazırlanması ve işlenmesi sırasında besin kaybı meydana gelir ancak işleme sırasında gıdaların besinsel kalitesini artırmak için uygulanan işlemlere bağlı olarak bu kayıplar sınırlandırılabilir. Farklı işleme teknikleri antibesinsel özellikleri ortadan kaldırmak veya inaktive etmek için gereklidir. Baklagillerin fiziksel ve kimyasal işleme metodları; ıslatma (suda bekletme), kaynatma, mikrodalga ile pişirme, otoklavlama, ekstrüzyon pişirme, fermantasyon ve çimlendirme gibi

yöntemleri içermektedir. Bazı yöntemler antibesinsel özelliklere karşı tek başına etkili olmaz. Bu nedenle bir veya daha fazla yöntemin kombinasyonu kullanılmaktadır (Sathe ve ark., 1984).

Isıl işlemler ısı duyarlılığı olan antibesinsel faktörleri inaktive etmek için geniş ölçüde kullanılan etkili yöntemlerden biridir. Baklagil tanelerinin kalitesini ve besinsel değerlerini geliştirmektedir. Bu yüzden ısıl işlemler baklagil tanelerinde başlıca tripsin inhibitörü ve lektinler olan antibesinsel faktörleri inaktive ederek protein kalitesini artırmaktadır (Sathe ve ark., 1984).

Baklagil tanelerini pişirmeden önce ıslatma-suda bekletme işlemi pişirme süresini azaltmaktadır (Taiwo ve ark., 1997). Fasulyelerin suda bekletildikten sonra pişirilmesiyle bekletilmeden pişirilmesi karşılaştırıldığında, suda bekletmenin tannin içeriğinde daha fazla azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir (Nergiz ve Gökgez, 2007). Fasulyelerin besinsel özelliklerini artırmada en iyi yöntemin tuzlu suda ıslatmak ve ardından kaynatarak pişirmek olduğu belirtilmiştir (Rehman ve ark., 2001).

El Hady ve Habiba (2003), bakla, fasulye, bezelye ve nohut baklagillerini ıslatmanın antibesinsel özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Tripsin inhibitör aktivitesini baklada %19.9, bezelyede %15.4, nohutta %9.2 ve fasulyede %1.5 oranında düşürdüğü, ayrıca baklagillerde fenolik maddelerde ve fitik asit miktarında düşüşler gözlemlendiği ifade edilmiştir.

Vidal-Valverde ve ark. (1994), suda bekletildikten sonra pişirilen mercimeklerde tripsin inhibitörünün tamamen elimine olduğu, fitik asit içeriğinin azaldığı fakat tanin içeriğinin arttığını ifade etmişlerdir. Farklı baklagillerin antibesinsel faktörleri üzerine farklı işleme metotlarının etkisi Tablo 2.3.'de gösterilmiştir (Abbas ve Ahmad, 2018).

Tablo 2.3. Farklı baklagillerin antibesinsel faktörleri üzerine farklı işleme metotlarının etkisi (Abbas ve Ahmad, 2018).

| İşlem      | Sıcaklık | Süre  | Baklagil çeşidi | TIA'da azalma <sup>1</sup> (%) | Taninde azalma (%) | Fitik asitte azalma (%) | Lektinde azalma (%) |
|------------|----------|-------|-----------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Otoklav    | 121°C    | -     | Çeşitli         | -                              | 33-46              | 28-52                   | -                   |
| Kaynatma   | 100°C    | 90 dk | Nohut           | 82,3                           | 48,0               | 28,9                    | 100                 |
| Islatma    | 25°C     | 12 sa | Fasulye         | 15,8                           | 39,4               | 26,7                    | 49                  |
| Ekstrüzyon | -        | -     | Bakla           | -                              | 54,4               | 26,7                    | -                   |
| Mikrodalga | Yüksek   | 15 dk | Nohut           | 80,5                           | 48,5               | 38,0                    | 100                 |

<sup>1</sup>TIA: tripsin inhibitör aktivitesi

## 2.2. Nişastanın Yapısı

Nişasta insan diyetinde önemli bir karbonhidrat kaynağıdır. Bitki kaynağına bağlı olarak genellikle 1 ve 100 µm çapında ve granüler formda çoğu bitkide meydana gelmektedir (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2010).

Nişastanın kimyasal yapısında, glukoz birimleri  $\alpha$ -D-(1,4) ve/veya  $\alpha$ -D-(1,6) bağlarıyla bağlanarak  $\alpha$ -D-glukopiranoz polisakkaritini oluştururlar ve iki tip molekül oluşur. Amiloz, yaklaşık 1000 adet  $\alpha$ -D-glukoz biriminin  $\alpha$ -1,4 glikozidik bağı ile bağlanması sonucu oluşan lineer bir polimer iken, amilopektin yaklaşık 4000 adet  $\alpha$ -D-glukoz biriminin  $\alpha$ -D-(1,6) glikozidik bağı ile dallanması sonucu oluşur (Sharma ve ark., 2008). Amiloz ve amilopektin oranına bağlı olarak nişasta; normal, mumsu (waxy) ve yüksek amilozlu (amilotip) nişasta olarak sınıflandırılmaktadır. Normal nişastada amiloz toplam nişastanın yaklaşık %15-30'unu oluşturmaktadır. Mumsu nişasta yaklaşık %0-5 amiloza sahip olmasına karşın, yüksek amilozlu nişastanın amiloz içeriği %35-70 arasındadır (Hoover, 2010).

Nişastada iki kristal yapı bulunmaktadır. Bunlar, amilopektinin farklı oranlarda zincir oluşturmasına bağlı olarak A tipi ve B tipi olarak adlandırılmaktadır. A tipi nişasta tahıllarda bulunurken, B tipi nişasta amiloz bakımından zengin nişastalar ve yumru köke sahip bitkilerde bulunmaktadır. Bir diğer tip olan ve C tipi olarak adlandırılan

nişasta ise baklagillerde A tipi ve B tipinin bir karışımı olarak görülmektedir (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2010). Nişastanın kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biri nişastadaki amiloz içeriğidir (Zhu, 2016). Nişastadaki granüler yapının EDN içeriği amiloz polimeri ile doğru orantılıdır (Lin ve ark., 2016).

### **2.2.1. Enzime dirençli nişastanın yapısı ve sınıflandırılması**

Nişastalar enzimle inkübasyonları sırasında sindirim oranı ve hızına göre hızlı sindirilen nişasta (HSN), yavaş sindirilen nişasta (YSN) ve enzime dirençli nişasta (EDN) olarak üç grup altında incelenmektedir (Mir ve ark., 2013). Hızlı sindirilen nişasta, kan glikoz ve insülin konsantrasyonlarında ani artışlara neden olurlar. Bu durumun, hiperlipidemi, diyabet, obezite ve kalp-damar hastalıkları için temel risk faktörlerinden birini oluşturduğu düşünülmektedir (Brennan, 2005). Yavaş sindirilen nişasta, ince bağırsaklarda daha düşük oranda sindirime uğrar ve böylece daha dengeli kan glikoz seviyesi oluşturur. Enzime dirençli nişasta ise, ince bağırsakta sindirilmeyip kalın bağırsakta fermente olan nişastadır (Chung ve ark., 2009). Bu özelliği sayesinde EDN insan vücudunda çözünen ve fermente olabilen diyet liflere benzer şekilde fizyolojik etki göstermektedir (Haralampu, 2000). Bu durumun diyabet ve kolon kanserinin önlenmesi, kandaki şeker seviyesinin kontrolü ve bağırsak florasının iyileştirilmesi gibi sağlık açısından birçok olumlu etkisi bulunmaktadır. Bu önemli sağlık etkileri ve fonksiyonel faydaları nedeni ile günümüzde oldukça fazla ilgi çekmekte ve çok sayıda bilimsel çalışmaya konu olmaktadır (Homayouni ve ark., 2014).

EDN gıdalarda doğal olarak bulunabilmekte veya farklı işleme yöntemleri ile oluşturulabilmektedir. EDN'nin modifikasyon durumuna göre EDN-1, EDN-2, EDN-3, EDN-4 ve EDN-5 olarak adlandırılan farklı tipleri bulunmaktadır (Zhu ve ark., 2013). EDN tiplerinin tanımı, buldukları gıda kaynakları ve ince bağırsakta sindirilebilirlik durumları Tablo 2.4.'de verilmiştir.

Bütün tiplerin arasında EDN-3, pişirme süresince termal stabilitesinin yüksek olması nedeniyle dikkat çekmektedir. Bu durum onun normal pişirme işlemleri sırasında

yapısının bozulmamasını sağlamaktadır (Haralampu, 2000). Sıcaklık ve nem uygulamalarını içeren gıda proseslerinde çoğu zaman EDN-1 ve EDN-2'nin yapısı bozularak yok olmakta ve EDN-3 oluşmaktadır (Faraj ve ark., 2004). Proses koşullarına bağlı olarak farklı yapısal özelliklere sahip olan EDN-3 nişasta granüllerinin jelatinizasyonundan sonra moleküller arası yapının yeniden düzenlenmesi (retrogradasyon) ile oluşmaktadır (Ma ve ark., 2018).

Tablo 2.4. Enzime dirençli nişasta tiplerinin sınıflandırılması, buldukları gıda kaynakları ve ince bağırsakta sindirilebilirlik durumları (Fuentez-Zaragoza ve ark., 2010)

| Tipi  | Tanımı  | İnce bağırsakta sindirilebilirlik   | Bulduğu gıda   |
|-------|---|---|--|
| EDN-1 | Sindirilemeyen ve fiziksel olarak ulaşılamaz durumda olan nişasta | Yavaş ve kısmen. Tamamen öğütülmüş durumda sindirilebilir.                | Bütün ya da kısmen öğütülmüş tahıllar ve tohumlar, sebzeler, makarna                       |
| EDN-2 | Jelatinize olmamış dirençli doğal nişasta granülleri              | Çok yavaş. Az miktarda pişirilip hemen tüketilirse tamamen sindirilebilir | Çiğ patates, yeşil muz, bazı baklagiller, yüksek amilozlu nişastalar                       |
| EDN-3 | Retrograde nişasta  | Yavaş. Tekrar ısıtma işlemiyle sindirimi artırılabilir                    | Pişirilip soğutulan patates, ekmek, kahvaltılık gevrekler, nem-ısı döngüsü geçiren gıdalar |
| EDN-4 | Kimyasal çapraz bağlı modifiye nişasta                            | Dirençli  | Kekler, ekmek vb. modifiye nişastaların kullanıldığı ürünler<br>Bazı lif türleri           |
| EDN-5 | Amiloz-lipid kompleksi  | Sınırlı sindirilebilirlik   | Yüksek amiloz içeren ürünler   |

EDN'nin yapısı, elde edildiği nişasta kaynağının fiziksel durumu, amiloz ve amilopektin oranı, su ve yağ içeriği, amiloz polimerizasyon derecesi, çift sarmal polimorfların yapısı ve eklenmiş diğer katkı maddelerinin varlığı ile yakından ilişkilidir (Eerlingen ve ark., 1993). Fiziksel işlemler (yüksek hidrostatik basınç, ultrasonik ekstrüzyon, ısı-nem uygulamaları, sıcaklık döngüleri, otoklavlama, mikrodalga pişirme) genellikle jelatinizasyonu sağlamak veya moleküller arası ve içi hidrojen bağlarını parçalayarak nişasta zincir hareketliliğini artırmak için



uygulanırken, asit ve enzim hidrolizi uygulamaları kısa düz zincirli moleküllerin oluşumunu kolaylaştırarak doğal kristallenme derecesini artırmayı sağlamaktadır (Aungk ve ark., 2010).

Gıdaların sindirilebilirliğini artırmayı amaçlayan geleneksel işlemlerin aksine günümüzdeki eğilim gelişmiş fonksiyonel özelliklere sahip ve glisemik indeksi düşük gıdaların geliştirilmesi yönündedir. Çoğu çalışmalar göstermiştir ki; baklagiller, tahıllar ve yumru köklerden hazırlanmış EDN'nin tüketimi, safra taşı oluşumunun engellenmesi, sindirim sistemi kaynaklı kanser hastalıklarının azaltılması, mineral emiliminin artışı, vücutta yağ birikiminin engellenmesi ve kolesterolün azaltılması gibi birçok sağlık durumu için etkiyi artırmada önemli bir rol oynamaktadırlar (Nugent, 2005; Fuentes-Zaragoza ve ark., 2010).

### **2.2.2. Enzime dirençli nişastanın gıda endüstrisinde kullanılması**

Termal stabilitesi nedeniyle çalışmalara en çok konu olan enzime dirençli nişasta tipi EDN-3'tür. Bu özelliği, gıda endüstrisinde pişirme süreçlerinde stabil olmasını, besin değerlerini korumasını ve gıdaların birçoğunda bileşen olarak kullanımını sağlamaktadır (Masatcıoğlu ve ark., 2000).

EDN'nin fiziksel özellikleri, özellikle düşük su tutma kapasitesi, son üründe tekstür yapısını geliştiren fonksiyonel bir bileşendir (Baixauli ve ark., 2008). Proses koşulları (nem, pH, sıcaklık, ısıl işlem süresi, ısıtma-soğutma döngüleri vb. süreçler) kontrol altında tutularak ürünlerde EDN içeriği %30'a kadar arttırılabilmektedir (Tharanathan, 2002). EDN bazı geleneksel liflere göre birçok üründe daha iyi tekstür, ağız hissi, renk, lezzet ve gevreklik göstermiştir (Sajilata ve ark., 2006).

Gıda katkı maddesi olarak EDN türleri arasında en çok kullanılanı EDN-3'tür. Oluşum mekanizması, farklı kaynaklarda bulunan nişastaların hidrotermal işlemlerle jlatinizasyonu sağlandıktan sonra retrogradasyon sırasında oluşan kristalizasyon ile meydana gelmektedir (Kiatpongarp ve ark., 2015). Diğer EDN tipleri içerisinde EDN-1'in üretim teknikleri ile ilgili yeterli kaynak bulunmamaktadır. EDN-4 formu

için gıdalarda sınırlı sayıda üretim teknikleri bulunmaktadır. EDN-2 formu ise gıda çeşidine bağlı olarak genetik modifikasyon işlemleri ile amiloz içeriğinin artırılması sonucu oluşturulabilmektedir. Ancak nemli-ısıll işlem uygulamaları sonucunda kısmen veya tamamen kaybolduğundan gıdalarda katkı maddesi olarak kullanımı kısıtlanmaktadır (Brumovsky ve Thompson, 2007).

Gıda endüstrisinde ticari olarak kullanılan bazı enzime dirençli nişasta örnekleri ve EDN içerikleri Tablo 2.5.'de verilmiştir.

Tablo 2.5. Gıda endüstrisinde ticari olarak kullanılan enzime dirençli nişastalar (Finocchiaro ve ark. 2009).

| <b>Ticari Adı</b> | <b>EDN Tipi</b> | <b>EDN Miktarı (%)</b> |
|-------------------|-----------------|------------------------|
| Hi Maize 260      | EDN-2           | 53-60                  |
| Fibersym HA       | EDN-4           | 82-76                  |
| CrystaLean        | EDN-3           | 57-33                  |
| C Actistar        | EDN-3           | 53                     |
| Novelose 330      | EDN-3           | 57-33                  |
| Versafibe         | EDN-4           | 70                     |

EDN'nin endüstriyel uygulamaları başlıca düşük nemli ürünlerin hazırlanmasını içerir (Yue ve Waring, 1998). Ekmek, kekler ve kahvaltılık tahıllar gibi fırıncılık ürünleri lif kaynağı olarak EDN kullanılarak üretilebilmektedir (Fuentes-Zaragoza, 2010). Baixauli ve ark. (2008), EDN eklenmiş muffin tipi keklerde daha yumuşak bir doku yapısı belirlemiştir. Bu etki yüksek EDN oranı için daha belirgin bulunmuştur.

Şeker ve ark. (2006), mısır nişastasından elde edilen EDN içeren nişasta örneklerini %10, 20, 30 ve 40 oranlarında bisküvi formülasyonlarındaki yağ miktarı yerine kullanarak EDN'nin bisküvi üretiminde yağ ikame edici etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda bisküvi formülasyonuna ilave edilen %30 oranında EDN ile yağı azaltılmış, kabul edilebilir nitelikte bisküvi üretimi gerçekleştirildiği belirtilmiştir.

He ve ark. (2019), yoğurdun kalitesi üzerine EDN-2 (yüksek amilozlu mısır nişastası) ve EDN-3 (fiziksel olarak modifiye edilmiş mısır nişastası) ilavesinin etkilerini araştırmışlardır. Bifidobakteriyum içeren yoğurda son konsantrasyonda %1,5 olacak şekilde EDN-2 ve EDN-3 ilave edilmiş ve canlı bakteri sayımı, titrasyon asitliği, viskozite ve oluşan yoğurt suyu miktarı parametrelerine bakılmıştır. Çalışma sonucunda EDN-3 ilaveli yoğurdun bifidobakteriyumu etkili bir şekilde koruduğu, viskoziteyi artırdığı ve titrasyon asitliğini düşürdüğü ifade edilirken EDN-2 ilaveli yoğurdun viskozite, titrasyon asitliği gibi parametrelerin kontrol ile karşılaştırıldığında kalitesini olumlu yönde etkilediği ancak bifidobakteriyum miktarını koruyamadığı belirtilmiştir.

Pourmohammadi ve ark. (2019), mısır ve buğday nişastalarından elde edilmiş EDN-3'ü bisküvi hamuruna %20, 40, 60, 80 ve 100 oranlarında ilave ederek etkilerini araştırmışlardır. Toplam EDN içeriklerinin buğday dirençli nişastası eklenen bisküvi ve hamurlarında mısır dirençli nişastası eklenenlerden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Her iki örnekte kontrol ile karşılaştırıldığında EDN içeriklerinin artışıyla duyu özelliklerinin kabul edilebilirliği gelişirken; nem, protein içeriğinin azaldığı ve tekstürel yapılarının zayıfladığı ifade edilmiştir.

Tsatsaragkou ve ark. (2014), pirinç unu kullanılarak üretilen glutensiz ekmek formülasyonuna EDN ve keçiyoynuzu unu ekleyerek glutensiz ekmeğin kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, yumuşak ve elastik özelliklere sahip ekmek içinin 100 g un + 10 g protein ve 100 g un + 15 g EDN içeren örneklerde elde edildiği belirtilmiştir. Glutensiz fırıncılık ürünleri hamurlarının yapısal gelişiminde EDN ve proteinin kombine ilave edilmesiyle hamurun elastikiyetinde artış ve gözenekli yapının gelişimi üzerine önemli etkileri olduğu ifade edilmiştir.

### **2.2.3. Enzime dirençli nişasta oluşturmada kullanılan yöntemler**

Çeşitli nişasta kaynaklarında veya bazı gıda ürünlerinde EDN miktarını arttırmak ya da yeni formda EDN oluşturmak amacıyla hidrotermal uygulamalar, ekstrüzyon

işlemleri, mikrodalga uygulaması, enzim modifikasyonu kullanılarak dallanmış amilopektin yapısının azaltılması, yüksek basınç uygulamaları ve ultrasonikasyon gibi işlemler uygulamaktadır (Zhu ve ark., 2015).

### **2.2.3.1. Hidrotermal uygulamalar**

EDN oluşturmak amacıyla kullanılan yöntemler arasında olan hidrotermal uygulamalar ile farklı ürünlerde bulunan doğal nişastanın su varlığında ısı işlem uygulanarak ve soğutulmuş retrogradasyonu sağlanmaktadır. Pişirme ve soğutma işlemleri ile retrogradasyona uğrayan ve yeniden düzenlenen nişasta polimerleri sindirim sırasında enzimatik aktivite karşısında direnç gösterirler (Candal ve ark., 2016).

Altan (2015) karabuğday nişastasına tavlama ve ısı işlem uygulayarak EDN içeriğine olan etkisini araştırmıştır. Doğal karabuğday nişastasında %2,27 olan EDN içeriğinin, tavlama işleminden sonra 2 katına çıktığı, ısı işleminden sonra %2,5 olduğu gözlemlenmiştir. Hidrotermal işlemlerin nişastanın EDN içeriğini artırmada etkili olduğu belirtilmiştir.

Baklagil taneleri ve unlarında nişasta jelatinizasyonu ve ısı işlem uygulanmış baklagillerde nişasta sindirilebilirliği üzerine birçok araştırma bulunmaktadır. Chung ve ark. (2008) bezelye, mercimek ve mısır nişastalarında uygulanan sıcaklık-nem işleminden sonra EDN-3 miktarlarında artış tespit etmişlerdir.

Mahadevamma ve Tharanathan (2003) tarafından yapılan çalışmada; farklı nohut çeşitlerinde farklı pişirme metotları uygulayarak EDN oranlarını karşılaştırmışlardır. Pişmiş örnekler ham örnekler ile karşılaştırıldığında EDN içeriklerinde 3-4 katı (%0,65-1,46) kadar artış gözlemlendiği belirtilmiştir.

Almeida Costa ve ark. (2006) farklı baklagillere uygulanan nemli-ısı işlemi EDN içerikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Örnekler 16 saat 1:2 oranında suda bekletildikten sonra fasulye ve nohut örnekleri 14,7 atm basınçta sırasıyla 20 dk ve

40 dk, bezelye ve mercimek ise 20 dk pişirilerek dondurulmuş ve sonrasında liyofilize edilerek kurutulmuştur. Pişmiş örneklerde EDN miktarı ham örneklerle göre daha düşük bulunmuştur.

Garcia-Alonso ve ark. (1998), mercimek, nohut ve fasulye unlarına uygulanan ısı işleminin, dirençli nişasta ve glisemik indeks üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kuru baklagiller öğütülerek ve 0,5 mm elekten geçirilerek un elde edilmiştir. Un örnekleri su ile karıştırılmış (1:8 oranında) ve yüksek basınçlı pişirme (otoklavlama) ile jelatinize hale getirilmiştir. Daha sonra örnekler 16 saat dondurulup, tekrar oda sıcaklığında 8 saat bekletilmiş ve ardından 60°C'de kurutulmuştur. Ham baklagil unları en yüksek EDN değerine sahip bulunmuştur. Baklagiller arasında beyaz fasulye unu en yüksek değere (%21,3) sahipken, nohut ve mercimekte EDN miktarı %16'dır. EDN değerleri üzerinde soğutmanın etkisinin pişirme ve tekrar ısıtmaya oranla daha yüksek olduğu görülmüştür.

Yadav ve ark. (2010a) basınçlı pişirme işlemi uygulanmış çeşitli tahıl (buğday, arpa, pirinç) ve baklagil (bezelye, mercimek, fasulye) unlarında 4 ve 25°C sıcaklıklarda 12 ve 24 saat depolamanın EDN üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak, 4°C'de 24 saat bekletilen ürünlerin EDN içeriğinde daha fazla artış gözlemlenmiştir. Tahıllarla karşılaştırıldığında baklagillerin daha yüksek EDN içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Buğday ununda (%41,4) ve bezelye ununda (%85,4) en yüksek EDN değerleri bulunmuştur. Nişastanın biyoyararlılığı ve baklagillerin EDN içeriğindeki artışında, nişasta granüllerini çevreleyen sağlam doku/hücrelerin varlığı, yüksek amiloz içeriği (bu çalışmada %26,8-33,6), yüksek viskoz çözünebilir diyet lifi içeriği, B tipi kristaller ve amiloz zincirleri arasındaki güçlü bağların katkı sağladığı ifade edilmiştir. Çalışma sonucunda amiloz içeriği ve depolanmış (4°C, 24 saat) gıdaların EDN'leri arasında önemli bir ilişki gözlemlendiği belirtilmiştir.

### **2.2.3.2. Asit hidrolizi ile enzime dirençli nişasta üretimi**

Asit hidrolizi jelatinizasyon sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda nişastanın H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, HNO<sub>3</sub> ve H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> gibi asitlerle muamele edilmesi işlemidir. Hidroliz derecesi

işlem süresinin bir fraksiyonu olarak değişmektedir (Betancur ve ark., 1997). Asit hidrolizi sırasında glikozidik bağlardaki oksijenle hidronyum ( $H_3O^+$ ) iyonları etkileşir ve hidrolizden sonra bağlanırlar. Asit modifikasyonu fizikokimyasal özellikleri değiştirebilir ancak granül yapı sağlamlığını korumaktadır (Annison ve ark., 1994). Asit hidrolizleri nişastanın yapısını geniş ölçüde kimyasal modifikasyonla değiştirerek kristal yapı formlarını iyileştirmektedir (Aparicio-Saguilan ve ark., 2013).

Yapılan bazı çalışmalar dirençli nişastanın optimum formunu oluşturmak için kabul edilebilir uzunlukta lineer zincirler üretmek amacıyla farklı asit hidroliz koşulları kullanılarak EDN üretilebileceğini göstermektedir (Pratiwi ve ark., 2018). Chung ve ark. (2003) zayıf asit hidrolizinin ardışık işlemler ve dondurma-çözülme işlemleri ile daha fazla amiloz oluşmasını sağladığını ve böylece retrogradasyonun arttığını belirtmişlerdir.

Kahraman ve Köksel (2006), amilotip mısır nişastasında asit modifikasyonu ve otoklavlama işlemlerinin fonksiyonel özellikler ve EDN içerikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Nişasta ve hidrolizatlarının EDN içeriği %2-3 oranında, otoklavlama işlemi yapılan örneklerin ise %23-25 oranında olduğu; ısı işlem ve asit modifikasyonunun örneklerin emülsiyon özelliklerinde iyileşme sağladığı ve bu nedenle bazı gıdalarda yağ ikame edici olarak kullanılabilmesi ifade edilmiştir.

### **2.2.3.3. Enzim modifikasyonu ile enzime dirençli nişasta üretimi**

Enzimatik nişasta modifikasyonu, dallanmış amilopektin zincirlerinin kısa düz zincirlere dönüşmesi esasına dayanmaktadır. Pullulanaz; pullulan, amilopektin ve diğer polisakkaritlerdeki  $\alpha$ -1,6 glikozidik bağlarını kıran önemli enzimlerden biridir. Amilopektinin parçalanmasıyla daha fazla kısa düz moleküller üretilebilmekte ve ayrıca retrogradasyon sırasında yeni bir kristal yapı açığa çıkmaktadır. Bu yüzden enzim uygulaması kısa düz moleküllerin retrogradasyonuna izin veren otoklavlama-soğutma uygulamaları ile yaygın olarak kombine kullanılmakta ve böylelikle EDN verimini artırmaktadır (Pratiwi ve ark., 2018).

Morales-Medina ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada mercimek, bakla, nohut, beyaz ve kırmızı barbunya olmak üzere 5 farklı baklagil ununda pullulanaz enzimi kullanarak EDN içeriğine etkilerini karşılaştırmışlardır. Barbunya unundan elde edilen EDN'nin (%31,8) diğer baklagil unlarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir.

#### **2.2.3.4. Otoklavlama-soğutma işlemleri ile enzime dirençli nişasta üretimi**

Nişasta yapısal olarak sabit bir sıcaklığın üzerine ısıtıldığında jel formuna gelmekte, soğutulduğunda ise jel kısmen kristal yapıya dönüşmektedir. Bu fiziksel değişim doğal nişastanın EDN-3 formuna dönüşmesini sağlayan bir otoklavlama-soğutma işlemidir. Otoklavlama işlemi boyunca, nişastanın granül yapısının parçalanmasına sebep olan jelatinizasyon meydana gelmektedir. Jelatinizasyon sıcaklığı EDN'nin verimini etkilemektedir (Escarpa ve ark., 1997).

Dündar ve Göçmen (2013) yaptıkları çalışmada, yüksek amilozlu mısır nişastasında farklı otoklav sıcaklıkları (140-145°C) ve depolama süresinin (24, 48, 72 saat) EDN içeriği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Uygulamalar arasında 145°C otoklav sıcaklığı ve 72 saat depolamada en yüksek EDN verimi elde edildiği belirtilmiştir.

Piecyk ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, çalı fasulyesinde farklı ısıl işlemler (otoklavlama ve geleneksel pişirme) ile soğutma ve dondurma (-18°C, 21 gün) işlemlerinin EDN üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Pişirme ve dondurma işlemi uygulanan fasulyelerin EDN içeriklerinin ham baklagile göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Otoklavlanan ve -18°C'de dondurulan örneklerde en yüksek EDN (%8,8) gözlemlendiği ifade edilmiştir.

#### **2.2.3.5. Yüksek hidrostatik basınç işlemleri ile enzime dirençli nişasta üretimi**

Isıl olmayan işleme teknolojisi olan yüksek hidrostatik basınç (YHB) işlemi nişasta yapısını modifiye ederek EDN-3 üretmek için kullanılabilir. YHB uygulaması

kompresyon (basınçlandırma) süresince nişasta granüllerini şişirerek bu sayede nişasta jelatinizasyonunu başlatmakta ve sağlam kovalent bağları ayırarak ikincil ve üçüncül parçalama ürünleri açığa çıkarmaktadır (Cheftel, 1992).

EDN-3 oluşumu açısından diğer ısı işlem metotları ile karşılaştırıldığında, YHB işlemi süresince nişasta granül yapısını daha yüksek oranda korumaktadır. Farklı bitkisel kaynaklardan elde edilen nişasta örneklerine YHB uygulaması ile diğer ısı işlem uygulanmış örneklerle göre genellikle daha düşük bir retrogradasyon oranı gözlenmektedir. Bu özellik sayesinde YHB işlemi ile hazırlanan EDN-3 içeren ticari ürünlerde, işlemden sonra ve raf ömrü boyunca gelişmiş tekstürel yapı sağlanmaktadır (Papathanasiou ve ark., 2015).

#### **2.2.3.6. Mikrodalga işlemleri ile enzime dirençli nişasta üretimi**

Mikrodalga yüksek frekansta elektromanyetik alanın hızlı değişiminin bir sonucu olarak, ortama nüfuz ederek sıcaklıkta artışa sebep olan, iyonize olmayan enerjiyi ifade etmektedir (Lewandowicz ve ark., 2000). Mikrodalga ile pişirme yöntemiyle EDN-3 oluşturulması üzerine yapılan çoğu çalışma yüksek su içeren sistemlerde yürütülmekte, bazıları ise mikrodalga ışınları altında sınırlı nem seviyelerinde kuru nişastanın modifikasyonu üzerine odaklanmaktadır. Mikrodalga ışınları kısa zaman periyotlarında ısının hızlı yayılımını sağlayarak nişasta yapısını yüksek oranda değiştirerek yüksek EDN-3 verimi sağlar (Fan ve ark., 2013).

Mutlu ve ark. (2017) yüksek amilozlu mısır nişastasına (Hylon VII) mikrodalga-depolama döngüleri ve kurutma işlemleri uygulayarak EDN içeriği ve fonksiyonel özellikler üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada 1:10 oranında nişasta:su karışımı pişirilmiş ve çeşitli mikrodalga-depolama döngüleri ve kurutma işlemleri uygulanmıştır. Mikrodalga-depolama döngüleri ile örneklerin EDN içeriklerinin arttığı, en yüksek EDN (%43,4) içeriğinin mikrodalga işleminin 2 dk süre ile %20 güçte 3 döngü uygulanan örnekte elde edildiği belirtilmiştir.



## **BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **3.1. Materyal**

Araştırmada hammadde olarak Sakarya'dan yerel bir marketten tedarik edilen dermason cinsi fasulye, yeşil mercimek, koçbaşı cinsi nohut ve ayçiçek yağı kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan başlıca alet-ekipmanlar: etüv (Memmert UNB-100, Almanya), mikrodalga fırın (Fakir MW80200), çalkalamalı su banyosu (Memmert, WNB 14, Almanya), öğütücü (Waring Blender, USA), Santrifüj (Hettich Universal 320R, Almanya), liyofilizatör (FreeZone, Labconco, USA).

### **3.2. Yöntem**

#### **3.2.1. Baklagil örneklerinin pişirilmesi**

Çalışmada koçbaşı cinsi nohut, dermason cinsi fasulye ve yeşil mercimek kullanılmıştır. Her bir baklagil örneğinden cam kavanozlara 100 gram tartılmış ve üzerine 500 mL distile su ilave edilmiştir. Cam kavanozlar sızıntı olmayacak şekilde kapatılarak oda sıcaklığında 16 saat bekletilmiştir. Süre sonunda örneklerin suyu süzölmüş ve üzerilerine 600 mL distile su ilave edilerek pişirme işlemi yapılmıştır. Yağlı örneklerde ise ıslatılmış örnek ağırlığının %20'si oranında yağ ilave edilerek aynı miktarda su ile pişirme işlemi uygulanmıştır.

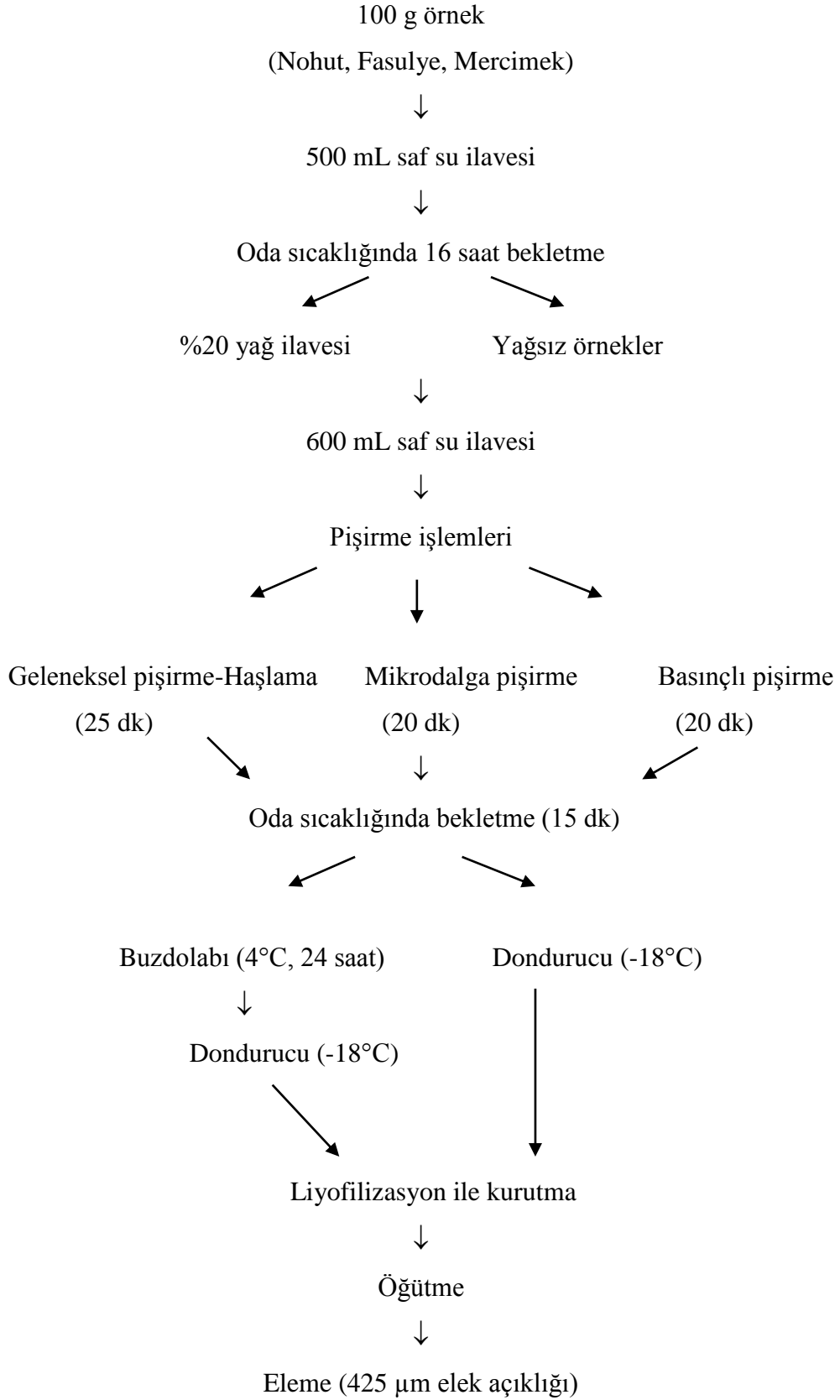
Üç farklı pişirme yöntemi gerçekleştirilmiştir: geleneksel pişirme (haşlama), basınçlı pişirme (düdüklü tencere) ve mikrodalga pişirme. Yapılan ön denemelerde pişme süresi örneklerin duysal olarak çiğnenebilirliğinin test edilmesiyle belirlenmiştir.

Buna göre örnekler geleneksel pişirme işleminde 25 dk, diğerlerinde ise 20 dk pişirilmiştir. Pişirme süresi sonunda oda sıcaklığında 15 dk bekletilerek soğuması sağlanmıştır. Soğutulan örnekler tartım yapılarak iki kısma bölünmüş ve biri buzdolabında (+4°C) 24 saat bekletilmiş, diğeri ise bekletilmeden dondurucuya (-18 °C) aktarılmıştır. Daha sonra tüm örneklere liyofilizasyon ile kurutma işlemi uygulanmıştır. Kurutulan örnekler öğütüldükten sonra 425 µm elekten elenmiştir.

Baklagil örneklerine uygulanan pişirme ve kurutma işlemleri akım şeması Şekil 3.1.'de, örnek kodlamaları ise Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Baklagil örneklerine uygulanan işlemler ve örnek kodlamaları

| Uygulanan İşlemler                  | Örnek Kodu |         |          |
|-------------------------------------|------------|---------|----------|
|                                     | Nohut      | Fasulye | Mercimek |
| Pişmemiş                            | N          | F       | M        |
| Haşlama                             | HN1        | HF1     | HM1      |
| Haşlama+Buzdolabı                   | HN2        | HF2     | HM2      |
| Haşlama (Yağlı)                     | HN3        | HF3     | HM3      |
| Haşlama (Yağlı)+Buzdolabı           | HN4        | HF4     | HM4      |
| Mikrodalga                          | MN1        | MF1     | MM1      |
| Mikrodalga+ Buzdolabı               | MN2        | MF2     | MM2      |
| Mikrodalga (Yağlı)                  | MN3        | MF3     | MM3      |
| Mikrodalga (Yağlı)+Buzdolabı        | MN4        | MF4     | MM4      |
| Basınçlı pişirme                    | BN1        | BF1     | BM1      |
| Basınçlı pişirme+ Buzdolabı         | BN2        | BF2     | BM2      |
| Basınçlı pişirme (Yağlı)            | BN3        | BF3     | BM3      |
| Basınçlı pişirme (Yağlı)+ Buzdolabı | BN4        | BF4     | BM4      |



Şekil 3.1. Baklagil örneklerinin pişirme ve kurutma işlemleri akım şeması

### 3.2.2. Su tutma kapasitesi tayini

Baklagil örneklerinin ıslatma sonrası ve pişme sonrası su tutma kapasiteleri ağırlıklar arasındaki farktan aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır (Denklem 3.1 ve 3.2).

$$\text{Su tutma kapasitesi-1 (\%)} = [(m_2 - m_1) / m_1] * 100 \quad (3.1)$$

$$\text{Su tutma kapasitesi-2 (\%)} = [(m_3 - m_2) / m_2] * 100 \quad (3.2)$$

$m_1$ : Pişmemiş örnek ağırlığı (g)

$m_2$ : Örneklerin ıslatma sonrası ağırlığı (g)

$m_3$ : Örneklerin pişme sonrası ağırlığı (g)

### 3.2.3. Nem miktarı tayini

Pişmemiş ve pişirilip kurutulmuş baklagil örneklerinin nem miktarları AACCC Standart Metot No: 44-15A'a göre belirlenmiştir (AACCC, 2000). Kurutma kapları 135°C'deki etüvde kurutulmuş sabit tartıma getirilmiştir. Yaklaşık 1 gram örnek kurutma kabına tartıldıktan sonra etüvde 135°C'de 2 saat bekletilmiştir. Süre sonunda etüvden alınan kurutma kapları oda sıcaklığına gelene kadar desikatörde soğutulmuş ve ardından tartımları yapılmıştır. Örneklerin nem miktarı aşağıdaki eşitlik kullanılarak (Denklem 3.3) hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Nem} = [(m_2 - m_3) / (m_2 - m_1)] * 100 \quad (3.3)$$

$m_1$ : Sabit tartıma getirilmiş kurutma kabının ağırlığı (g)

$m_2$ : Örnek ve kurutma kabının toplam ağırlığı (g)

$m_3$ : Kurutma işleminden sonra örnek ve kurutma kabının toplam ağırlığı (g)

### 3.2.4. Enzime dirençli nişasta miktarı tayini

Pişmemiş ve pişirilip kurutulmuş baklagil örneklerinin enzime dirençli nişasta miktarları, AOAC 2002.02 (AOAC, 1998) ve AACC 32-40 (AACC, 2000) yöntemlerine göre “Resistant starch kit” (Megazyme Int., Ireland) kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemin prensibine göre, örnekler  $\alpha$ -amilaz ve amiloglukozidaz enzimleri ile 37°C’de inkübe edilerek nişastanın çözünmesi ve glukozla dönüşmesi sağlanır. Çözünmeyen kısım santrifüj edilerek EDN peleti şeklinde çöktürülür ve bu EDN peleti KOH çözeltisi ile çözündürülerek amiloglukozidaz enzimi ile glukozla dönüştürülür. Oluşan glukoz spektrofotometrik yöntemle ölçülür. Analiz sırasında oluşan çözünen nişasta kısmı da ayrıca belirlenerek toplam nişasta miktarı hesaplanır. Yöntemin ayrıntısı Şekil 3.2.’de akım şeması olarak gösterilmiştir.

EDN ve toplam nişasta miktarları aşağıda verilen denklemlerle (Denklem 3.4, 3.5 ve 3.6) hesaplanmıştır:

$$\text{EDN (\%)} = (\Delta E_1 * F * 9.27) / W \quad (3.4)$$

$$\text{Sindirilebilir nişasta (\%)} = (\Delta E_2 * F * 90) / W \quad (3.5)$$

$$\text{Toplam nişasta (\%)} = \text{EDN (\%)} + \text{Sindirilebilir nişasta (\%)} \quad (3.6)$$

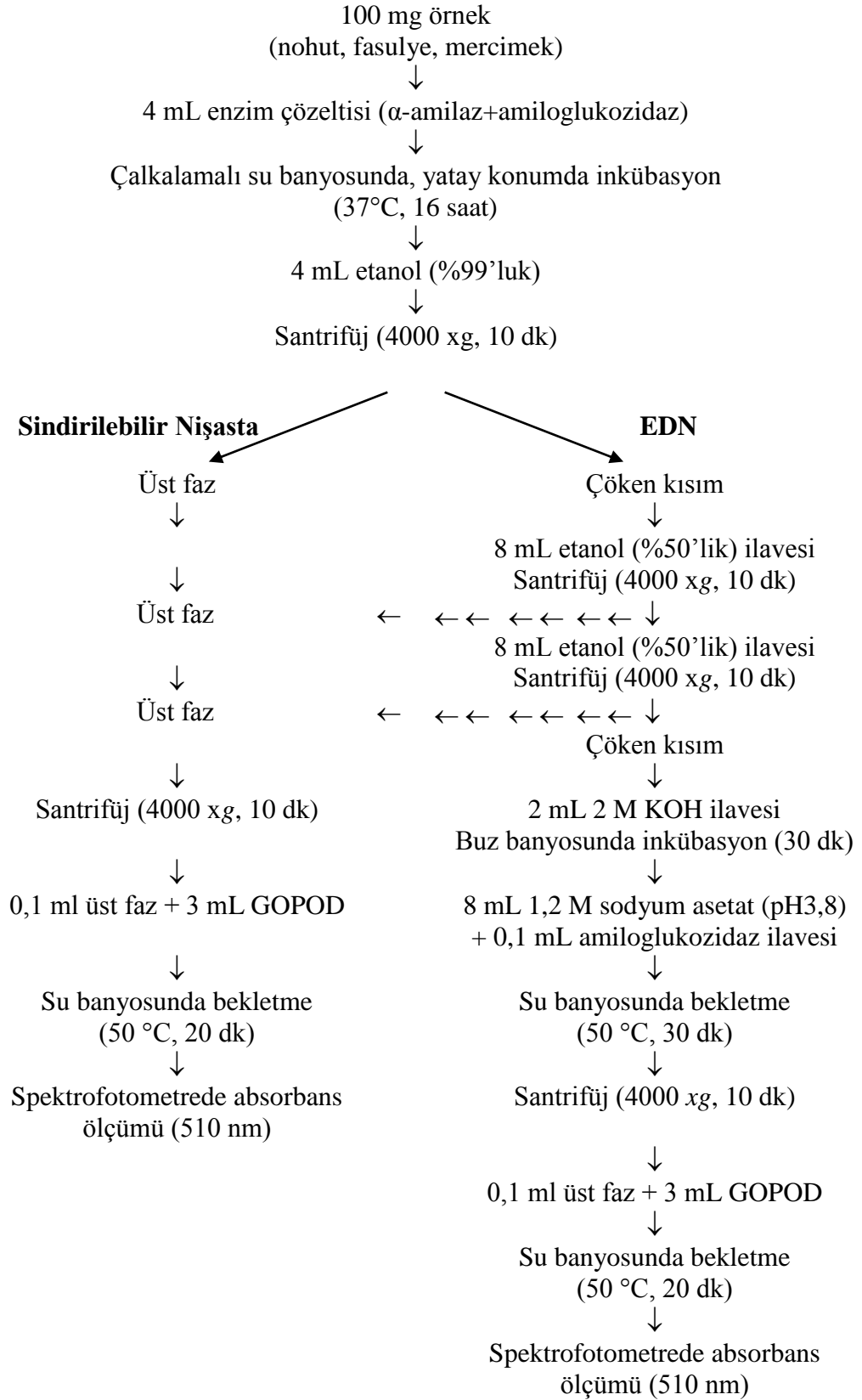
$\Delta E_1$ : dirençli nişasta için kör numuneye karşı okunan absorbans

$\Delta E_2$ : sindirilebilir nişasta için kör numuneye karşı okunan absorbans

F: 100/GOPOD absorbansı

W: [örnek miktarı x(100-nem içeriği)x100]

9,27 ve 90: deneysel çevirme katsayıları



Şekil 3.2. EDN ve sindirilebilir nişasta analizi akım şeması

### 3.2.5. Toplam diyet lif analizi

Pişmemiş ve pişirilip kurutulmuş baklagil örneklerinin toplam diyet lif (TDL) içerikleri AOAC 991.43 standart metoduna göre “TDF Assay Kit” (Merck, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir (AOAC, 1998). Bu yöntemin prensibine göre, örnekler  $\alpha$ -amilaz, proteaz ve amiloglukozidaz enzimleri ile reaksiyona tabi tutulur. Enzim tarafından parçalanmayan kısım (TDL) etil alkol ile çöktürülür ve gravimetrik olarak kalıntı miktarı belirlenir. Kalıntıda AACCI Metot No. 08-01’e göre (AACCI, 2000) kül analizi yapılır. Yöntemin ayrıntısı Şekil 3.3.’de akım şeması olarak gösterilmiştir.

Toplam diyet lif miktarı aşağıdaki formüle göre (Denklem 3.7) hesaplanmıştır:

$$\text{Toplam diyet lif (\% )} = [(m_1 - m_2) / m_3] * 100 \quad (3.7)$$

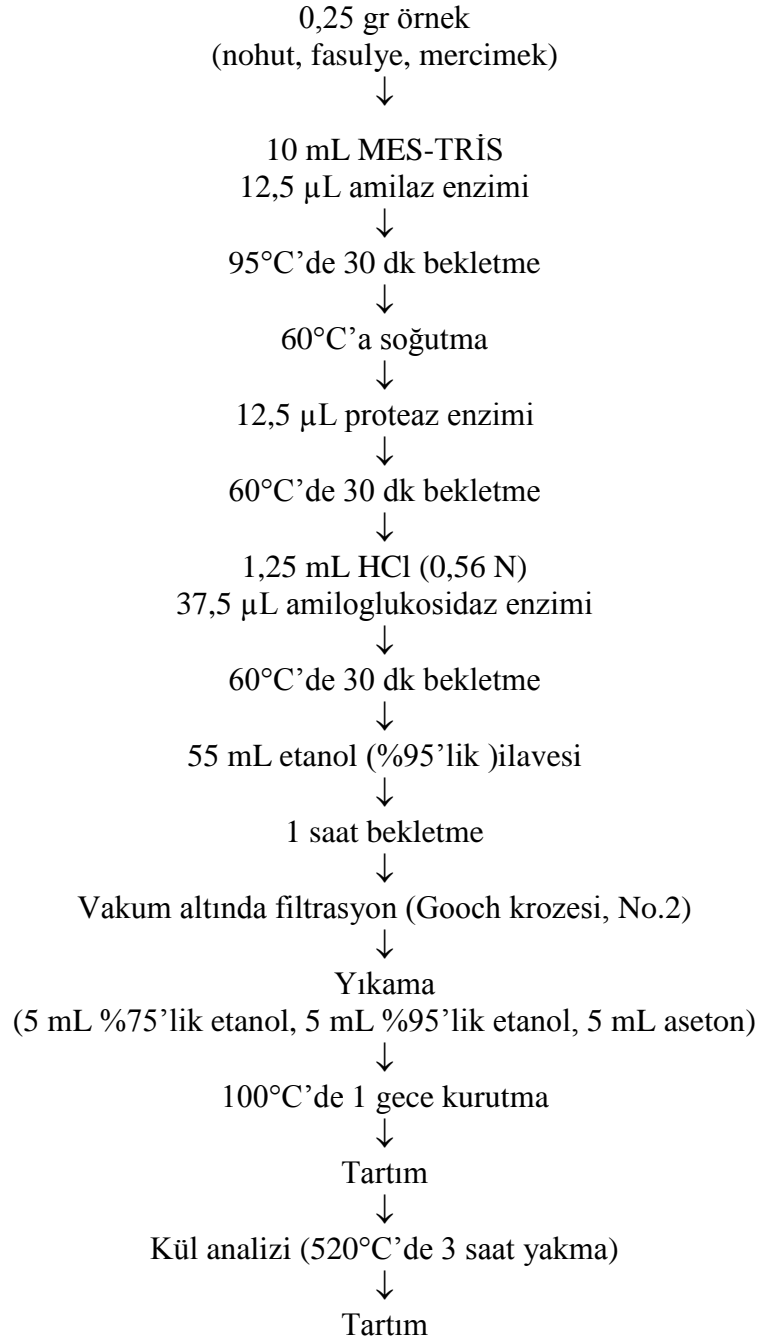
$m_1$ : kalıntı miktarı, g

$m_2$ : kül miktarı, g

$m_3$ : örnek miktarı, g

### 3.2.6. İstatistiksel analiz

Çalışmada elde edilen veriler SPSS 11.5 istatistik programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Örnekler arası farklar önemli bulunduğu ortalamalar DUNCAN testi kullanılarak  $p \leq 0,05$  önem düzeyine göre karşılaştırılmıştır. Pişirme yöntemlerinin etkisi *t-testi* ile ikili karşılaştırma yapılarak  $p \leq 0,05$  önem düzeyine göre ölçülmüştür.



Şekil 3.3. Baklagil örneklerinin toplam diyet lifi analiz akım şeması



## **BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

### **4.1. Nem Miktarı**

Çalışmada kullanılan nohut, fasulye ve mercimek örneklerinin nem miktarları sırasıyla %9,41, 9,97 ve 10,57 olarak belirlenmiştir. Pişirme işlemi uygulanmış ve liyofilize edilmiş nohut, fasulye ve mercimek örneklerinin nem miktarlarının sırasıyla %3,41-5,57, 3,71-5,48 ve 3,73-15,40 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Belirlenen nem değerleri örneklerin analiz öncesinde depolanması için uygun değerlerdir. Pişirme işlemleri karşılaştırıldığında nem içeriği nohutta en yüksek basınçlı pişirme işlemi uygulanan örnekte gözlemlenirken fasulye ve mercimekte geleneksel pişirme işlemi sonrasında bulunmuştur.

Almeida Costa ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada, ham ve pişirme işlemi uygulanmış baklagillerin nem içerikleri sırasıyla; bezelyede %9,88 ve 2,61, fasulyede %9,93 ve 5,29, nohutta %7,79 ve 2,29 ve mercimekte %11,2 ve 3,63 olarak tespit edilmiştir. Osorio-Diaz ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada 3 farklı ticari fasulye ununun nem içeriklerini %4,62, 6,86 ve 5,82 olarak belirlemişlerdir. Hefnawy (2011) tarafından yapılan çalışmada, mercimekte ham, geleneksel pişirme, basınçlı pişirme ve mikrodalga pişirme işlemi sonucunda nem içerikleri sırasıyla; %8,51, 8,63, 8,55 ve 8,40 olarak bulunmuştur. Pişirme işlemleri karşılaştırıldığında nem içeriği en yüksek geleneksel pişirme işlemi uygulanan örnekte gözlemlenirken en düşük mikrodalga ile pişirme işlemi sonrasında bulunmuştur. Bu tez çalışmasında elde edilen nem değerleri literatür ile uyumludur.

### **4.2. Su Tutma Kapasitesi**

Çalışmada kullanılan nohut, fasulye ve mercimek örneklerinin pişme öncesindeki ıslatma sonrası su tutma kapasitesi değerleri sırasıyla %106,6, 109,2 ve 115,6 olarak

tespit edilmiştir. Aynı miktarda tane/su oranı kullanarak ıslatma yapılan örneklerde mercimek örneğinin diğerlerine göre daha fazla su tuttuğu görülmektedir.

Baklagil örneklerinin farklı yöntemlerle pişirme sonrası su tutma kapasitesi değerleri Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Baklagil örneklerinin pişirme sonrası su tutma kapasitesi değerleri

| Pişirme yöntemi    | Pişme sonrası su tutma kapasitesi (%) |         |          |
|--------------------|---------------------------------------|---------|----------|
|                    | Nohut                                 | Fasulye | Mercimek |
| Haşlama            | 108,3                                 | 127,8   | 188,6    |
| Mikrodalga pişirme | 108,6                                 | 112,4   | 167,7    |
| Basınçlı pişirme   | 145,9                                 | 138,8   | 185,8    |

Baklagil örnekleri arasında mercimek örneğinin pişme sonrası su tutma değeri her üç farklı pişirme yöntemi için diğer baklagillere göre daha yüksek bulunmuştur. Pişirme yöntemleri arasındaki fark incelendiğinde, nohutta ve fasulyede basınçlı pişirme ile, mercimekte ise haşlama ile daha fazla su tutma sağlandığı görülmüştür.

Baklagillerin pişmesini kolaylaştırmak amacıyla pişirmeden önce genellikle suda bekletme işlemi gerçekleştirilmektedir. Farklı tanelerin farklı ıslatma koşullarında bekletilmeleri sonucunda su tutma kapasitelerinde de farklılıklar olabilmektedir. Tanenin su tutma miktarı suyun sıcaklığı ve bekletme süresine göre değişmektedir. Sıcaklığın artması ile suyun difüzyonu artacağından genellikle ılık su kullanılarak su tutma miktarı artırılma yoluna gidilmektedir (Shafaei ve ark., 2016).

Sayar ve ark. (2001) nohutta farklı sıcaklıklarda su absorpsiyonu ölçümü yapmışlar ve 20°C'de bekletilen nohutlarda su absorpsiyonunu %102 bulmuşlardır. Başka bir çalışmada, farklı fasulye ve mercimek çeşitlerinde su tutma kapasitesi, ham örneklerde 135-182 g su/ 100 g, pişme sonrası örneklerde ise 181-263 g su/ 100 g olarak belirlenmiştir (Elhardallou ve Walker, 1993). Corrêaa ve ark. (2010)'nın çalışmasında, 7 farklı fasulye çeşidinde 16 saatlik ıslatma sonunda ulaşılan su tutma kapasitesi değerlerinin %100,3-112,0 (ortalama %107,5) arasında değiştiği belirtilmiştir.

Çalışmada elde ettiğimiz su tutma değerleri literatürdeki değerlerle benzerlik göstermektedir.

### 4.3. Enzime dirençli nişasta (EDN) miktarı

#### 4.3.1. Nohut örneklerinin EDN miktarı

Farklı pişirme yöntemleri ile üretilen nohut örneklerine ait enzime dirençli nişasta, sindirilebilir nişasta ve toplam nişasta miktarları Tablo 4.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Nohut örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişme sonrası EDN, sindirilebilir nişasta ve toplam nişasta içerikleri (%)<sup>1</sup>

| Örnek Kodu <sup>2</sup> | EDN <sup>3</sup><br>(%) | Sindirilebilir Nişasta<br>(%) | Toplam Nişasta<br>(%) |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| N                       | 0,42 e                  | 48,79 ab                      | 49,21 c               |
| HN1                     | 4,39 cd                 | 49,15 ab                      | 53,54 abc             |
| HN2                     | 4,31 cd                 | 47,11 ab                      | 51,42 abc             |
| HN3                     | 4,42 bc                 | 47,81 ab                      | 52,23 abc             |
| HN4                     | 4,63 abc                | 48,15 ab                      | 52,78 abc             |
| MN1                     | 4,55 bc                 | 48,44 ab                      | 52,99 abc             |
| MN2                     | 4,26 d                  | 48,38 ab                      | 52,64 abc             |
| MN3                     | 4,34 cd                 | 48,58 ab                      | 52,92 abc             |
| MN4                     | 4,57 bc                 | 45,13 b                       | 49,70 bc              |
| BN1                     | 4,60 abc                | 50,89 a                       | 55,49 a               |
| BN2                     | 4,51 bc                 | 49,44 ab                      | 53,95 ab              |
| BN3                     | 4,75ab                  | 50,60 a                       | 55,35 a               |
| BN4                     | 4,80 a                  | 47,52 ab                      | 52,32 abc             |

<sup>1</sup>Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (p<0,05)

<sup>2</sup>N:nohut, H:haşlama, M:mikrodalga ile pişirme, B:basınçlı pişirme, 1:yağsız+dondurucu, 2:yağsız+buzdolabı, 3:yağlı+dondurucu, 4:yağlı+buzdolabı, <sup>3</sup>EDN:enzime dirençli nişasta.

İşlem görmemiş doğal nohut örneğinin toplam nişasta içeriği %49,21 bulunmuştur. Farklı pişirme yöntemleri uygulanmış nohut örneklerinin toplam nişasta içerikleri %49,70-55,49 arasında değişmektedir.

Yapılan çalışmalarda farklı nohut çeşitlerinin toplam nişasta içerikleri %34,0-45,1 arasında değiştiği görülmektedir (Garcia-Alonso ve ark., 1998; Marconi ve ark.,

2000; Brumer ve ark., 2015; Türksoy, 2018). Brummer ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada pişirme işlemi (ıslatma-kaynatma) uygulanmış iki farklı nohut örneğinin (Desi ve Kabuli) toplam nişasta miktarı sırasıyla %35,5 ve 43,0 olarak bulunmuştur. Marconi ve ark. (2000) nohutta geleneksel ve mikrodalga olmak üzere iki farklı pişirme yöntemi uygulandığında toplam nişasta miktarlarını sırasıyla %44,5 ve 44,3 olarak belirlemişlerdir. Literatürde bulunan toplam nişasta içerikleri ile bu çalışmada belirlenen değerlerin birbiriyle uyumlu oldukları görülmektedir.

Piecyk ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, ham ve işlenmiş baklagil (fasulye, mercimek ve bezelye) tanelerinden elde edilen unların nişasta sindirilebilirliği ve kimyasal bileşenleri araştırılmıştır. Pişirme işlemlerinden sonra toplam nişasta içeriğinin tüm unlarda artış gösterdiği, bu durumun işlem sırasında çözünür bileşenlerin kaybindan dolayı olabileceği rapor edilmiştir. Minerallerin suya geçişinin göstergesi olan kül içeriğindeki azalmada bunu doğrulamaktadır. Suya geçişi olan diğer bileşenlerden bazıları sakaroz, oligosakkaritler ve çözünür diyet lifi gibi bileşenlerdir (Wang ve ark., 2010). Bu çalışmanın aksine Rehman ve ark. (2001) tarafından pişirme süresine bağlı olarak, pişirme işleminden sonra nişasta içeriğinin azaldığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, Tovar ve ark. (1990) tarafından pişme süresinin artışıyla baklagil tanelerindeki nişasta içeriğinin azaldığı rapor edilmiştir.

İşlem görmemiş doğal nohut örneğinin EDN içeriği %0,42 bulunmuştur. Farklı pişirme yöntemleri uygulanmış nohut örneklerinin EDN içerikleri %4,26-4,80 arasında değişmektedir. Pişirme yöntemleri arasında fark incelendiğinde, geleneksel pişirme (haşlama) ve mikrodalga pişirme arasında önemli fark olmadığı ( $p>0,05$ ), basınçlı pişirme ile daha yüksek ( $p<0,05$ ) EDN değerleri elde edildiği belirlenmiştir. Tüm pişirme işlemleri için, yağ ilave edilmeden pişirilmiş ve buzdolabında bekletilmiş nohut örneklerinin EDN içerikleri bekletilmeyen örneklere göre daha düşük bulunmuştur. Yağ ilave edilerek pişirilmiş ve buzdolabında bekletilmiş nohutların EDN miktarı ise bekletilmeyenlere göre daha yüksek bulunmuştur.

Garcia-Alonso ve ark. (1998), ham ve pişmiş baklagil unları ve tanelerinin EDN içerikleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Ham nohut örneğinin EDN içeriği

%16,43 olarak tespit edilmiştir. Yüksek basınçta pişirilmiş nohut ununda %7,28 EDN bulunmuştur. Kaynatma işlemi uygulanmış nohut tanelerinde EDN miktarı %4,35 olarak belirlenmiştir. Kaynatma işleminden sonra buzdolabında 4 gün bekletilen örneklerde EDN miktarı %5,48'e yükselmiştir.

Almeida Costa ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada, ham ve basınçlı pişirme işlemi uygulanmış baklagiller (bezelye, fasulye, nohut ve mercimek) EDN içeriği bakımından karşılaştırıldığında ısı işlem uygulanan baklagillerde (%1,89-2,46) ham örneklerden (%2,45-3,72) daha düşük EDN miktarı bulunmuştur. Ham nohut örneğinde EDN içeriği %3,39 iken pişmiş nohutta %2,23'e düşmüştür.

Mahadevamma ve Tharanathan (2004) yaptıkları çalışmada, baklagil unlarında farklı pişirme teknikleri (geleneksel pişirme, otoklavlama, basınçlı pişirme vb.) ve farklı katkı maddeleri (yağ, tuz, şeker, asetik asit vb.) ilavesi yaparak EDN üzerine etkilerini araştırmışlardır. Ham nohut örneğinin EDN içeriği %0,30 olarak bulunmuştur. EDN miktarı pişirme işlemi uygulanmış örneklerde (%0,65-1,60) ham örneklerine (%0,18-0,41) göre 3-4 katı daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Geleneksel pişirme yöntemi ile karşılaştırıldığında basınçlı pişirme yöntemi ile örneklerin EDN içeriklerinde 1,5-2 katı kadar artış olduğu belirlenmiştir. Bezelye ununa pişme sonrası hindistan cevizi, yer fıstığı ve ayçiçek yağının eklenmesinin EDN içeriğini önemli ölçüde düşürdüğü rapor edilmiştir. Yağlı örnekler arasında en yüksek EDN içeriğini %0,44 ile yer fıstığı yağı ilave edilen örnekte gözlemlenmişlerdir.

Fabbri ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, pişirme süresinin farklı baklagillerde EDN içeriğine etkilerini araştırmışlardır. Örnekler 12 saat suda bekletildikten sonra 90 dk kaynatma işlemi uygulanmış ve 15 dk zaman aralıkları ile EDN içeriklerini karşılaştırmışlardır. Ham nohutta EDN miktarı %5 iken pişme işlemi sonrasında %2,5-5,0 arasında değişmiştir.

Brummer ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada ham ve pişmiş (ıslatma-kaynatma) farklı baklagil çeşitlerinin yapısal ve fonksiyonel özellikleri belirlenmiştir.

Piştirme işlemi uygulanmış iki farklı nohut örneğinin (Desi ve Kabuli) EDN miktarları sırasıyla %4,05 ve 4,43 olarak belirlenmiştir.

Wang ve ark. (2010) farklı baklagillerde piştirme (haşlama) işlemi ile EDN içeriğindeki değişimleri incelemişlerdir. İki farklı nohut çeşidinde (Desi ve Kabuli) ham örneklerde sırasıyla %2,2 ve 0,87 EDN bulunmuştur. Piştirme ile EDN içeriklerinde artış gözlenmiş, pişmiş Desi ve Kabuli cinsi nohutların EDN miktarları sırasıyla %3,94 ve 4,29 olarak tespit edilmiştir.

Marconi ve ark. (2000) nohut ve fasulyede geleneksel piştirme ile mikrodalga pişirmenin besinsel ve fizikokimyasal özelliklere etkisini araştırmışlardır. Ham nohutta EDN miktarı %12,27 iken geleneksel ve mikrodalga piştirme ile sırasıyla %4,67 ve 4,78 olarak belirlenmiştir. Piştirme yöntemleri arasında önemli fark olmadığı belirtilmiştir.

Literatür incelendiğinde, işlem görmemiş nohutta EDN miktarının %0,30-16,43 arasında olduğu görülmektedir. EDN miktarındaki bu farklılığın temel nedeninin nohut çeşidi ve yetiştirme koşulları (toprak, iklim) olduğu düşünülmektedir. Baklagillerin bileşimindeki farklılıkların ürünün yetiştiği koşullar ile ürün türü ve çeşidine (dermason, koçbaşı, yeşil) bağlı olarak değişebileceği belirtilmiştir (Mazza ve Oomah, 2003). Bu çalışmada ham nohut için belirlenen EDN miktarı (%0,42) literatür ile uyumludur.

Yapılan çalışmalarda, nohutta piştirme işlemi ile EDN miktarındaki değişimlerle ilgili farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Piştirme ile EDN içeriğinin arttığı ya da azaldığı farklı çalışmalar mevcuttur. Bu tez çalışmasında, piştirme ile nohutun EDN içeriğinde artış meydana gelmiştir. Ham nohutta bulunan EDN tipi EDN-2 olup ısıtma işlemi ve retrogradasyon sonucunda EDN-3'e dönüşmektedir. Pişmiş örneklerde tespit edilen EDN'nin büyük oranda EDN-3 olduğu sonucuna varılabilir. Yağ ilave edilen örneklerde literatürden farklı olarak EDN miktarında artış görülmüştür. Yağ ve benzeri başka bileşenlerin nişasta retrogradasyonunu engelleyerek EDN oluşumunu azalttığı belirtilmektedir (Mahadevamma ve Tharanathan, 2004). Ancak,

amiloz-lipid kompleksi olarak yeni tanımlanan EDN-5 oluşumunda ortamdaki yağ varlığı da EDN miktarını artırabilen bir bileşen olarak görülmektedir. Bu çalışmada yağ ilavesiyle birlikte artan EDN miktarının EDN-5 oluşumuyla ilgili olduğu düşünülmektedir.

#### 4.3.2. Fasulye örneklerinin EDN miktarı

Farklı pişirme yöntemleri ile üretilen fasulye örneklerine ait enzime dirençli nişasta, sindirilebilir nişasta ve toplam nişasta miktarları Tablo 4.3.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Fasulye örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişme sonrası EDN, sindirilebilir nişasta ve toplam nişasta içerikleri (%)<sup>1</sup>

| Örnek Kodu <sup>2</sup> | EDN <sup>3</sup><br>(%) | Sindirilebilir Nişasta<br>(%) | Toplam Nişasta<br>(%) |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| F                       | 36,10 a                 | 1,62 c                        | 37,72 c               |
| HF1                     | 5,10 bc                 | 41,40 a                       | 46,50 a               |
| HF2                     | 5,01 bcd                | 39,87 b                       | 44,88 b               |
| HF3                     | 5,18 bc                 | 39,70 b                       | 44,88 b               |
| HF4                     | 5,36 b                  | 40,53 ab                      | 45,89 ab              |
| MF1                     | 4,90 cd                 | 40,31 ab                      | 45,21 ab              |
| MF2                     | 4,88 cd                 | 42,50 a                       | 47,38 a               |
| MF3                     | 4,88 cd                 | 41,37 a                       | 46,25 a               |
| MF4                     | 5,16 bc                 | 41,21 a                       | 46,37 a               |
| BF1                     | 4,95 cd                 | 39,29 b                       | 44,24 b               |
| BF2                     | 4,91cd                  | 38,63 b                       | 43,54 b               |
| BF3                     | 4,69 d                  | 41,37 a                       | 46,06 a               |
| BF4                     | 5,11 bc                 | 40,14 ab                      | 45,25 ab              |

<sup>1</sup>Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (p<0,05)

<sup>2</sup>F:fasulye, H:haşlama, M:mikrodalga ile pişirme, B:basınçlı pişirme, 1:yağsız+dondurucu, 2:yağsız+buzdolabı, 3:yağlı+dondurucu, 4:yağlı+buzdolabı, <sup>3</sup> EDN:enzime dirençli nişasta.

İşlem görmemiş doğal fasulye örneğinin toplam nişasta içeriği %37,72 bulunmuştur. Farklı pişirme yöntemleri uygulanmış fasulye örneklerinin toplam nişasta içerikleri %43,73-47,38 arasında değişmektedir.

Yapılan çalışmalarda farklı fasulye çeşitlerinin toplam nişasta içerikleri %27,90-42,2 arasında değiştiği görülmektedir (Garcia-Alonso ve ark., 1998; Hoover and Zhou,

2003, Marconi ve ark., 2000; Osorio-Diaz ve ark., 2002; Brumer ve ark., 2015; Türksoy, 2018).

Brummer ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada kaynatma işlemi uygulanmış Navy ve Pinto olmak üzere iki farklı fasulye örneğinin toplam nişasta miktarı sırasıyla %37,9 ve 35,6 olarak bulunmuştur. Marconi ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmada, fasulyede geleneksel ve mikrodalga olmak üzere iki farklı pişirme yöntemi uygulanarak toplam nişasta miktarları sırasıyla %40,7 ve 40,3 olarak bulunmuştur.

Landa-Habana ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada, basınçlı pişirme işlemi uygulanmış, 4°C'de 24 saat bekletilmiş fasulyede toplam nişasta %38,01; bekletilmeyen örnekte %38,16 olarak bulunurken, geleneksel pişirme işlemi uygulanmış 4°C'de 24 saat bekletilmiş örnekte toplam nişasta %42,70; bekletilmeyen örnekte %42,81 olarak bulunmuştur. Toplam nişasta içeriğinin geleneksel pişirme işlemi uygulanmış örneklerde daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Bu tez çalışmasında belirlenen toplam nişasta içerikleri ile literatürde bulunan değerlerin birbiriyle uyumlu oldukları görülmektedir.

İşlem görmemiş doğal fasulye örneğinin EDN içeriği %36,10 bulunmuştur. Fasulye örneğinde toplam nişastanın büyük bir kısmının EDN yapısında olduğu görülmektedir. Ham fasulyede bulunan EDN tipi EDN-2'dir. Başlangıçtaki yüksek miktarda bulunan EDN-2 ısıtma işlemin etkisiyle parçalanmakta ve büyük miktarda sindirilebilir nişasta formuna dönüşmektedir. Pişirme ve soğutma uygulamalarıyla meydana gelen jelatinizasyon ve retrogradasyonla EDN-3 oluşmaktadır.

Farklı pişirme yöntemleri uygulanmış fasulye örneklerinin EDN içerikleri %4,69-5,36 arasında değişmektedir. Pişirme yöntemleri arasında fark incelendiğinde, basınçlı pişirme ve mikrodalga pişirme arasında önemli fark olmadığı ( $p>0,05$ ), geleneksel pişirme (haşlama) ile daha yüksek EDN değerleri ( $p<0,05$ ) elde edildiği belirlenmiştir. Tüm pişirme işlemleri için, yağ ilave edilmeden pişirilmiş ve



buzdolabında bekletilmiş fasulye örneklerinin EDN içerikleri bekletilmeyen örneklere göre daha düşük bulunmuştur. Yağ ilave edilerek pişirilmiş ve buzdolabında bekletilmiş fasulyelerin EDN miktarı ise bekletilmeyenlere göre daha yüksek bulunmuştur.

Yadav ve ark. (2010b) tarafından yapılan çalışmada geleneksel pişirme ve basınçlı pişirme işlemi uygulanan baklagillerin EDN içerikleri karşılaştırıldığında tüm baklagil örneklerinde (nohut, bezelye, barbunya, mercimek) geleneksel pişirmede daha yüksek EDN miktarı elde edildiği görülmüştür. Bu sonuç, yapılan tez çalışmasıyla uyumludur.

Garcia-Alonso ve ark. (1998), ham fasulye örneğinin EDN içeriğini %21 olarak tespit etmişlerdir. Yüksek basınçta pişirilmiş fasulye ununda %5,42 EDN bulunmuştur. Geleneksel pişirme işlemi uygulanmış fasulye tanelerinde EDN miktarı %4,96 olarak belirlenmiştir. Kaynatma işleminden sonra buzdolabında 4 gün bekletilen örneklerde ise EDN miktarı %8,45'e yükselmiştir. Benzer sonuç Hoover ve Zhou (2003) tarafından yapılan çalışmada; farklı baklagil çeşitlerine geleneksel pişirme işlemi uygulanarak doğrudan ve pişirme işleminden sonra 24 saat 4°C'de bekletilen örneklerde görülmüş olup, pişirme işleminden sonra uygulanan soğutma işleminin EDN miktarını arttırdığı rapor edilmiştir.

Almeida Costa ve ark. (2006) çeşitli baklagillerde ısı işlem uygulanan örneklerin ham örneklerine kıyasla daha az EDN içerdiklerini belirlemişlerdir. Ham fasulye örneğinde EDN içeriği %3,72 iken basınçlı pişirme işlemi uygulanmış fasulyede %2,33'e düşmüştür. Marconi ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmada ham fasulyede EDN miktarı %13,7 iken geleneksel ve mikrodalga pişirme ile sırasıyla %4,27 ve 3,67 olarak belirlenmiştir. Brummer ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada geleneksel pişirme işlemi uygulanmış iki farklı fasulye çeşidinin (Navy ve Pinto) EDN miktarları sırasıyla %4,34 ve 4,42 olarak belirlenmiştir.

Mahadevamma ve Tharanathan (2004) baklagil unlarında farklı pişirme teknikleri uygulayarak EDN üzerine etkilerini araştırmışlardır. Ham maş fasulyesi örneğinin

EDN içeriği %0,41 olarak belirlenmiştir. Geleneksel pişirme yöntemi ile EDN miktarı %0,66 bulunurken basınçlı pişirme yöntemi ile %0,84 olarak tespit edilmiştir.

Osorio-Diaz ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada, 3 farklı ticari fasulye unu ve 3 farklı konserve fasulyenin kimyasal içeriklerini ve nişasta sindirilebilirliklerini incelemişlerdir. Fasulye unlarını doğrudan, konserve fasulyeleri ise kurutup oğuterek kullanmışlardır. Ticari fasulye unlarında enzime dirençli nişasta içerikleri %4,44-6,14 olarak bulunmuştur. Tover ve Melito (1996) tarafından yapılan çalışmada da iki farklı fasulye çeşidinde farklı pişirme metotları sonucunda benzer EDN değerleri (%4-6) hesaplanmıştır.

Velasco ve ark. (1997) tarafından brlce ve siyah fasulyede geleneksel pişirme ve mikrodalga pişirme yöntemleri uygulanmıştır. Pişirme metodu arasında EDN içerikleri yönünden önemli bir farklılık gözlemlenmediği, örneklerin %8-20 arasında EDN içerdikleri belirtilmiştir.

Landa-Habana ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada fasulyenin nişasta sindirilebilirliği üzerine farklı pişirme işlemlerinin ve 24 saat aralıkları ile depolama süresinin etkileri araştırılmıştır. Geleneksel ve basınçlı pişirme işlemi uygulanmış örneklerde EDN miktarı depolama süresine bağlı olarak artış göstermiş ve sırasıyla %5,41-5,72 ve 5,53-5,62 arasında bulunmuştur. Pişirme yöntemleri karşılaştırıldığında basınçlı pişirme işlemi uygulanan örneklerde buzdolabında bekletilmeyen ve 24 saat bekletilen örneklerde daha yüksek EDN miktarı elde edilirken 24-96 saat aralığında geleneksel pişirme işlemi uygulanan örneklerde basınçlı pişirme işlemi uygulanan örneklere göre daha yüksek EDN içeriği gözlemlenmiştir.

Literatürden elde edilen bazı sonuçlar bu tez çalışmasındaki sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Pişirme işlemi ile fasulyede EDN miktarında azalma olmuştur. Ham fasulyede bulunan EDN tipi EDN-2'dir. Başlangıçtaki yüksek miktarda bulunan EDN-2 ısıl işlemin etkisiyle parçalanmakta ve EDN yapısı kaybolmaktadır. Pişirme ve soğutma uygulamalarıyla meydana gelen jelatinizasyon ve retrogradasyonla

büyük oranda EDN-3 oluşmaktadır. Yağ ilave edilen örneklerde ise, nohut örneklerinde olduğu gibi amiloz-lipid kompleksi oluşumu ile belli oranda EDN-5'in de oluştuğu düşünülmektedir. Temel olarak oluşan EDN-3, insan sindirim sisteminde en dirençli, ayrıca tüm gıda işleme yöntemlerine de dayanıklı olan yapıdır.

### 4.3.3. Mercimek örneklerinin EDN miktarı

Farklı pişirme yöntemleri ile üretilen mercimek örneklerine ait enzime dirençli nişasta, sindirilebilir nişasta ve toplam nişasta miktarları Tablo 4.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Mercimek örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişirme sonrası EDN, sindirilebilir nişasta ve toplam nişasta içerikleri (%)<sup>1</sup>

| Örnek Kodu <sup>2</sup> | EDN <sup>3</sup><br>(%) | Sindirilebilir Nişasta<br>(%) | Toplam Nişasta<br>(%) |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| M                       | 13,93 a                 | 36,16 e                       | 50,09 abc             |
| HM1                     | 5,58 b                  | 47,32 ab                      | 52,90 ab              |
| HM2                     | 5,47 b                  | 47,44 ab                      | 52,91 ab              |
| HM3                     | 4,26 de                 | 42,93 cd                      | 47,19 cd              |
| HM4                     | 4,56 cde                | 40,39 d                       | 44,95 d               |
| MM1                     | 5,10 bc                 | 45,45 abc                     | 50,55 abc             |
| MM2                     | 5,11 bc                 | 49,46 a                       | 54,57 a               |
| MM3                     | 4,36 de                 | 46,25 abc                     | 50,61 abc             |
| MM4                     | 4,07 e                  | 45,20 abc                     | 49,27 bcd             |
| BM1                     | 4,95 cd                 | 46,73 abc                     | 51,68 abc             |
| BM2                     | 4,69 cd                 | 48,83 a                       | 53,52 ab              |
| BM3                     | 4,32 de                 | 46,22 abc                     | 50,54 abc             |
| BM4                     | 4,05 e                  | 43,24 bcd                     | 47,29 cd              |

<sup>1</sup>Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (p<0,05)

<sup>2</sup>M:mercimek, H:haşlama, M:mikrodalga ile pişirme, B:basınçlı pişirme, 1:yağsız+dondurucu, 2:yağsız+buzdolabı, 3:yağlı+dondurucu, 4:yağlı+buzdolabı, <sup>3</sup>EDN:enzime dirençli nişasta.

İşlem görmemiş doğal mercimek örneğinin toplam nişasta içeriği %50,09 bulunmuştur. Farklı pişirme yöntemleri uygulanmış mercimek örneklerinin toplam nişasta içerikleri %44,95-54,57 arasında değişmektedir. Farklı pişirme işlemleri uygulanmış nohut ve fasulye örneklerinde ham hallerine göre toplam nişasta içeriklerinde artış gözlemlenirken, mercimek örneğinde hem artış hem azalma gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda farklı mercimek çeşitlerinin toplam nişasta içerikleri %42,1-46,72 arasında değiştiği görülmektedir (Garcia-Alonso ve ark., 1998; Yadav ve ark., 2010; Brumer ve ark., 2015; Türksoy, 2018). Brummer ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada geleneksel pişirme işlemi uygulanmış iki farklı mercimek örneğinin (yeşil ve kırmızı) toplam nişasta miktarı sırasıyla %41,5 ve 41,7 olarak bulunmuştur.

İşlem görmemiş doğal mercimek örneğinin EDN içeriği %13,93 bulunmuştur. Farklı pişirme yöntemleri uygulanmış fasulye örneklerinin EDN içerikleri %4,05-5,58 arasında değişmektedir. Pişirme yöntemleri arasında fark incelendiğinde, basınçlı pişirme ile en düşük, geleneksel pişirme (haşlama) ile en yüksek EDN değerleri elde edildiği belirlenmiştir. Geleneksel pişirme ile diğer yöntemler arasındaki fark istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Basınçlı pişirme ile mikrodalga pişirme arasında ise önemli fark gözlenmemiştir ( $p > 0,05$ ). Tüm pişirme işlemleri için, yağ ilave edilmeden pişirilmiş ve buzdolabında bekletilmiş mercimek örneklerinin EDN içerikleri bekletilmeyen örnekler ile aynı (mikrodalga) ya da daha düşük (haşlama ve basınçlı pişirme) bulunmuştur. Yağ ilave edilerek pişirilmiş mercimeklerin EDN miktarı yağsız örneklere göre daha düşük bulunmuştur. Yağ ilave edilerek pişirilmiş ve buzdolabında bekletilmiş mercimek örneklerinde haşlama işlemi yapılanlar hariç EDN miktarlarında düşüş gözlenmiştir.

Garcia-Alonso ve ark. (1998), ham ve pişmiş baklagil unları ve tanelerinin EDN içerikleri üzerine yaptıkları çalışmada ham mercimek örneğinin EDN içeriğini %16,11 olarak bulmuşlardır. Yüksek basınçta pişirilmiş mercimek ununda %8,95 EDN tespit edilirken geleneksel pişirme işlemi uygulanmış mercimek tanelerinde EDN miktarı %7,56 olarak belirlenmiştir. Geleneksel pişirme metodu uygulanarak 4 gün buzdolabında bekletilen mercimekte EDN miktarının %8,60'a yükseldiği belirtilmiştir.

Almeida Costa ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada, ham mercimek örneğinde EDN içeriği %3,25 iken geleneksel pişirme işlemi uygulanmış mercimekte %2,46'ya düşmüştür. Yadav ve ark. (2010a) farklı baklagil ve tahıl çeşitlerine

uygulanan basınçlı pişirme işleminin ve depolamanın nişasta sindirilebilirliği ve EDN üzerine etkilerini araştırmışlardır. Pişirme sonrası 4°C’de 24 saat bekletilen mercimek örneğinde EDN miktarı (%5,88) bekletilmeyen örneklere (%5,09) göre daha yüksek bulunmuştur.

Mahadevamma ve Tharanathan (2004) ham siyah mercimek örneğinin EDN içeriğini %0,19 olarak bulmuşlardır. Geleneksel pişirme ile basınçlı pişirme yöntemi uygulanan örnekler arasında EDN miktarları (%1,48) arasında farklılık gözlenmemiştir. Brummer ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada geleneksel pişirme işlemi uygulanmış iki farklı mercimek örneğinin (yeşil ve kırmızı) EDN miktarları sırasıyla %3,75 ve 4,10 olarak belirlenmiştir. Yadav ve ark. (2010b) tarafından yapılan çalışmada mercimekte EDN miktarı geleneksel pişirme işlemi uygulanan örnekte %5,0 ve basınçlı pişirme işlemi uygulanan örnekte %4,9 olarak belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında mercimekte elde edilen EDN sonuçları literatürdeki birçok çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Fasulyede olduğu gibi, pişirme işlemi ile mercimekte de EDN miktarında azalma olmuştur. Ham mercimekte bulunan EDN tipi de diğer tüm baklagil tanelerinde olduğu gibi EDN-2’dir. Sıcaklığın etkisiyle EDN-2’nin yapısı bozulmakta ve daha dirençli formu olan EDN-3’e dönüşmektedir. Mercimek örneğinde nohut ve fasulyeden farklı olarak, yağ ilave edilen örneklerde EDN miktarı yağsız örneklerine göre düşük çıkmıştır.

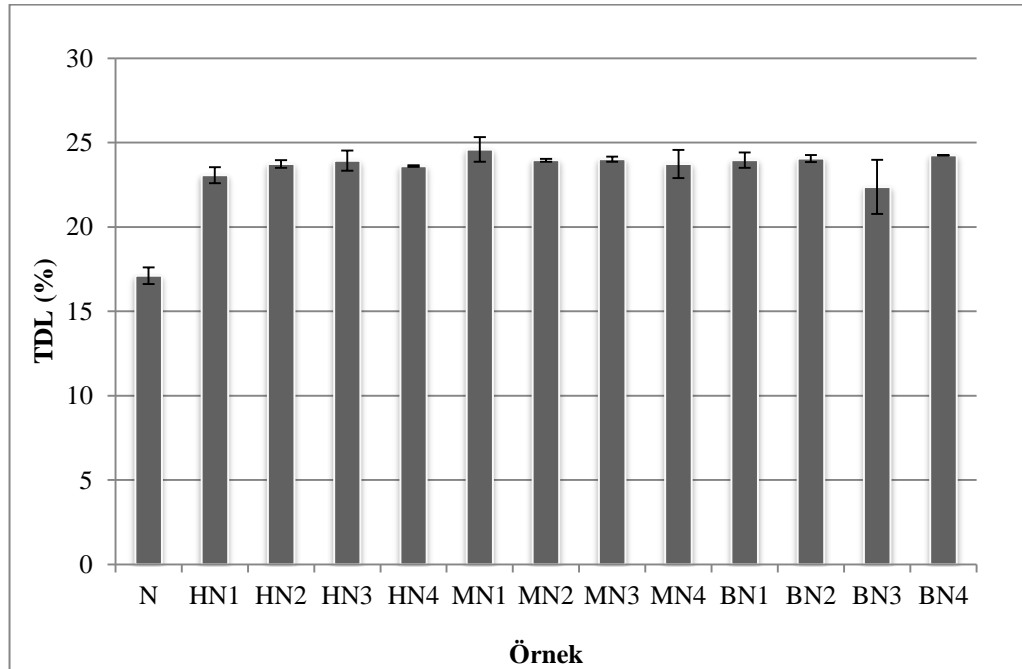
Mercimek örneğinde nohut ve fasulye örneklerinden farklı olarak yağ ilave edilen örneklerde EDN oranındaki düşüşün; genetik yapısı, granül büyüklüğü, amiloz/amilopektin oranı, amilozun retrogradasyon ve kriticalizasyon derecesi, ısı işlem uygulamaları sonucunda polisakkarit ve oligosakkarit gibi yapıların çözünür bileşenlerinin pişirme suyuna geçiş oranları gibi etmenlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

Okumuş ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada farklı lipid/yağ asitleri ile kahverengi mercimek nişastasında EDN-5 oluşumunu araştırmışlardır. Farklı yağ/yağ asitleriyle

(mısır yağı, soya yağı, stearik asit, palmitik asit, hidrojenize ayçiçek yağı) pişirilmiş örnekler ile zeytinyağı eklenmiş örnek karşılaştırıldığında EDN içeriğinde önemli derecede artış gözlemlendiği belirtilmiştir. Farklı türler arasında nişasta sindirilebilirliğine çeşitli protein içerikleri, granül büyüklüğü, amiloz/amilopektin oranı, amilozun retrogradasyonu ve kristalizasyon derecesi etkili olmaktadır. Nişasta hidrolizinin oranındaki başlıca değişim amiloz ve yağ asitleri arasındaki kompleks oluşumdan kaynaklanmaktadır. Daha uzun hidrokarbon zincirlerine sahip yağ asitlerinin amiloz-lipid komplekslerinin enzimatik olarak daha dirençli formda olduğu rapor edilmiştir. Baklagillerin EDN içeriği üzerinde genetik yapıları da etkili olmaktadır. Genetik yapılarındaki farklılıklar, EDN içeriğindeki amiloz ve amilopektin oranları ile ilişkilendirilmiştir (Perera ve ark., 2010).

#### 4.4. Toplam Diyet Lif Miktarı

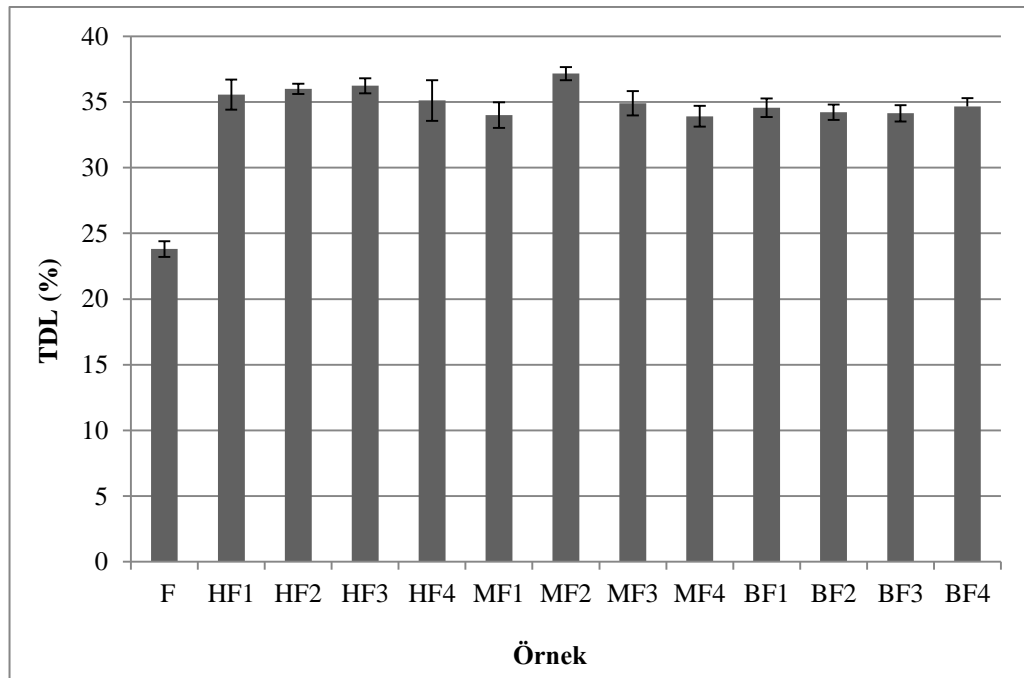
Farklı pişirme yöntemleri ile üretilen nohut örneklerine ait toplam diyet lif (TDL) miktarları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Nohut örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişme sonrası TDL içerikleri (%)

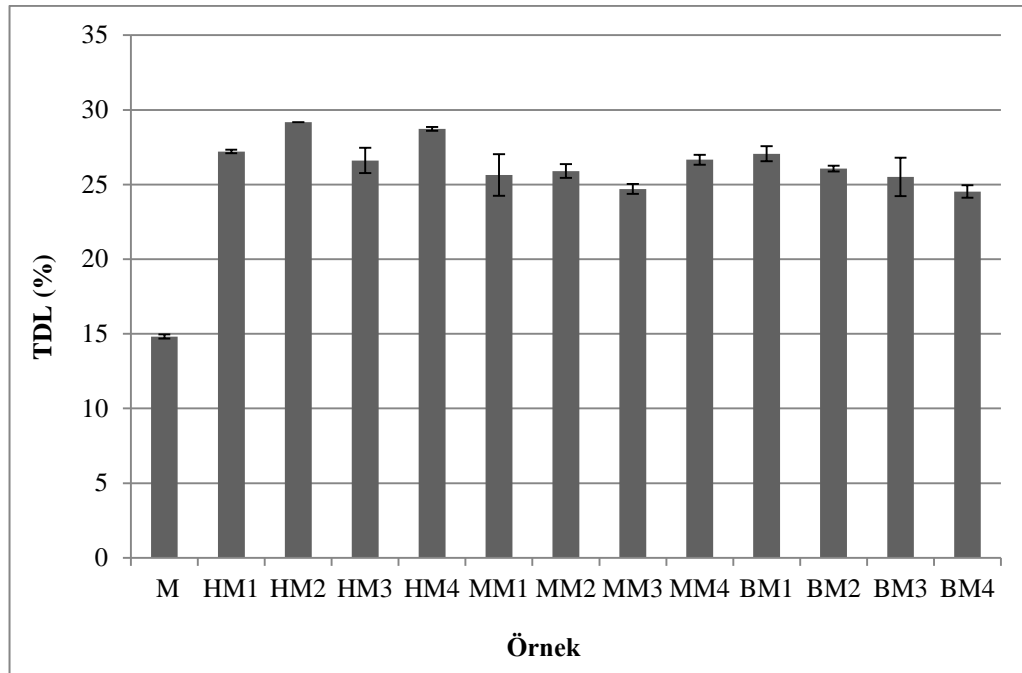
İşlem görmemiş doğal nohut örneğinin TDL içeriği  $17,11 \pm 0,49$  olarak bulunmuştur. Pişirme işlemi ile örneklerin TDL içeriklerinde artış görülmüştür. Farklı yöntemlerle pişirilen nohutların TDL içerikleri  $20,07 \pm 0,02$ -  $24,60 \pm 0,73$  olarak tespit edilmiştir. En yüksek TDL değeri mikrodalga yöntemiyle pişirilip buzdolabında bekletilmeyen nohut örneğinde bulunmuştur.

Farklı pişirme yöntemleri ile üretilen fasulye örneklerine ait toplam diyet lif (TDL) miktarları Şekil 4.2’de gösterilmiştir. İşlem görmemiş doğal fasulye örneğinin TDL içeriği  $23,80 \pm 0,59$  olarak bulunmuştur. Pişirme işlemi ile örneklerin TDL içeriklerinde artış görülmüştür. Farklı yöntemlerle pişirilen fasulye örneklerinin TDL içerikleri  $33,91 \pm 0,79$ -  $37,16 \pm 0,50$  olarak tespit edilmiştir. En yüksek TDL değeri mikrodalga yöntemiyle pişirilip buzdolabında bekletilen fasulye örneğinde bulunmuştur.



Şekil 4.2. Fasulye örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişme sonrası TDL içerikleri (%)

Farklı pişirme yöntemleri ile üretilen mercimek örneklerine ait toplam diyet lif (TDL) miktarları Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Mercimek örneğinin doğal ve farklı yöntemlerle pişirme sonrası TDL içerikleri (%)

İşlem görmemiş doğal mercimek örneğinin TDL içeriği  $14,82 \pm 0,14$  olarak bulunmuştur. Pişirme işlemi ile örneklerin TDL içeriklerinde artış görülmüştür. Farklı yöntemlerle pişirilen mercimek örneklerinin TDL içerikleri  $24,53 \pm 0,41$ - $29,18 \pm 0,01$  olarak tespit edilmiştir. En yüksek TDL değeri geleneksel yöntemle pişirilip buzdolabında bekletilen mercimek örneğinde bulunmuştur.

Yadav ve ark. (2010a) tarafından yapılan çalışmada, farklı baklagil (nohut, mercimek, bezelye ve barbunya) unlarında TDL miktarı  $17,18$ - $24,92$  arasında, farklı tahıl (buğday, pirinç, arpa) unlarında ise  $3,00$ - $15,02$  arasında bulunmuştur. Nohutta, barbunyada ve mercimekte TDL miktarları sırasıyla;  $24,92$ ,  $17,18$  ve  $20,82$  olarak belirlenmiştir. En yüksek TDL miktarı nohutta görülmüştür. Tursoy (2018) tarafından yapılan çalışmada, nohut, mercimek ve fasulye unlarında TDL miktarı sırasıyla  $14,2$ ,  $20,4$  ve  $23,4$  bulunmuştur.

Mahadevamma ve Tharanathan (2004) tarafından yapılan çalışmada nohut ve maş fasulyesinde TDL değerleri ham, geleneksel pişirme ve basınçlı pişirme işlemi



sonrasında sırasıyla; %21,95, 14,63, 13,75 ve %16,21, 12,50, 12,56 olarak bulunmuştur. Bu tez çalışmasından farklı olarak, uygulanan pişirme işlemlerinin TDL miktarlarını azalttığı gözlemlenmiştir.

Çeşitli baklagillerin (bezelye, fasulye, nohut, mercimek) diyet lif miktarları bakımından incelendiği bir araştırma sonucunda; baklagillerin içerdiği toplam diyet lifin büyük bir kısmını çözünmez özellikteki diyet liflerin oluşturduğu, fasulye ve bezelyenin diyet lif miktarı bakımından diğerlerine göre daha zengin kaynaklar olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada, ham ve pişirme işlemi uygulanmış baklagillerin TDL miktarları sırasıyla; basınçlı pişirme işlemi uygulanmış fasulyede %22,32 ve %25,20, nohutta %13,9 ve %15,4 ile geleneksel pişirme işlemi uygulanmış mercimekte %20,44 ve %22,77 ve bezelyede %22,03 ve %25,18 olarak bulunmuştur (Almeida Costa ve ark., 2006).

Baklagillere ait birçok çalışmada bu tez çalışmasındaki lif değerleriyle benzer sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Baklagillerin tahıllara göre zengin lif kaynağı oldukları görülmektedir. Bütün baklagillerde, pişirme işlemi sonrasında TDL miktarında artış olmuştur. Yağ ilave edilerek pişirilen örneklerde TDL miktarı yağsız örneklerine göre genellikle daha düşük bulunmuştur.

Proses sırasında diyet lifi polisakkaritlerindeki (selüloz, hemiselüloz, pektin gibi) glikozidik bağların parçalanabileceği ve bu nedenle fiziksel özelliklerinin değişebileceği ileri sürülmektedir. Glikozidik bağların kopması, diyet lifinin çözünürlüğünü artırmakta ve diyet lifinde kayba neden olmaktadır. Çözünür diyet lif (gum maddeleri, pektin, jel benzeri polisakkaritler) bileşenlerinin kayıp oranlarına bağlı olarak değişiklik gösterebileceği düşünülmektedir (Burdurlu ve Karadeniz, 2003). Çözünmeyen lifler, ağırlıklarının 5 katı kadar yağı tutabilmektedirler. Bu özellik gıdaların pişirilmesi sırasında normalde kaybolan yağın tutulmasını sağlamaktadır (Thebaudin ve ark., 1997). Yüksek yağ absorblama kapasitesi, yağ ve su emülsiyonlarında stabilitenin sağlanması açısından önem taşımaktadır. Diyet lifinin yağ absorblama kapasitesinin partikül iriliğine göre değiştiği, iri partiküllü olanların yağı daha fazla absorbe ettiği belirlenmiştir (Prakongpan ve ark., 2002).

## BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yaygın olarak günlük tüketimde kullanılan baklagil çeşitlerinden nohut, fasulye ve mercimek örneklerinde farklı pişirme yöntemleri uygulayarak dirençli nişasta içeriği üzerine etkisi incelenmiştir. Pişirme yöntemi seçiminde, yaygın olarak kullanılan geleneksel pişirme (tencerede kaynatma) ve basınçlı pişirme (düdüklü tencere) yöntemlerinin yanı sıra alternatif bir pişirme yöntemi olan mikrodalga ile pişirme de kullanılmıştır. Mikrodalga pişirme-ısıtma yöntemlerinin nişasta üzerine olan etkileri son zamanda çalışılan güncel konulardan biridir. Sonuç olarak, günlük hayatta uyguladığımız yöntemlerin bir karşılaştırılması yapılarak en yüksek dirençli nişasta oluşumunu sağlayacak optimum koşulların belirlenmesi amaçlanmıştır. Üretilen örneklerin toplam diyet lif miktarları da belirlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen önemli bulgular şu şekilde özetlenebilir:

- a. Farklı pişirme işlemleri uygulanan nohut ve fasulye örneklerinin ham hallerine göre toplam nişasta içeriğinde artış gözlemlenirken, mercimek örneğinde hem artış hem azalma elde edilmiştir.
- b. Ham baklagillerde belirli miktarlarda bulunan EDN-2 değişime uğrayarak temel olarak EDN-3, bir miktar da EDN-5 oluşumu sağlandığı düşünülmektedir.
- c. Baklagiller arasındaki fark incelendiğinde, en yüksek EDN fasulyede (ortalama %5,01), en düşük EDN nohutta (ortalama %4,51) elde edilmiştir. Mercimekte bu değer ortalama %4,71 olarak bulunmuştur. EDN ortalamaları *t-testi* sonucuna göre, nohut ile fasulye arasında ve fasulye ile mercimek arasındaki farklar önemli ( $p < 0,05$ ) iken, nohut ile mercimek arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

- d. Pişirme yöntemleri arasında baklagil çeşidine bağlı olarak farklı sonuçlar elde edilmiştir. Nohutta basınçlı pişirme, fasulye ve mercimekte ise geleneksel pişirme ile daha yüksek EDN değerleri elde edilmiştir. Nohut ve fasulye için mikrodalga pişirme ile geleneksel pişirme yöntemleri arasında EDN içerikleri açısından önemli fark olmamıştır ( $p>0,05$ ). Mercimekte ise mikrodalga ile basınçlı pişirme ile arasında önemli fark gözlenmemiştir ( $p>0,05$ ).
- e. Pişirme işlemleri gerçekleştirilmeden önce uygulanan %20 oranında yağ ilavesinin nohut ve fasulyede EDN miktarını arttırdığı, mercimekte ise azalttığı gözlenmiştir.
- f. Nohut, fasulye ve mercimek örneklerinin toplam diyet lif (TDL) açısından zengin birer kaynak oldukları görülmüştür. Bütün örneklerde, pişirme işlemi sonrasında TDL miktarında artış olmuştur. Yağsız örneklere göre %20 yağ ilave edilerek pişirilen örneklerin TDL miktarı genellikle daha yüksek bulunmuştur.
- g. Yapılan bu tez çalışması, örneklerde glisemik indeks ve yağ absorpsiyonu analizleri gibi farklı analizler yapılarak veya pişirme sırasında farklı bileşenler ilave edilerek geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Abbas, Y., Ahmad, A. 2018. Impact of processing on nutritional and antinutritional factors of legumes: a review. *Annals Food Science and Technology*, Vol 19(2): 199-215.
- Adebowale, K. Q., Afolabi. T. A., Olu-owolabi, B. I. 2005. Hydrothermal treatments of Finger millet (*Eleusine coracana*) starch. *Food Hydrocolloids*, 19(6): 974-983.
- Aguilera, Y., Esteban, R. M., Benitez, V., Molla, E., Martin-Cabrejas, M. A. 2009. Starch, Functional properties and microstructural characteristics in chickpea and lentil as affected by thermal processing. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 10682-10688.
- Akçin, A. 1988. Yemeklik tane baklagiller. S. Ü. Yayınları: 43, Ziraat Fakültesi Yayınları, 8377 Konya.
- Almeida-Costa, G. E., Queiroz-Monici, K.S., Reis, S. M. P. M., Oliveira, A. C. 2006. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94: 327-330.
- Alonso, R., Aguirre, A., Marzo, F. 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chemistry*. 68: 159-165.
- AOAC International, 2000. *Official Methods of Analysis*, Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA.
- Altan, H. 2015. Hidrotermal işlemlerin karabuğday nişastasının fizikokimyasal özellikleri ve dirençli nişasta miktarı üzerindeki etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Anderson, J. W., Patterson, M. K. 2000. Whole grain food and heart risk. *Journal of the American College of Nutrition*, 19: 291-299.
- Aparicio-Saguilan, A., Osorio-Diaz, P., Agama-Acevedo, E., Islas-Hernandez, J. J., Bello-Perez, L. A. 2013. *Journal of Food* , 11: 90-95.

- Aungk, H., U. Surjani, P. Udayasika, A. Ingridam, L. Amparo, G. Elliott, ve M. Rogerj. 2010. The effect of acid dextrinisation on enzyme-resistant starch content in extruded maize starch. *Food Chemistry* 120(1): 140-9.
- Aykroyd, W. R., Doughty, J., Walker, A. 1982. *Legumes in Human Nutrition, Food and Agriculture Organization: Rome.*
- Baixauli, R., Salvador, A., Martinez-Cervera, S. ve Fiszman, S. M. 2008. Distinctive sensory features introduced by resistant starch in baked products, *Food Science and Technology*, 41: 1927–1933.
- Betancur, D. A., Guerrero, C. A., Canizares, H. D. 1997. Acetylation and characterization of canavalia ensiformis starch. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45: 378-382.
- Brennan, C. S. 2005. Dietary fibre, glycaemic response and diabetes. *Molecular Nutrition Food Research*, 49(6): 560-570.
- Bressani, R., Elias, L. G. 1988. Seed quality and nutritional goals in pea, lentil, faba bean and chickpea breeding. In: *World Crops: Cool Season Food Legumes*, Edited by R. J. Summerfield. Kluwer Academic Publishers.
- Brummer, Y., Kaviani, M., Tosh, S. M. 2015. Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. *Food Research International* 67: 117-125.
- Brumovsky, J. O. ve D. B. Thompson. 2007. Production of boiling-stable granular resistant starch by partial acid hydrolysis and hydrothermal treatments of high-amylose maize starch. *Cereal Chemistry* 78(6): 680-9.
- Burdurlu, H. S., Karadeniz, F. 2003. Gıdalarda diyet lifinin önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 7(15): 18-25.
- Candal, C., Kılıç, Ö., Erbaş, M. 2016. Enzime dirençli nişasta üretim yöntemleri ve gıda endüstrisinde kullanım amaçları. *Gıda*, 41(6): 419-426.
- Chavan J, Kadam S, Salunkhe D, Beuchat L. R. Biochemistry and technology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition* 1987; 25: 107-58.
- Cheftel, J. C. 1992. Effects of high hydrostatic pressure on food constituents: An overview. In *high pressure and biotechnology*, ed. Balny, C., R. Hayashi, K. Heremans, and P. Masson, 195-209. Montrouge, France: John Libbey Eurotext.
- Chung, H. J., Jeong, H. Y., Lim, S. T. 2003. Effects of acid hydrolysis and defatting on crystallinity and pasting properties of freeze-thawed high amylose corn starch. *Carbohydrate Polymers*, 54(4): 449-455.

- Chung, H. J., Liu, Q., Hoover, R., Warkentin, T. D., Vandenberg, B. 2008. In vitro starch digestibility, expected glycemic index, and thermal and pasting properties of flours from pea, lentil and chickpea cultivars, *Food Chemistry*, 111: 316-321.
- Chung, H. J., Liu, Q., Hoover, R. 2010. Effect of single and dual hydrothermal treatment on the crystalline structure, thermal properties and nutritional fractions of pea, lentil and navy bean starches. *Food Research International*, 43, 501-508. *Carbohydrate Polymers*, 75: 436-447.
- Clemente, A., Sanchez-Vioque, R., Vioque, J., Bautista, J., Millan, F. 1998. Effect of cooking on protein quality of chickpea (*Cicer arietinum*) seeds. *Food Chem*, 62: 1-6.
- Corrêa, M. M., Carvalho, L. M. J., Nutti M. R., Carvalho, J. L. V., Neto, A. R. H., Ribeiro, E. M. G. 2010. Water absorption, hard shell and cooking time of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *African Journal of Food Science and Technology*, 1(1): 013-020.
- Demirekin, A., Gül, H. 2016. Enzime dirençli nişasta ve sağlık üzerine etkileri. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(2): 71-78.
- Devos, P., 1988. Mercimek ve nohutun besin değeri ve proses sırasındaki değişiklikler (Nutritional value of lentils and chickpeas and changes during processing). *Herkes İçin Mercimek Sempozyumu (Lentils for Everyone Symposium) (29-30 Eylül 1988)*, Marmaris/Muğla, 174-196.
- Dias, J. S. 2012. Nutritional quality and health benefits of vegetables: a review. *Food Nutr. Sci.* 3: 1354-1374.
- Dreher, M. L. 2001. Dietary fiber overview. *Handbook of Dietary Fiber*, 1-17, New York, USA.
- Dundar, A. N., Gocmen, D. 2013. Effects of autoclaving temperature and storing time on resistant starch formation and its functional and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 97(2): 764-771.
- Eerlingen, R. C., Crombez, M., Delcour, J. A. 1993. Quantitative and qualitative influence of incubation time and temperature of autoclaved starch on resistant starch formation. *Cereal Chemistry*, 70(3): 339-344.
- Ekanayake, S., Jansz, E. R., Nair, B. M. 2000. Literature review of an underutilized legume: *Canavalia gladiata* L. *Plant Foods. Hum. Nutr.*, 55: 305-321.
- El-Adawy, T. A. 2002. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. *Plant Foods for Human Nutrition*, 57: 83-97.
- El-Hady, E. A., Habiba, R. 2003. Effect of soaking and extrusion conditions on antinutrients and protein digestibility of legume seeds. *LWT-Food Science and Technology*, 36: 285-293.

- Elhardallou, S. B., Walker, A.F. 1993. The water-holding capacity of three starchy legumes in the raw, cooked and fibre-rich fraction forms. *Plant Foods for Human Nutrition*, 44(2): 171-179.
- Englyst, H. N., Cummings, J. H. 1987. Resistant starch: A new food component: A classification of starch for nutritional purpose. In *Cereals in European Context*, 221-223.
- Englyst, H. N., Kingman, S. M. ve Cummings, J. H. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46(2) :33-50.
- Escarpa, A., Gonzalez, M. C., Morales, M. D., Saura-Calixto, F. 1997. An approach to the influence of nutrients and other food constituents on resistant starch formation. *Food Chemistry*, 60: 527-532.
- Fabbri, A. D. T., Schacht, R. W., Crosby, G. A. 2016. Evaluation of resistant starch content of cooked black beans, pinto beans, and chickpeas. *NFS Journal*, 3: 8-12.
- Fan, J., De bruyn, M., Zhu, Z., Budarin, V., Gronnow, M., Gomez, L. D. 2013. Microwave-enhanced formation of glucose from cellulosic waste. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 71: 37-42.
- Faraj, A., Vasanthan, T., Hoover, R. 2004. The effect of extrusion cooking on resistant starch formation in waxy and regular barley flours. *Food Research International*, 37(5): 517-525.
- Faris, M. A., Takruri, H. R., Shomaf, M. S., Bustanji, Y. K. 2009. Chemopreventive effect of raw and cooked lentils (*Lens culinaris* L) and soybeans (*Glycine max*) against azoxymethane-induced aberrant crypt foci. *Nutr. Res.*, 29: 355-362.
- Farooq, A. M., Dhital, S., Li, C., Zhang, B., Huang, Q. 2018. Effects of palm oil on structural and in vitro digestion properties of cooked rice starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107: 1080-1085.
- Finocchiaro, E. T., Birkett, A., Okoniewska, M. 2009. Chapter 10: Resistant Starch in Fiber Ingredients Food Applications and Health Benefits edited by Cho S. S. and Samuel P. CRC Press, 206-240.
- Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M. J., Sanchez-Zapata, E., Perez-Alvarez, J. A. 2010. Resistant starch as functional ingredient: a review, *Food Research International*, 43(4): 931-942.
- Ganiyu, O. 2006. Antioxidant properties of some commonly consumed and underutilized tropical legumes. *European Food Research and Technology*, 224: 61-65.
- Garcia-Alonso, A., Goni, I., Saura-Calixto, F. 1998. Resistant starch and potential glycaemic index of raw and cooked legumes (lentils, chickpeas and beans). *Original Paper, Z Lebensm Unters Forsch A*, 206: 284-287.

- Garcia-Alonso, A., Jimenez-Escrig, A., Martin-Carron, N., Bravo, L. and Saura-Calixto, F. 1999. Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch, *Food Chemistry*, 66: 181-187.
- Goni, I., Garcia-Diz, L., Manas, E., Saura Calixto, F. 1996 . Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry*, 56: 445-449.
- Gopalan, C., Rama Sastri, B. V., Balasubramanian, S. C. 1989. Nutritive of value Indian foods. National Institute of Nutrition, Hyderabad, 81: 47-48.
- Haralampu, S. G. 2000. Resistant starch: A review of the physical properties and biological impact of RS3, *Carbohydrate Polymers*, 41: 285–292.
- He, J., Han, Y., Liu, M., Wang, Y., Yang, Y., Yang, X. 2019. Effect of 2 types of resistant starches on the quality of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 102(5): 3956-3964.
- Hefnawy, T. H. 2011. Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). *Annals of Agricultural Science*, 56(2): 57-61.
- Homayouni, A., Amini, A., Keshtiban, A. K., Mortazavian, A. M., Esazadeh, K., Pourmoradian, S. 2014. Resistant starch in food industry: A changing outlook for consumer and producer. *Biosynthesis Nutrition Biomedical*, 66(1): 102-114.
- Hoover, R., Zhou, Y. 2003. In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by  $\alpha$ -amylase and resistant starch formation in legumes-a review. *Carbohydrate Polymers*, 54: 401-417.
- Hoover, R. 2010. The impact of heat-moisture treatment on molecular structure and properties of starches isolated from different botanical sources. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 50(9): 835-847.
- Jacobs, H., ve Delcour, J. A. 1998. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46(8): 2895-905.
- Kahraman, K., Köksel, H. 2006. Yüksek amilozlu nişastadan enzime dirençli nişasta üretimi ve karakterizasyonu. *Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu*, 915-918.
- Kamboj, R., Nanda, V. 2018. Proximate composition, nutritional profile and health benefits of legumes-a review. *Legume Research*, 41(3): 325-332.
- Kasote, D. M., Nilegaonkar, S. S., Agte, V. V. 2014. Effect of different processing methods on resistant starch content and in vitro starch digestibility of some common Indian pulses. *Journal of Scientific & Industrial Research* 73: 541-546.
- Khattab, R., Arntfield, S., Nyachoti, C. 2009. Nutritional quality of legume seeds affected by some physical treatments, Part 1: Protein quality evaluation. *LWT-Food Science and Technology*, 42: 1107-1112.



- Khogare, D. T. 2012. Effect of dietary fibre on blood lipid profile of selected respondent. *Int. Food Res. J.*, 19(1): 297-302.
- Kiatpongklarp, W., Tongta, S., Rolland-Sabate, A., Buleon, A. 2015. Crystallization and chain reorganization of debranched rice starches in relation to resistant starch formation. *Carbohydrate Polymer*, 122: 108-114.
- Kumar, R. 1992. Anti-nutritional factors, the potential risks of toxicity and methods to alleviate them. *FAO Animal Production and Health Paper*, 102: 145-160.
- Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P., Becker, K. 2010. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food Chemistry*, 120: 945-959.
- Lajolo, F. M., Menezes, E. 1991. Amylase inhibitors in *Phaseolus vulgaris* beans. *Food Technology (USA)*.
- Landa-Habana, L., Pina-Hernandez, A., Agama-Acevedo E., Tover, J., Bello-Perez, L. A. 2004. Effect of cooking procedures and storage on starch bioavailability in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Foods Human Nutr*, 59: 133-136.
- Lee, C. K., Karunanithy, R. 1990. Effects of germination on the chemical composition of Glycine and *Phaseolus* beans. *J. Sci. Food Agric.*, 51:437-445.
- Lee, S. C., Prosky, L., De Vries, J. W. 1992. Determination of total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods: enzymatic-gravimetric method, MES-TRIS buffer: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 75(3): 395-416.
- Lewandowicz, G., Jankowski, T., Fornal, J. 2000. Effect of microwave radiation on physico-chemical properties and structure of cereal starches. *Carbohydrate Polymers* 42(2): 193-9.
- Li, S., Ward, R., Gao, Q. 2011. Effect of heat moisture treatment on the formation and physicochemical properties of resistant starch from mung bean (*Phaseolus radiatus*) starch. *Food Hydrocolloids*, 25: 1702-1709.
- Liener, I. E., 1994. Implications of antinutritional components in soybean foods. *Crit. Rev. Fd. Sci. Nutr.*, 34: 31-67.
- Liener, I. E. 2003. Phytohemagglutinins: Their nutritional significance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 22: 17-20.
- Lin, L., Guo, D., Zhao, L., Zhang, X., Wang, J., Zhang, F., Wei, C. 2016. Comparative structure of starches from high amylose maize inbred lines and their hybrids. *Food Hydrocoll*, 52: 19-28.
- Ma, Z., J. I. Boye. 2018. Research advances on structural characterization of resistant starch and its structure-physiological function relationship: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 58(7): 1059-83.
- Mahadevamma, S., Tharanathan, R. N. 2004. Processing of legumes: resistant starch and dietary fibre contents. *Journal of Food Quality*, 27: 289-303.

- Marconi, E., Ruggeri, S., Cappelloni, M., Leonardi, D., Carnovale, E. 2000. Physicochemical, nutritional and microstructural characteristics of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) following microwave cooking. *J. Agric. Food Chem.*, 48: 5986-5994.
- Martin-Cabrejas, M. A., Diaz, M. F., Aguilera, Y., Benitez, V., Molla, E., Esteban, R. M. 2008. Influence of germination on the soluble carbohydrates and dietary fibre fractions in non-conventional legumes. *Food Chemistry*, 107: 1045-52.
- Masatcioğlu, M. T., Köksel, H. 2010. Enzime dirençli nişasta içeriğinin artırılmasına yönelik yeni uygulamalar. [www.gidamo.org.tr](http://www.gidamo.org.tr).
- Mazza, G., Oomah, B. D. 2003. Buckwheat in *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition), 692-699.
- Messina, M. J. 1999. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70: 439-450.
- Mir, J. A., Srikaeo, K. and García, J. 2013. Effects of amylose and resistant starch on starch digestibility of rice flours and starches. *International Food Research Journal*, 20: 1329-1335.
- Morales-Medina, R., Del Mar Munio, M., Guadix, E. M., & Guadix, A. (2014). Production of resistant starch by enzymatic debranching in legume flours. *Carbohydrate Polymers*, 101: 1176-1183.
- Morrow, B. 1991. The rebirth of legumes: legume production, consumption and export are increasing as more people become aware of legumes nutritional benefits. *Food Technology*, 9: 96-121.
- Mudryu, A. N., Yu, N., Aukema, H. M. 2014. Nutritional and health benefits of pulses. *Appl. Physio. Nutr. Metab.*, 39: 1197-1204.
- Murray, D. R. 1979. A storage role for albumins in pea cotyledons. *Plant Cell Environ*, 2: 221-226.
- Mutlu, S., K. Kahraman, ve S. Öztürk, 2017. Optimization of resistant starch formation from high amylose corn starch by microwave irradiation treatments and characterization of starch preparations. *International Journal of Biological Macromolecules*, 95: 635-42.
- Nergiz, C., Gökgöz, E. 2007. Effects of traditional cooking methods on some antinutrients and in vitro protein digestibility of dry bean varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Turkey. *International Journal of Food Science and Technology*, 42: 868-873.
- Nielsen, S. S. 1991. Digestibility of legume protein: studies indicate that the digestibility of heated legume protein is affected by the presence of other seed components and the structure of the protein. *Food Technology*, 45: 112-114.
- Norton, G., Bliss, F., Bressani, R. 1985. Biochemical and nutritional attributes of grain legumes. *Grain legume crops*/edited by RJ Summerfield and EH Roberts.

- Nugent, A. P. 2005. Health properties of resistant starch. *Nutrition Bulletin* 30(1): 27-54.
- Osorio-Diaz, P., Bello-Perez, L. A., Agama-Acevedo, E., Vargas-Torres, A., Tovar, J., Paredes-Lopez, O. 2002. In vitro digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry* 78: 333-337.
- Papathanasiou, M. M., Reineke, K., Gogou, E., Taoukis, P. S., Knorr, D. 2015. Impact of high pressure treatment on the available glucose content of various starch types: A case study on wheat, tapioca, potato, corn, waxy corn and resistant starch (RS3). *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 30: 24-30.
- Parca, F., Koca, Y. O., Unay, A. 2018. Nutritional and antinutritional factors of some pulses seed and their effects on human health. *International Journal of Secondary Metabolite*, 5(4): 331-342.
- Pekşen, E., Artık, C. 2005. Antibesinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 110-120.
- Piecyk, M., Druzynska, B., Worobiej, E., Wolosiak, R., Ostrowska-Ligeza, E. 2013. Effect of hydrothermal treatment of runner bean (*Phaseolus coccineus*) seeds and starch isolation on starch digestibility. *Food Research International*, 50: 428-437.
- Piecyk, M., Wolosiak, R., Druzynska, B., Worobiej, E. 2012. Chemical composition and starch digestibility in flours from Polish processed legume seeds. *Food Chemistry*, 135: 1057-1064.
- Pourmohammadi, K., Abedi, E., Farahmandi, S., Mahmoudi, M. R., Bagher Hashemi, S. M., Torri, L. 2019. Modeling the effects of corn and wheat resistant starch on texture properties and quality of resistant starch- enrichment dough and biscuit. *Journal of Food Process Engineering*, 42(2): 145-152.
- Prakongpan, T., Nitithamyong, A., Luangpituksa, P. 2002. Extraction and Application of dietary fiber and cellulose from pineapple cores. *J Food Sci*, 67: 1308-1313.
- Pratiwi, M., Faridah, D. N., Lioe, H. N. 2018. Structural changes to starch after acid hydrolysis, debranching, autoclaving- cooling cycles, and heat moisture treatment (HMT): A review. *Biosynthesis Nutrition Biomedical*, 70(1-2).
- Pujola, M., Farreras, A., Casanas, F. 2007. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.), *Food Chemistry*, 102(4): 1034-1041.
- Ratnayake, W. S. ve Jackson., D. S. 2008. Thermal behavior of resistant starches RS 2, RS 3, and RS 4, *Journal of Food Science*, 73(5): 356–366.
- Redden, R., Chen, W., Sharma, B. 2005. *Chickpea Breeding and Management*. United Kingdom: CABI.

- Rehman, Z. Salariya, A. M., Zafar, S. I. 2001. Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 73(3): 351-355.
- Sajilata, M. G., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R. 2006. Resistant starch- a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5: 1-17.
- Salunke, D. K., Kadam, S. S., 1989. *CRC Handbook of World Food Legumes, Vol I*, CRC Pres: Boca Raton, FL.
- Sandberg, A. S., 2002. Bioavailability of minerals in legumes. *British Journal of Nutrition*, 88: 281-285.
- Sathe, S. K., Salunke, D., Cheryan, M. 1984. Technology of removal of unwanted components of dry beans. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 21: 263-287.
- Sayar, S., Turhan, M., Gunasekaran, S. 2001. Analysis of chickpea soaking by simultaneous water transfer and water-starch reaction. *Journal of Food Engineering*, 50(2): 91-98.
- Sgarbieri, V. C., Whitaker, J. R. 1982. Physical, chemical and nutritional properties of common bean proteins. *Advances in Food Research*, 28: 93-166.
- Shafaei, S. M., Masoumi, A. A., Roshan, H. 2016. Analysis of water absorption of bean and chickpea during soaking using Peleg model. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15(2): 135-144.
- Sharma, A., Yadav, B. S. and Ritika, B. S. 2008. Resistant starch: physiological roles and food applications, *Food Reviews International*, 24: 193-234.
- Sharma, K. 2015. Protease inhibitors in crop protection from insects. *The International Journal of Current Research and Academic Review*, 3(2): 55-70.
- Smirnoff, P., Khalef, S., Birk, Y., Applebaum, S. W. 1976. Trypsin and chymotrypsin inhibitor from chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Biochemical Journal*, 157: 745-751.
- Swaminathan, M. 1988. Legumes. *Handbook of Food Science and Experimental Foods*. pp. 125-127, Bangalore Printing and Publishing Co. Ltd., Bangalore, India.
- Şeker, T., Gökbulut, İ., Öztürk, S., Özbaş, Ö. ve Köksel, H. 2006. Enzime dirençli nişastanın bisküvi üretiminde kullanımı. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs 2006, Bolu, 157-160.
- Taiwo, K., Akanbi, C., Ajibola, O. 1997. The effects of soaking and cooking time on the cooking properties of two cowpea varieties. *Journal of Food Engineering*, 33: 337-346.
- Tharanathan, R. N. 2002. Food-derived carbohydrates: Structural complexity and functional diversity. *Critical Reviews in Biotechnology*, 22: 65-84.

- Tharanathan, R. N., Mahadevamma, S. 2003. Processing of legumes: resistant starch and dietary fiber contents, *Journal of Food Quality*, 27: 289-303.
- Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C., Harrington, M., Bourgeois, C.M. 1997. Dietary fibres: nutritional and technological interest. *Trends Food Sci Tech*, 8; 41-48.
- Tovar, J., Bjorck, I. M., Asp, N. G. 1990. Starch content and amylolysis rate in precooked legume flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 1818-1823.
- Tovar, J., Melito, C. 1996. Steam-cooking and dry heating produce resistant starch in legumes. *J. Agric. Food Chem.* 44: 2642-2645.
- Tsatsaragkou, K., Gounaropoulos, G. and Mandala I. 2014. Development of gluten free bread containing carob flour and resistant starch. *LWT - Food Science and Technology*, 58: 124- 129.
- Tuğay Karagül, E. 2017. Türkiye yemeklik tane baklagil genetik kaynakları. *ANADOLU, J. of AARI*, 27(1): 56-70.
- Turgay, Ö. 2009. Effect of cooking methods on dietary fibre components of fresh vegetables, legume and cereal samples. *KSU J. Nat. Sci.*, 12(2): 17-20.
- Türksoy, S. 2018. Tam tane baklagil unlarının kimyasal, fonksiyonel ve reolojik özelliklerinin belirlenmesi. *GIDA*, 43(1): 78-89.
- Velasco Z. I., Rascon, A., Tovar, J. 1997. Enzymic Availability of Starch in Cooked Black Beans (*Phaseolus vulgaris* L) and Cowpeas (*Vigna* sp.). *J. Agric. Food Chem.* 45: 1548-1551.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J. 1991. Legume processing effects on dietary fiber components. *Journal of Food Science*, 56(5): 1350-1352.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J., Valverde S. 1993. Changes in the carbohydrate composition of legumes after soaking and cooking. *Journal of the American Dietetic Association*, 93: 547-550.
- Vidal-Valverde, C., Frias, J., Estrella, I., Gorospe, M. J., Ruiz, R., Bacon, J. 1994. Effect of processing on some antinutritional factors of lentils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(10): 2291-2295.
- Vijayakumari, K., Siddhuraji, P., Janardhanan, K. 1997. Effect of domestic processing the levels of certain antinutrients in *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz. *Seeds. Food Chem.*, 59(3): 367-371.
- Walker, A. F., Kochhar, N. 1982. Effect of processing including domestic cooking on nutritional quality of legumes. *Proc. Nutr. Soc.*, 41(1): 41-51.
- Wang, N., Hatcher, D. W., Tyler, R. T., Toews, R., Gawalko, E. J. 2010. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.), *Food Research International*, 43(2): 589-594.

- Weder, J., Link, I. 1993. Effect of treatments on legume inhibitor activity against human proteinases. *Publication-European Association for Animal Production*, 70: 481-492.
- Yadav, B. S., Sharma, A., Yadav, R. B. 2010a. Effect of storage on resistant starch content and in vitro starch digestibility of some pressure-cooked cereals and legumes commonly used in India. *International Journal of Food Science and Technology*, 45: 2449-2455.
- Yadav, B. S., Sharma, A., Yadav, R. B. 2010b. Resistant starch content of conventionally boiled and pressure-cooked cereals, legumes and tubers. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1): 84-88.
- Yadav, B. S., Guleria, P., Yadav, R. B. 2013. Hydrothermal modification of Indian water chesnut starch: influence of heat moisture treatment and annealing on the physicochemical, gelatinization and pasting properties. *LWT-Food Science and Technology*, 53: 211-217.
- Yue, P., Waring, S. 1998. Resistant starch in food applications. *Cereal Foods World*, 43: 690-695.
- Zhu, F. 2016. Impact of  $\gamma$ -irradiation on structure, physicochemical properties and applications of starch. *Food Hydrocoll*, 52: 201-212.
- Zhu, F., Wang, S. and Wang, Y. 2013. Physical properties and enzyme susceptibility of rice and high amylose maize starch mixtures. *Journal Science Food Agriculture*, 93: 3100–3106.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Özlem KESİCİ AYDIN, 12.08.1991'de Düzce'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Düzce'de tamamladı. 2009 yılında Gümüşova İMKB Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2009 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nü 2013 yılında bitirdi. 2015 yılında Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2016 yılında Kartepe İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü'ne atanarak Gıda Mühendisi olarak göreve başladı. Halen aynı kurumda çalışmaya devam etmektedir.