

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ULTRASES UYGULAMASININ
BAZI BAKLİYAT ÇEŞİTLERİNDE NİŞASTA
ÜRETİMİNE VE YAPISINA ETKİSİ

Melis KARAMAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 02/06/2016

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Necati Barış TUNCEL

ÇANAKKALE

Melis KARAMAN tarafından Doç. Dr. Necati Barış TUNCEL yönetiminde hazırlanan ve **02/06/2016** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Ultrases Uygulamasının Bazı Bakliyat Çeşitlerinde Nişasta Üretimine ve Yapısına Etkisi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ

.....

Başkan

Prof. Dr. Yonca YÜCEER

.....

Üye

Doç. Dr. Necati Barış TUNCEL

.....

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

Bu tez çalışması, TÜBİTAK tarafından 213O095 numaralı projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Melis KARAMAN

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam süresince her konuda yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Necati Barış TUNCEL'e; yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, içten tavırlarıyla her koşulda manevi desteğini hissettiğim sayın hocam Dr. Neşe YILMAZ TUNCEL'e; çalışmalarım sırasında benimle birlikte emek veren ve bana yardımcı olan değerli arkadaşım Esra KAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Hem yurt içi yüksek lisans bursiyeri olduğum hem de yüksek lisans tezimin gerçekleşmesine olanak veren proje (213O095) desteği için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK)'na teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim, başarımın asıl sahibi olan annem Sultan KARAMAN'a, babam Hasan KARAMAN'a emekleri için sonsuz teşekkür ederim.

Melis KARAMAN
Çanakkale, Haziran 2016

SİMGELER VE KISALTMALAR

YSN	Yavaş Sindirilebilir Nişasta
HSN	Hızlı Sindirilebilir Nişasta
EDN	Enzime Dirençli Nişasta
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TEM	Geçirimli Elektron Mikroskobu
GDO	Genetiği Değiştirilmiş Organizma
PXRD	Toz X-Işını Difraktometresi
XRD	X-Işını Difraktometresi
PLM	Polarize Işık Mikroskobu
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
TPA	Tekstür Profil Analizi
GOPOD	Glukoz Oksidaz/Peroksidaz Sistemi
UV-VIS	Ultraviyole (morötesi)- görünür bölge
n	Gözlem sayısı
kHz	Kilohertz
Mhz	Megahertz
W	Watt
rpm	Dakikadaki devir sayısı
nm	Nanometre
µm	Mikrometre
N	Normalite
M	Molarite
µL	Mikrolitre
L	Litre
mJ	Milijoule
EDTA	Etilendiamin Tetraasetik Asit
T _o	Jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı
T _p	Jelatinizasyon sıcaklığı
T _c	Kristalizasyon sıcaklığı
ΔH _{gel}	Jelatinizasyon entalpisi

ÖZET

ULTRASES UYGULAMASININ BAZI BAKLIYAT ÇEŞİTLERİNDE NİŞASTA ÜRETİMİNE VE YAPISINA ETKİSİ

Melis KARAMAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Necati Barış TUNCEL

02/06/2016, 59

Bu tez çalışmasında yaş olarak parçalanan baklagil materyallerine farklı genliklerde ultrases işlemi uygulanarak, nişastanın daha verimli bir şekilde ayrılabilmesini sağlamak amaçlanmıştır. Seçilen materyaller yeşil ve kırmızı mercimek (*Lens culinaris*), bakla (*Vicia faba*) ve bezelye (*Pisum sativum*) baklagilleridir. Uygulanan ultrases işleminin ekstrakte edilen baklagil nişastalarının termal, fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerine etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, tüm baklagil çeşitlerinde kontrol örneklerinin nişasta verimleri ultrases ile işlem görmüş örneklerin nişasta verimine kıyasla daha yüksek bulunmuş ve ultrases genliği arttıkça nişasta veriminin düştüğü tespit edilmiştir. Tüm baklagil çeşitlerinin kepek fraksiyonlarında, ultrases genliği arttıkça orantılı olarak nişasta miktarının da arttığı dolayısıyla ultrases işleminin nişasta ve kepek fraksiyonları arasında yapışmaya neden olup ayrımı engellediği görülmüştür. Baklagiller arasında çok farklı olmamakla birlikte hasarlı nişasta miktarı en yüksek kırmızı mercimekte (%2,04) belirlenmiş olup, tekstürel gücüne bakıldığında en düşük sertliği yine kırmızı mercimeğin göstermesi tutarlı bulunmuştur. Ayrıca baklagil nişastalarındaki hasarın ultrases genliğiyle orantılı bir şekilde arttığı, yüksek genlikte ultrases uygulamasının nişasta granül yüzeyinde girinti ve çatlaklar meydana getirdiği SEM görüntüleriyle de desteklenmiştir. Tüm baklagil çeşitlerinde amiloz içeriği %100 genlikte işlem görmüş ultrases örnekleri için kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Jelatinizasyon entalpisi (ΔH_{gel}) sonuçları, ultrases işlem şartları dikkate alınmadan değerlendirildiğinde bezelyede en düşük olduğu gözlenirken, aynı zamanda bezelye nişastasının diğer baklagiller arasında en yüksek amiloz içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, istatistiksel olarak bazı önemli etkiler bulunmakla birlikte, ultrases işleminin bakliyat nişastalarında fonksiyonel özelliklerini değiştirecek kadar dikkate değer ölçüde bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir. Diğer yandan, bakliyat çeşidi etkisi bakımından yeşil mercimek nişastası; en düşük dirençli nişasta miktarı, en yüksek dondurma-çözündürme kapasitesi, en yüksek şişe gücü, en düşük amiloz içeriği, en yüksek sertlik ve en düşük yapışkanlık gibi özellikleri ile diğer bakliyat nişastalarından ayrılmaktadır.

Anahtar sözcükler: Ultrases, Baklagiller, Nişasta, Verim, Fizikokimyasal zellikler.



ABSTRACT

THE EFFECT OF ULTRASOUND APPLICATION ON PRODUCTION AND STRUCTURE OF SOME PULSE STARCHES

Melis KARAMAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Science

Master of Science Thesis in Food Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Necati Barış TUNCEL

02/06/2016, 59

The aim of this study was to provide more effective starch extraction from pulses by applying ultrasound on hydrated samples at different amplitudes. The materials of the study were green and red lentils (*Lens culinaris*), faba bean (*Vicia faba*) and pea (*Pisum sativum*). Further, the effect of ultrasound on thermal, physicochemical and functional properties of the pulse starches was investigated. As a result, it was found that starch yield of untreated control was higher than that of the ultrasound treated ones and it decreased with increasing ultrasound amplitude for all pulse types. Additionally, it was observed that starch amount in bran fractions was increased with increasing ultrasound amplitude which means that ultrasound procedure favors the adhesion between starch and bran fractions and hinders the separation. The lowest damaged starch amount (2,04%) was observed in red lentil starch which also showed the lowest textural hardness. Also, starch damage increased with increasing ultrasound amplitude and increasing number of scratches and fractures were observed on starch granule surface from the SEM images. Amylose content of the starches which were treated at 100 % of ultrasound amplitude was higher than the untreated control for all pulse types.

When the gelatinization enthalpy (ΔH_{gel}) results were evaluated without taking into account the effect of ultrasound conditions, it was observed that pea starch which also showed the highest amylose content had the lowest ΔH_{gel} .

To conclude, although some statistically significant changes were observed, ultrasound did not cause dramatic alterations that can increase the functionality of the starch. Besides, green lentil starch notably differed from the other pulse types by showing the lowest resistant starch content, the highest freeze-thaw stability, the highest swelling

power value, the lowest amylose content, the highest hardness and the lowest adhesiveness properties.

Keywords: Ultrasound, Pulse, Starch, Yield, Physicochemical Properties.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1. Baklagiller	1
1.2. Nişasta Özellikleri ve Baklagil Nişastası.....	2
1.3. Baklagil Nişastası Ekstraksiyon Yöntemleri.....	4
1.3.1. Kuru Öğütme Yöntemi.....	4
1.3.2. Yaş Öğütme Yöntemi.....	5
1.4. Ultrases.....	5
1.5. Ultrases İşleminin Etki Mekanizması	6
1.6. Ultrasesin Sistem Bileşenleri	6
1.7. Ultrases Uygulamasının Ekstraksiyon Üzerine Etkisi	7
1.8. Ultrasesin Diğer Kullanım Alanları.....	8
BÖLÜM 2	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	9
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE METOT	16
3.1. Materyal	16
3.2. Analiz Yöntemleri	16
3.2.1. Nem Tayini.....	16
3.2.2. Ham Yağ Tayini.....	16
3.2.3. Ham Protein Tayini.....	16
3.2.4. Toplam Kül Tayini.....	16
3.2.5. Suda Çözünebilen ve Toplam Diyet Lif Tayini.....	16
3.2.6. Fitik Asit Tayini.....	17

3.2.7. Mineral Madde Kompozisyon Tayini	17
3.3. Ultrases Deneme Planı	18
3.4. Ultrases Uygulaması	18
3.5. Nişasta İzolasyonu	19
3.6. Nişasta Analizleri	19
3.6.1. Toplam Nişasta Tayini	19
3.6.2. Hasarlı Nişasta Tayini	20
3.6.3. Enzime Dirençli Nişasta Tayini	20
3.6.4. Toplam Amiloz İçeriğinin Belirlenmesi	21
3.6.5. Nişasta Granül Yapısının Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Belirlenmesi	21
3.6.6. Nişasta Termal Özelliklerinin Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) ile Tayini	21
3.6.7. Nişastanın Tekstürel Özelliklerinin Tayini	22
3.6.8. Su ve Yağ Bağlama Kapasitesi Tayini	22
3.6.9. Bulanıklık Tayini	22
3.6.10. Dondurma-Çözündürme Stabilitate Tayini	23
3.6.11. Şişme Gücü Tayini	23
3.6.12. Sineresis Tayini	23
3.7. İstatistiksel Analizler	23
BÖLÜM 4	
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	25
4.1. Baklagil Tanelerinin Temel Bileşen ve Mineral Madde Analiz Sonuçları	25
4.2. Nişasta ve Kepek Verimi Analiz Sonuçları	28
4.3. Toplam Nişasta Analiz Sonuçları	30
4.4. Hasarlı Nişasta Analiz Sonuçları	31
4.5. Enzime Dirençli Nişasta Analiz Sonuçları	31
4.6. Toplam Amiloz İçeriği Analiz Sonuçları	32
4.7. Nişasta Granül Yapısının Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analiz Sonuçları	34
4.8. Baklagil Nişastalarının Termal Özelliklerine Ait Diferansiyel Kalorimetri (DSC) Sonuçları	37
4.9. Nişasta Jellerinin Tekstürel Özellikleri	40
4.10. Su ve Yağ Bağlama Kapasitesi Analiz Sonuçları	42

4.11. Bulanıklık Analiz Sonuçları.....	43
4.12. Dondurma-Çözündürme Stabilitesi Analiz Sonuçları	45
4.13. Şişme Gücü Analiz Sonuçları.....	46
4.14. Sineresis Analiz Sonuçları	49
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	I



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Ultrases cihazının şematik gösterimi	6
Şekil 4.1. Farklı baklagil çeşitlerinin kontrol ve ultrases uygulaması sonucu nişasta verimi	29
Şekil 4.2. Farklı baklagil çeşitlerinin kontrol ve ultrases uygulaması sonucu kepek verimi	29
Şekil 4.3. Farklı baklagil çeşitlerinin kontrol ve ultrases uygulaması sonucu kepek fraksiyonunda kalan nişasta	30
Şekil 4.4. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişasta granüllerinin SEM görüntüleri.....	36
Şekil 4.5. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişasta jellerinin bulanıklık grafikleri (SPSS grafikleri)	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 4.1. Baklagil tanelerinin temel bileşen ve mineral madde içeriği	27
Çizelge 4.2. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucubaklagil nişastalarının hasarlı nişasta ve dirençli nişasta miktarları	32
Çizelge 4.3. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucubaklagil nişastalarının toplam amiloz içeriği	33
Çizelge 4.4. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının tane boyut dağılımı (n=40)	35
Çizelge 4.5. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının jelleşme özellikleri.....	39
Çizelge 4.6. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının tekstürel özellikleri.....	41
Çizelge 4.7. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının su/yağ bağlama kapasiteleri.....	42
Çizelge 4.8. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişasta jellerinin dondurma-çözündürme stabilitesi.....	46
Çizelge 4.9. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının belirlenen sıcaklıklardaki şişme gücü (g jel/g nişasta) değerleri.....	47
Çizelge 4.10. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarında şişme gücü (g jel/g nişasta) üzerine çeşit ve yöntemin etkisi	48
Çizelge 4.11. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarında şişme gücü (g jel/g nişasta) üzerine çeşit ve sıcaklığın etkisi.....	49
Çizelge 4.12. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişasta jellerinin sineresis değerleri.....	50

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Baklagiller

Baklagiller, *Leguminosae* familyasına ait bitkilerin tohumlarıdır. Bakla kelimesi, botanik biliminde tohum kabuğu anlamına gelmekte olup, genellikle meyve ya da tohumu ifade etmek için kullanılır. *Papilionoideae* familyasında ıslah edilmiş baklaların tümü bulunmaktadır. Baklagiller aile içinde *Vicieae* takımı (mercimek, bezelye ve nohut), *Hedysareae* takımı (yerfıstığı) ve *Phaseolaeae* takımı (soya, börülce ve fasulye) olmak üzere üçe ayrılırlar (Ertaş, 2013).

Baklagillerde bulunan karbonhidratlar suda çözünen (şekerler ve pektinler) ve suda çözünmeyen (nişasta ve nişasta tabiatında olmayan polisakkaritler, hemiselüloz ve selüloz) formda olmak üzere iki gruba ayrılmakla birlikte toplam karbonhidrat miktarı %24-68 arasında değişmektedir (Ertaş, 2007).

Baklagiller, kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), potasyum (K), fosfor (P), bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn) ve çinko (Zn) gibi mineraller bakımından zengin besin kaynağıdır. Suda çözünebilir vitaminlerden özellikle tiamin, riboflavin ve niasince zengin olup çimlendirilmiş baklagiller haricindeki diğer baklagiller C vitamini içermez. Tahıllara kıyasla daha az pantotenik asit içermekle birlikte iyi bir folik asit kaynağı olduğu belirtilmektedir (Kaya, 2010).

Diyet lifi, genel olarak insan beslenmesinde sindirime dirençli makromoleküller olarak tanımlanır. Baklagillerde toplam diyet lif içeriğinin mercimekte %18-20, bezelyede %14-26, fasulyede %23-32 ve nohutta %18-22 arasında değiştiği bildirilmiştir (Oomah ve ark., 2011).

Baklagil tohumları başta linoleik (%21-53) ve linolenik asit (%4-22) olmak üzere %2-21 oranında doymamış yağ asidi içerir (Oomah ve ark., 2011). Baklagiller, ayrıca önemsenecek düzeyde fenolik bileşen miktarına ve antioksidan aktiviteye sahiptir (Xu ve Chang, 2007).

Geniş epidemiyolojik araştırmalar baklagil tüketimi ile kanser, diyabet, kalp-damar hastalıkları ile bazı metabolik hastalıkların görülme sıklığının azaldığını işaret etmektedir (Tharanathan ve Mahadevamma, 2003). Bu hastalıklarla mücadele eden pek çok kuruluş, özellikle beslenme diyetlerinde baklagillerin bulunmasını tavsiye etmektedir (Amerika Kalp Derneği) (Duranti, 2006).

Türkiye’ de baklagil üretimi ülke geneline yayılmış olmakla beraber üretimin en yoğun olduğu bölgeler Marmara Bölgesinin güneyi, Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu’ dur. Genel olarak yeşil mercimek, nohut ve kuru fasulye Orta Anadolu bölgelerinde, kırmızı mercimek Güneydoğu’da, bakla ve bezelye ise Ege ve Güney Marmara’da yetişmektedir (Anonim, 2014).

Dünya mercimek üretiminde başta gelen ülkeler Kanada, Hindistan, Avustralya ve Türkiye’dir (FAO,2012).Bununla birlikte Birmanya, Hindistan, Brezilya, Çin, ABD, Tanzanya ve Meksika dünya fasulye üretiminin büyük çoğunluğunu karşılamaktadır (FAO, 2012). Kanada, Rusya, Hindistan, Fransa, ABD, Ukrayna,Avustralya, Etiyopya ve Tanzanya dünya bezelye üretiminin yaklaşık %50’sini karşılamaktadır (FAO,2012). Genel olarak baklagil üretiminde ise Avustralya, Hindistan, Mozambik, Bangladeş, Pakistan, Vietnam, Tayland, Tanzanya ve İran başta gelen ülkelerdir (doğrulanmamış veriler) (FAO, 2012).

Türkiye’de ise 2015 yılı itibariyle 13856 ton bakla, 3125 ton bezelye, 20 bin ton yeşil mercimek ve 340 bin ton kırmızı mercimek üretimi olduğu bildirilmiştir (TUİK, 2015).

1.2. Nişasta Özellikleri ve Baklagil Nişastası

Nişasta, bitkilerin yumru, kök ve tohumların temel içeriğini oluşturan ve insan gıdasının önemli bir kısmını oluşturan karbonhidrattır. Ticari olarak saf nişasta dünya üzerinde mısır, pirinç, buğday, patates ve diğer bazı bitkilerden (tapiyoka, kasava) elde edilebilmektedir. Üretim maliyetinin düşüklüğü açısından en fazla mısırdan üretilmektedir. Nişasta elde edilmesine göre doğal ve modifiye nişasta olmak üzere iki kısımda incelenir. Doğal nişasta ham madde temizlendikten sonra tekniğine uygun olarak ısıtılması ve koruyucu madde ile muamelesinden sonra santrifüj ve kurutma işlemlerinden geçirilip elenmesi ile elde edilirken; modifiye nişasta doğal nişastanın kullanım amacına uygun olarak kuru ve sulu ortamda çeşitli kimyasallarla muamele edilmesi ile üretilir (Mason, 2009).

Bilindiği üzere nişasta gıdaların tekstür özelliklerinde belirleyici önemli bir faktör olmakla beraber, duyu kalitesini de doğrudan etkilemektedir. Nişastanın besleyici değeri hızlı sindirilebilir nişasta (HSN), yavaş sindirilebilir nişasta (YSN) ve enzime dirençli nişasta(EDN) içeriği tarafından belirlenir. EDN, ince bağırsaklarda yararlı mikroflora gelişmesini teşvik ederek, kolon pH’sı, kan şekeri ve kolesterol seviyesinin azalmasına yardımcı olduğu belirtilmektedir (Sajilata ve ark., 2006).

YSN, yavaş sindirilmekle beraber tamamı ince bağırsaklarda hidrolize edilmektedir. HSN'ye göre avantajlı noktası kan şekerini stabil bir düzeyde tutmaya yardımcı olmasıdır. Enzime dirençli nişasta, EURESTA (European Food-Linked Agro-Industrial Research–Concerted Action on Resistant Starch) tarafından “sağlıklı bireylerin ince bağırsağında sindirilemeyen nişasta ve nişasta parçalanma ürünleridir” olarak tanımlanmıştır (Jiang ve Liu, 2002). Fonksiyonel bir lif olarak da adlandırılan, EDN beyaz renkli, ince granül yapısında ve yumuşak tadı nedeniyle diyet liflerin bilinen olumsuz etkilerine sahip değildir. Dolayısıyla ürünlerin lezzetini arttırmakta ve tekstürü iyileştirerek tüketiciye daha çok hitap etmektedir (Tharanathan ve Mahadevamma, 2003).

EDN dört grup altında toplanabilir:

Tip1 EDN; gıda matriksine bağlı halde olan nişasta (kısmen öğütülmüş tahıl ve baklagil nişastaları)

Tip2 EDN; jelatinizasyona uğramamış nişasta (yeşil muz, çiğ patates ve yüksek amiloz içeren nişasta)

Tip3 EDN; retrogradasyona uğramış nişasta (pişirilip soğutulmuş patates nişastası ve retrograde edilmiş nişasta)

Tip4 EDN; kimyasal kombinasyonlar ile üretilen nişasta (Hidroksipropil nişastalar, asetat nişastaları, fosfat nişastaları, sitrat nişastaları ve çapraz bağlı nişastalar) (Ak, 2005).

Görüldüğü gibi Tip1 EDN, kısmen öğütülmüş tahıl ve baklagillerde bulunmaktadır. Baklagiller tahıllara nazaran daha fazla EDN oranına sahip gıdalardır. Bazı bezelye çeşitlerinde bu oranın %78'e kadar çıktığı bildirilmiştir (Hoover ve ark., 2010).Baklagiller, dirençli nişasta yanında sağlığa yararlı biyolojik aktiviteye sahip çok sayıda bileşeni içerir (Boschin ve Arnoldi, 2011).

Besinsel liflerin en dikkat çekici özelliklerinden birisi olan prebiyotik özelliğini EDN'de göstermektedir. EDN'nin dışkı miktarı ve atımı ile kısa zincirli yağ asidi oluşturma özelliği bakımından da besinsel liflere önemli ölçüde benzedikleri bildirilmektedir. Ayrıca, EDN ince bağırsakta sindirilemediği için gıdanın glisemik indeksini azaltmakta ve diyabetli hastaların diyetlerinde kullanılabilmektedir. Serum kolesterol ve trigliseritlerin seviyesini de azaltmaktadır. Doğal olarak hububat tanelerinde, ısıtma işlemi uygulanmış nişasta ya da nişasta içeren gıdalarda farklı tiplerde EDN bulunmaktadır. Ancak gıdaya uygulanan ısıtma işlemleri ve bunların derece ve süresi (ısıtma, soğutma, kurutma vs.), nişastanın amiloz: amilopektin oranı, moleküllerin zincir uzunluğu, amiloz-lipid kompleksinin varlığı gıdalarda bulunan EDN miktarını değiştirebilmektedir.

Uygulanan proseslerin sonucunda EDN miktarının %40'a kadar ulaştığı gözlemlenmektedir (Tharanathan ve Mahadevamma, 2003).

Baklagiller familyasına ait bitkilerin nişastaları nispeten yüksek YSN ve EDN içeriği ile iyi bir besin değerine sahip olmakla beraber tahıl nişastalarına göre düşük glisemik indekse sahiptir. Ayrıca, tohum dokusunun nişastayı kuvvetli bir şekilde sarması, yüksek oranda amiloz içermesi (%25-65), suda eriyen diyet liflerin fazlalığı nedeniyle yüksek vizkoziteye sahip olması, alfa amilaz inhibitörü veya fitik asit varlığı ve amiloz zincirlerinin birbirine kuvvetli bir şekilde bağlanması baklagil nişastalarının düşük oranda sindirilmesinin başlıca nedenlerinden sayılabilir (Chung ve ark., 2008). Baklagillerde çeşide göre oldukça farklılık göstermekle birlikte en fazla bulunan karbonhidrat nişastadır (%22-45) (Şimşek ve ark., 2009).

Besinsel özelliği dolayısıyla baklagil nişastaları düşük yağlı, yüksek lifli gıdaların endüstriyel üretiminde kullanımını artırarak, obezite, kalp-damar hastalıkları ve kolon kanser riskini azaltmak için yardımcı olabilir (Pietrasik ve Janz, 2010). Baklagillerden ekstrakte edilen nişastalar gıda üretiminde Batı mutfağında yaygın olmamasına rağmen Asya mutfağında sıklıkla kullanılmaktadır (Lee, 2008).

1.3. Baklagil Nişastası Ekstraksiyon Yöntemleri

Baklagiller; nişasta, protein ve lif bakımından zengin besin kaynakları olup, nişastayı diğer fraksiyonlardan ayırmak oldukça güçtür. Baklagil nişastaları için iki izolasyon yöntemi uygulanmaktadır: kuru öğütme ve yaş öğütme. Yaş öğütme ile elde edilen nişastalar kuru öğütme ile elde edilen nişastalara kıyasla genel olarak daha yüksek saflıktadır. Kuru öğütme de, nişasta granüllerinin protein matriksinden ayrımını sağlamak için partikül boyutunu çok küçültmek gerektiği bildirilmiştir (Hoover ve ark., 2010).

1.3.1. Kuru Öğütme Yöntemi

Kuru öğütmede taneler öncelikle zımparalama yöntemiyle kabuk kısmından arındırılır. Kabuğu çıkarılmış tohum, eleme işleminden geçirilip değirmende işlenerek un haline getirilir. Elde edilen un tekrar öğütülüp hava verilerek protein ve nişasta fraksiyonu olarak iki kısma ayrılır. Protein, nişasta fraksiyonundan tamamen ayrımı gerçekleşmediği için tekrar hava verilmektedir (Hoover ve ark., 2010).

1.3.2. Yaş Öğütme Yöntemi

Yaş öğütme tekniğinde ise yine taneler öncelikli olarak kabuk kısmından ayrılır. Kabuğu çıkarılan taneler, su içinde 12 saat bekletildikten sonra parçalayıcıdan geçirilerek homojenize edilir. Çözelti vakum altında filtre edilerek 2 saat bekletilir ve tortu kısmı ile süpernatantın birbirinden ayrılması sağlanır.

Ayrılan tortunun pH'ı 9 olacak şekilde 1 M NaOH ile ayarlanıp 12 saat çökmesi beklenir ve tekrar süpernatant kısmı ayrılır. Altta kalan tortu filtreden geçirildikten sonra filtre altında kalan kısım 0,1 N HCl ile pH 7'ye ayarlanarak 24 saat kurumaya bırakılır.

Birçok çalışma sonucunda yaş öğütme tekniğiyle elde edilen baklagil nişastalarında %0,01 ile %0,5 arasında protein kaldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, su ile yıkama işlemi nişastaya bağlı bulunan proteinin büyük bir kısmının uzaklaşmasını sağladığı için uygulanması gerektiği belirtilmiştir (Hoover ve ark., 2010).

1.4. Ultrases

Ultrases, insan kulağıyla işitilemeyen yüksek frekansa sahip, katı, sıvı ve gaz ortamda ilerleyebilen ses dalgaları olarak ifade edilmektedir (Türkmen, 2012). Ultrases düzeneklerinde genellikle 20 kHz'den 10 MHz'e kadar değişen frekanslar kullanılmaktadır. Ultrases, kullanılan frekansa göre üç şekilde incelenmektedir: 1- Power ultrases (16-100kHz), 2- Yüksek frekanslı ultrases (100kHz-1MHz), 3- Tanısal ultrases (1-10 MHz) (Patist ve Bates, 2008).

Ultrases yüksek ürün verimi, daha yüksek kalite, daha kısa işlem süresi, daha az çalıştırma ve bakım masrafları da dahil olmak üzere gıda işlenmesinde faydalı etkilere sahip olduğu görülmüştür (Patist ve Bates, 2008).

Gıdaya yüksek enerjili ultrases uygulaması materyali, fiziksel, kimyasal ve mekanik açıdan etkilemektedir. Ancak düşük enerjili ultrases uygulamada çok düşük enerji açığa çıkmasından dolayı, dalganın geçtiği materyal fiziksel ve kimyasal açıdan etkilenmemektedir (Demirdöven ve Baysal, 2009). Bu nedenle gıdanın bileşimi ve yapısı, fizikokimyasal özellikleri ve kalite kontrol değerlendirmeleri için düşük enerjili ultrases uygulamaları kullanılmaktadır (Sango ve ark., 2014).

1.5. Ultrases İşleminin Etki Mekanizması

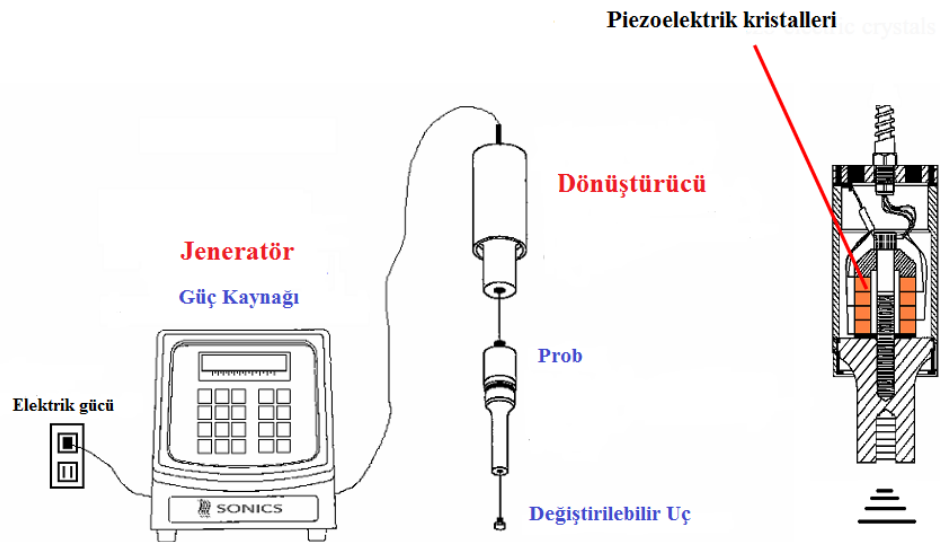
Ultrases dalgaları bir mekanik dalga türü olarak ortamda sıkıştırma ve seyreletme serisine neden olur. Dalgalar genlik eşik değerini aştığı zaman sıvı ortamda kavitasyon olgusunu meydana getirirler. Diğer yandan ultrases dalgaları katı ve gaz sistemlerinde kavitasyon olgusunu meydana getirmemektedir (Tao ve Sun, 2015).

Ultrases uygulaması esnasında kavitasyonu etkileyen parametreler mevcuttur. Kullanılan ultrases frekansı ile kavitasyon arasında ters orantılı ilişki olduğu, frekans arttıkça kavitasyonun azaldığı hatta MHz aralığında kavitasyon oluşmadığından söz edilir (Patist ve Bates, 2008).

Sıcaklık ve kavitasyon arasındaki ilişki ise doğru orantılı olup yüksek sıcaklıklarda daha fazla kabarcık meydana gelmektedir. Ancak yüksek sıcaklıklarda, daha fazla kabarcık oluşmasına karşın bu kabarcıkların sönmüledikleri andaki şiddeti, dolayısıyla da etkinlikleri azalmaktadır. Yüksek viskoziteli ortamda ise kavitasyon oluşumu zorlaşır (Patist ve Bates, 2008).

1.6. Ultrasesin Sistem Bileşenleri

Ultrases sisteminde jeneratör, dönüştürücü ve iletici kısım olarak üç ana parça kullanılmaktadır. Alternatif akımı, yüksek frekanslı alternatif akıma dönüştürmeyi jeneratör sağlamaktadır. Yüksek frekanslı elektrik akımını mekanik titreşimlere dönüştüren dönüştürücü kısım ve üretilen mekanik titreşimler ise iletici kısım tarafından sonik işlemin uygulanacağı ortama iletilmektedir (Türkmen, 2012).



Şekil 1.1. Ultrases cihazının şematik gösterimi

Ultrases işleminde yüksek frekanslı sesi ortama iletme için ultrasonik banyolar veya prob sistemleri kullanılır. Prob sistemleri kullanılırken dönüştürücüye bağılı halde olan bir başlık mevcuttur ve bu başlığın uç kısmına uygulanacak gücün yoğunluğuna göre farklı boyutlarda prob takılabilmektedir. Prob çapına göre materyale verilen güç yoğunluğu değişmekte ve tercih edilen her prob için örnek hacmi değişebilmektedir (Türkmen, 2012).

1.7. Ultrases Uygulamasının Ekstraksiyon Üzerine Etkisi

Ekstraksiyon işlemi, kısaca istenilen bileşiklerin hammaddeden uygun solvent yardımı ile ayrımı olarak tanımlanır. Ultrases işlemiyle ekstraksiyon veriminin belirgin bir şekilde arttırılabileceği öne sürülmüştür (Tao ve Sun, 2015). Ekstraksiyon işleminde ultrases uygulaması geleneksel ekstraksiyon yöntemiyle karşılaştırıldığında daha kısa işlem süresi ve daha az solvent kullanımı sağlayabileceği düşünülmektedir (Tao ve Sun, 2015).

Ultrases işlemi ile partikül çapı küçültülerek, katı ve sıvı kısımlar arasındaki yüzey alanının artması sağlanır. Mekanik titreşimler, solventin uygulanan materyal içerisine doğru olan dağılımını kolaylaştırır. Mekanik titreşimlerin etkisiyle hücre duvarı parçalandığından hücre içi bileşenin, çözücü solvente geçişi kolaylaşmaktadır (Ergün ve ark., 2013).

Ekstraksiyon verimini etkileyen faktörler; ultrasonik faktörler ve ultrasonik olmayan faktörler olarak ayrılabilir. Ultrasonik faktörler; ultrases frekansı, akustik güç/yoğunluğu, çalışma süresi ve işlem modunu kapsarken, ultrasonik olmayan faktörler solvent tipi, örnek/solvent oranı, parçacık boyutu ve sıcaklık faktörlerini kapsamaktadır (Tao ve Sun, 2015).

Ultrases ekstraksiyon işlemlerinde genellikle kesintisiz modda çalışılır ancak pulse modunda çalışılmasının da avantajları olduğu belirtilmiştir. İşlem süresince uygulanan pulse süresi ve aralığı yüksek ekstraksiyon verimi elde etmede kritik öneme sahiptir (Pan ve ark., 2011).

Ultrases işlemiyle ekstraksiyonun olumlu etkileri bilinmesine rağmen elde edilen bileşiklerin stabilitesiyle ilgili oldukça az çalışma yapıldığı için bu konunun dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir (Soria ve Villamiel, 2010).

1.8. Ultrasesin Diğer Kullanım Alanları

Gıda proseslerinde ultrases işlemi pişirme, dondurma, kristalizasyon, kurutma, gaz giderme, köpük önleyici, filtrasyon, emülsifikasyon, homojenizasyon, fermentasyon, olgunlaştırma, kesme, viskozite değişikliği, mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyon gibi işlemlerde kullanılmaktadır (Chemat ve ark., 2011). Sıcaklık, basınç gibi uygulamalarla sonik ses dalgalarının kombine edilerek kullanılmasının işlem etkinliğini arttıracığı düşünülmektedir (Ulusoy ve Karakaya, 2011).

Ultrases, uygulandığı materyalde hücre duvarlarını mekanik olarak parçaladığı için bu yöntemle yapılan ekstraksiyon işlemi diğer ekstraksiyon yöntemlerine göre daha hızlı olmaktadır. Bu bilgiden yola çıkılarak çalışmada, yaş olarak parçalanmış baklagil materyaline farklı genliklerde ultrases uygulanmış ve nişastanın daha verimli bir şekilde ayrılabilmesi amaçlanmıştır. Uygulanan ultrases işlemi sonucunda ekstrakte edilen baklagil nişastalarının termal, fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerine etkisi incelenmiştir.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yapılan daha önceki araştırmalarda yaş olarak parçalanmış tam baklagil tanesine ultrases uygulanarak nişasta verimini arttırmaya yönelik çalışmalara rastlanmamıştır. Ancak nişasta süspansiyonlarına ultrases uygulaması ve uygulama sonucunda nişastalarda meydana gelen değişiklikleri incelemeye yönelik araştırmalar mevcuttur.

Tovar ve Melito (1996), ham veya buharla pişirilmiş kırmızı, siyah ve lima tipi fasulyelerden nişastayı izole etmişlerdir. Elde ettikleri nişastaların EDN miktarlarını araştırmışlardır. Buharla pişirilmiş fasulyelerden izole edilmiş nişastada EDN miktarının (%19-31) ham fasulyelere kıyasla daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, geleneksel ve yüksek basınçlı buharla pişirilmiş fasulyelerde EDN içeriğinin işlem görmemiş ham baklagil tanelerine göre 3-5 kat daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Buharla pişirmenin EDN miktarını arttırmak açısından etkili bir yol olduğunu belirtmişlerdir.

Mahadevamma ve Tharanathan (2004), değişik nohut ve bezelye tanelerine geleneksel pişirme, kızartma, çimlendirme, kavurma, otoklav uygulaması, popping (patlatma), fermentasyon ve ekstrüzyon pişirme işlemleri uygulayarak EDN miktarlarındaki değişimleri incelemiştir. Geleneksel pişirme işlemi uygulaması ile EDN miktarında 1,6 ila 9 kat, otoklavlama ile 2,1 ila 8 kat arasında artış tespit etmişlerdir. Black gram nohut çeşidinin kızartılması sonucunda ise EDN miktarında 3 kat artış bulmuşlardır. Çimlendirmenin EDN miktarında çok az bir artış sağladığını gözlemlemişlerdir.

Wang ve Wang (2004a), pirinç ununda nötral proteaz ve ultrases kombinasyonu ile nişasta izolasyon çalışması yapmışlar, nişasta veriminin %80,8'den %86,7'ye kadar arttığını tespit etmişlerdir.

Wang ve Wang (2004b), pirinç nişastasına farklı sıcaklıklarda (40 °C ve 50 °C), farklı genlik ve sürelerde ultrases işlemi uygulamış ve ultrases genlik değeri ile birlikte artan işlem süresinin nişasta verimini arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Zhang ve ark. (2005a), tarafından yapılan çalışmada, geleneksel ıslak öğütme ile karşılaştırıldığında ultrases işlemi görmüş mısır tanelerinin %6,35 ile %7,02'den daha fazla nişasta geri kazandığı belirlenmiştir.

Zhang ve ark. (2005b), mısır ununa ultrases, öğütme, ultrases ile birlikte öğütme işlemleri uygulamışlardır. Kontrol ve sadece öğütme işlemi uygulanmış örneklerle göre tek başına ultrases işlemi ve ultrases ile birlikte öğütme işlemi uygulanmış örneklerde, nişasta veriminin 0,35 g/g'dan 0,67 g/g'a kadar arttığı belirtilmiştir. Mısır unu parçacık boyutlarının küçük olması nedeniyle ek bir öğütme işleminin nişasta verimine katkısı olmadığını bildirmişlerdir.

Cameron ve Wang (2006), mısır unundan nişasta izolasyonu amacıyla unu, iki farklı sıcaklıkta (40 °C ve 50 °C), farklı süre ve genliklerde ultrases işlemine tabi tutmuşlardır. Sadece su ile muamele edilmiş kontrol örneğinin en düşük nişasta verimine sahip olduğu ve enzimatik-gravimetrik yöntemle belirlenen nişasta hasar miktarının da yine aynı kontrol örneğinde en düşük olduğu belirtilmiştir. Her iki işlem sıcaklığında da ultrases genlik değeri ve işlem süresinin artmasına bağlı olarak nişasta veriminin arttığı belirtilmiştir. 50 °C'de ultrases işlemi gören nişasta örneklerinde genlik değeri ve işlem süresinin artması ile hasar görmüş nişasta miktarında artış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Cameron ve Wang (2006), mısır nişastası üzerindeki yapmış oldukları çalışma da proteaz ve ultrases kombinasyon tekniği de denemişlerdir. Uygulanan kombinasyon tekniği ile nişasta verimi ve nişasta hasarının yükseldiği sonucuna varmışlardır.

Huang ve ark. (2007), su ile süspanse edilmiş mısır nişastasına 500 W güçte, farklı sürelerde (3, 6, 9, 12 ve 15 dakika) pulse modunda ultrases işlemi uygulamışlardır. 3-9 dakika aralığındaki ultrases uygulamalarında hidroliz derecesinin ve jelatinizasyon entalpisinin (ΔH_{gel}) hızlı bir şekilde arttığı ancak 9-15 dakika aralığında hafif bir düşüş olduğu belirtilmiştir. Hidroliz derecesindeki artışın sebebi, 3-9 dakika aralığında ki ultrases uygulamasıyla amorf bölgelerin, kristal bölgelere göre daha fazla zarar görmesinden kaynaklı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kontrol örneği, 3 ve 15 dakika ultrases işlemi uygulanan nişasta örneklerinin Scanning Electron Microscopy (SEM) görüntüleri incelenmiş, ultrases işlem süresi arttıkça nişasta yüzeyinde meydana gelen hasarın da orantılı bir şekilde arttığı tespit edilmiştir.

Luo ve ark. (2008), normal mısır, mumsu mısır ve amiloz miktarı yüksek mısırlardan elde edilmiş nişasta örneklerine 30 °C'de 30 dakika boyunca 100 W gücünde ultrases işlemi uygulayarak nişasta granüllerinin fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Üç nişasta örneğinde de ultrases işlemi ile şişme gücü değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte nişasta örneklerinde çözünürlüğün arttığı da belirlenmiştir. Beş dondurma-çözündürme döngüsü sonunda normal ve mumsu tip nişastaların ultrases işlemi uygulamasıyla su salınım miktarında azalma olurken amilozu yüksek mısır nişastasın da

artış gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda araştırmacılar ultrases işleminin dallı yapıda olan amilopektin moleküllerine göre lineer yapıda olan amiloz moleküllerine daha kolay etki ederek bozulmaya neden olduğunu atfetmişlerdir. Ultrases ile işlem gören örneklerde meydana gelen değişikliklerin sadece nişastanın kristal yapısıyla ilgili olmadığını aynı zamanda amiloz miktarıyla da ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca üç nişasta örneğinde de ΔH_{gel} değerinin ultrases uygulamasıyla azaldığını tespit etmişlerdir.

Wang ve ark. (2009) tarafından, pişirme ve kabuk ayırma işleminin bazı mercimek çeşitlerinde beslenme ve anti besinsel faktörler üzerine etkisi araştırılmıştır. İncelenen tüm mercimek çeşitlerinde kabuk ayırma işlemi nişasta veriminde artış sağlarken, EDN miktarında ise pişirme işleminin kabuk ayırma işlemine kıyasla daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Herceg ve ark. (2010), mısır nişastasından hazırladıkları süspansiyona 24 kHz frekansta 15 ve 30 dakika süreyle ultrases işlemi uygulamışlardır. Ultrases uygulamasındaki kavitasyonel gücün nişasta granüllerinin bozulmasına neden olduğu ve suyun granül yapı içine girişini kolaylaştırdığını tespit etmişlerdir. Böylelikle su içinde çözünürlük istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir. Özellikle nişasta molekülünde bulunan amorf bölgenin ultrases uygulandığında mekanik olarak çok daha fazla zarar gördüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca ultrasonik banyoda ve ultrases probu ile süspansiyonlara ultrases uygulanmıştır. Bu süspansiyonlardan nişasta jel preparatı hazırlanarak Tekstür Profil Analizi (TPA) yapılmıştır. Prob ile işlem görmüş örneklerden hazırlanan preparatların daha sert ve yapışkan olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, aynı yoğunlukta daha uzun süre ultrases işlemi uygulamasının nişasta jellerinin yapışkanlık, bağlayıcılık, sakızimsılık özelliklerinde artış sağlarken, sertlik özelliğinde düşüşe neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Jambrak ve ark. (2010), yapmış olduğu çalışmada ultrasonik banyo ve ultrases probu ile mısır nişasta süspansiyonlarına sonik işlem uygulanmıştır. Prob ile ultrases işlemi uygulanan nişasta örneklerinde 100 W, 300 W, 400 W gücünde, 15 ve 30 dakika işlem gerçekleştirilmiştir. Aynı güçte daha uzun işlem süresinin ΔH_{gel} değerinde ve beş gün boyunca spektrofotometrik olarak ölçülen bulanıklık değerlerinde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir.

Benmoussa ve Hamaker (2011), tarafından yapılan çalışmada sorgum ve mısır tanelerinden nişasta izolasyonu amacıyla geleneksel ıslak öğütme, kuru öğütme, ultrases uygulaması ve ultrases ile kombine edilmiş sakkaroz yoğunluk ayırıcı yöntemleri uygulamışlardır. Islak öğütmede sorgumdan %70, mısırdan %71, kuru öğütmede

sorgumdan %69, mısırdan %70 nişasta verimi sağlanırken, süktroz yoğunluk ayırıcı olmaksızın ultrases uygulaması sonucunda bu verimlerin sorgum ve mısır için sırasıyla %81 ve %82 olduğu belirtilmiştir. Enzimatik-gravimetrik yöntemle belirlenen nişasta hasarının sadece ultrases uygulanan nişasta örneklerinde diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Manchun ve ark. (2012), doğal ve modifiye tapiyoka nişastasına yüksek güçlü (400 W) ultrases prosesini 10, 20 ve 30 dakika süreyle %50 ve %100 genlikte uygulayarak fiziksel özelliklerindeki değişiklikleri incelemişlerdir. Ayrıca aynı tapiyoka nişastasını ısıtma işlemine tabi tutarak ultrases uygulanmış nişastayla karşılaştırmasını yapmışlardır. Yüksek genlikte ve uzun süre ile muamele edilen nişastanın kristal bölgesinin deforme olduğu Taramalı Scanning Electron Microscopy(SEM) ve Powder X-Ray Diffractometry (PXRD) ile tespit edilmiştir. Tapiyoka nişastasının şişme gücünün hem ultrases uygulamasında hemde ısıtma işlemi muamelesinde arttığı tespit edilmiş, fakat ultrases uygulamasında bu artışın daha çok olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında belli bir süre için ultrases ile muamelenin tapiyoka nişastası çözünürlüğünde artışa neden olduğu bulunmuştur.

Zhu ve ark. (2012), %90 su içeren patates nişastasına oda sıcaklığında 24 saat tam olarak hidrate edildikten sonra 30 dakika süresince değişik güçlerde (60,105, 155 W) 2 saniye açıkve2 saniye kapalı modda, 20 kHz frekansında ultrases işlemine tabi tutup granüllerinin supramoleküler yapısal özelliklerini incelemişlerdir. Nişastaların SEM görüntüleri incelendiğinde, kontrol olarak işlenen doğal nişasta yüzeyinde şişme ve kurutma nedeniyle çok az bir deformasyon tespit edilmesine rağmen, ultrases uygulanan nişasta yüzeyinde çentik ve olukların oluştuğu tespit edilmiştir. Bu olayın güç artırılması ile daha fazla belirginleştiği görülmüştür. Oluşan bu olukların suyun nişasta granülünün içerisine daha fazla girdiği ve şişme özelliğinin arttığı kanısına varılmıştır. Patates nişastasının B tipi kristal yapısının etkilendiği Polarized Light Microscopy (PLM) ve X-Ray Diffractometry (XRD) analizleri ile görülmüştür.

Zuo ve ark (2012), su ve etanol ile disperse edilmiş patates nişasta örneklerine yüksek güçte düşük frekansta (0-160 W, 20 kHz) ultrases işlemi uygulayarak nişasta granüllerindeki hasarı ışık mikroskobu ile ölçmüşlerdir. Uygulanan ultrases gücü arttıkça nişasta granüllerinin yüzeyinde meydana gelen hasar sayısının da arttığını belirtmişlerdir.

Piecyk ve ark. (2012), yapmış oldukları çalışmada fasulye, bezelye ve mercimek baklagillerinin bazı çeşitlerinde kimyasal özellikleri belirlemek amacıyla pişirme, pişirme ve dondurma, otoklavlama işlemleri uygulamışlardır. İncelenen tüm baklagil çeşitlerinde

otoklavlama işlemi nişasta miktarında %3,9 ile %9 arasında değişen miktarlarda artış sağlarken en yüksek artış mercimekte gözlemlenmiştir.

Sujka ve Jamroz (2013), patates, buğday, mısır ve pirinç nişastasını su veya etanol içerisinde süspanse ederek, 20 kHz frekansta ve 30 dakika boyunca 170 W güçte sonike etmişlerdir. Nişasta granüllerinin SEM ve Transmission Electron Microscopy (TEM) altında yapılarında meydana gelen değişiklikleri gözlemişlerdir. Ultrasesin temel etkisinin, özellikle patates ve buğday nişastası üzerinde görüldüğünü, granüllerin yüzeyinde çatlak ve çöküntülerin olduğunu tespit etmişlerdir. Özellikle su içerisinde yapılan ultrasonik işlemde; nişastanın işlemde etkilenmiş özellikleri: su ve yağ absorpsiyon kapasitesinde artış, minimum jelleşme konsantrasyonunda artış (patates nişastası hariç), çözünürlük ve şişme kapasitesinde artış ve nişasta vizkozitesinde azalma olarak tespit edilmiştir. Su içinde yapılan ultrases işleminin, nişasta jel parlaklığına (patates nişastası hariç) çok az etki ettiği tespit edilmiştir. Patates nişastasında parlaklık oranı ise %70'den %82,5'a yükselmiştir.

Piecyk ve ark. (2013), yapmış oldukları araştırmada çalı fasulyesi çeşitlerinden olan nata ve karo fasulyelerine pişirme, pişirme-dondurma ve otoklavlama işlemleri uygulayarak nişasta verimi ve EDN miktarını incelemişlerdir. Her iki fasulye ununda otoklavlama işleminin, nişasta miktarında uygulanan diğer işlemlere kıyasla daha fazla artış sağladığı gözlemlenmiştir. Ayrıca izole edilen nişastalara pişirme, pişirme-dondurma ve otoklavlama işlemleri uygulaması sonucunda EDN miktarında azalış olduğu belirtilmiştir.

Yu ve ark. (2013), 24 kHz'de 500 W'tan düşük ultrases gücünde yapılan işlemlerin pirinç nişastasının geçiş sıcaklıkları üzerinde çok küçük bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Hu ve ark. (2014), mısır nişastalarına 20 kHz ve 25 kHz frekansta ultrases işlemi uygulamış, işlem görmemiş olanlara göre ultrases ile işlem görmüş olan mısır nişastasının tüm dokusal özelliklerinde (sertlik, kırılgenlik, elastikiyet, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik) bir düşüş olduğunu bildirmiştir. Aynı zamanda ΔH_{gel} değerinin kontrol örneğinde ultrases muamelesi görmüş örneklere kıyasla daha yüksek olduğunu ve frekans artışıyla jelatinizasyon entalpisinin düştüğü tespit edilmiştir. Dondurma-çözündürme stabilitesinde ultrases uygulamalarının kontrol nişasta örneğine göre daha yüksek su salınımına (düşük stabilite) neden olduğu belirtilmiştir. Ultrases işleminin nişasta molekül zinciri, molekül ağırlığı ve polimerizasyon derecesini düşürerek amiloz içeriğinde artış sağladığı, bu

nedenle dondurma-çözündürme stabilitesinde önemli ölçüde düşüş göstererek nişastanın su salınımını arttırdığı atfedilmiştir.

Sit ve ark. (2014a), tropik ve yarı tropik bölgelerde tüketilen gölevez yumrusundan üretilen taro nişastasına farklı genlik ve sürelerde ultrases işlemi uygulayarak nişastanın bazı fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. %50 genlikle 10 dakika ultrases işleminden geçirilip nişasta verimi geleneksel yöntemle kıyasla %15,29'dan %18,97'ye yükseltilmiştir. %100 genlikte 5 dakika boyunca ultrases işleminden geçirilen nişasta jelinin ise şişme gücü %14,48'den %16,50'ye yükseltilmiştir. Üç dondurma- çözündürme döngü süresi boyunca da sonikasyon işlemi görmüş nişasta jellerinin su salma yüzdesi kontrol nişasta jeline kıyasla daha düşük bulunmuştur.

Sit ve ark. (2014b), taro nişastasında enzimatik işlem ve ultrases kombinasyonunun verim ve fonksiyonel özellikler üzerine etkisini incelemişlerdir. En yüksek nişasta verimi 20 dakika sonik işlem ve enzim muamelesi görmüş örneklerde bulunmuştur. Çözünürlük, yapışkanlık özelliği ve şişme gücündeki artış sadece ultrases işlem etkisiyle gözlenirken, tek başına enzim uygulaması veya enzim ile ultrases kombinasyon uygulamasıyla bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir. Ultrasesin bir ön işlem olarak kullanılmasının da nişasta jellerinin dondurma-çözündürme değerlerinde daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Gonçalves ve ark. (2014), Güney Brezilya'da üretilen Pinhao tohumlarından elde edilen nişastaya ultrases ve asit modifikasyon yöntemleri uygulayarak nişasta granüllerinin karakteristik özelliklerini incelemişlerdir. Nişasta-su karışımına 100 W gücünde, 1'er dakika pulse modun da çalışacak şekilde 30 döngü sonik işlem uygulanmıştır. Ultrases işlemi sonucunda nişasta veriminin %78,09'dan %72,63'e düştüğü ve amiloz içeriğinin %20,72'den %23,05'e yükseldiği belirlenmiştir. Ayrıca doğal nişasta ile ultrases muamelesi görmüş nişasta jellerinin sineresis sonuçlarının birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Majzoobi ve ark. (2015a), doğal ve çapraz bağlı buğday nişastasının fiziksel özelliklerine sonikasyon süresi ve sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Su içeren nişasta dispersiyonları, 20 kHz frekansta, %100 genlikte, 100 W gücünde 5, 10, 15 ve 20 dakika boyunca 5 °C ve 22 °C'de sonike edilmiştir. Her iki nişasta örneğinde de sonikasyon süresi ve sıcaklığın artmasıyla soğuk suda çözünürlükte artış, viskozitede azalma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca her iki nişasta örneğine ultrases uygulamasıyla jelatinizasyon entalpi değerinde azalma gözlemlendiği ve incelenen SEM görüntülerinde nişasta granüllerinin yüzeylerinde çökme ve çatlakların oluştuğu belirtilmiştir. Bununla birlikte çapraz bağlı

buğday nişastasının doğal nişasta örneğine göre ultrasonik ses dalgalarına daha dirençli olduğu sonucuna varmışlardır.

Majzoobi ve ark. (2015b), buğday nişasta süspansiyonlarını bir gece dinlendirdikten sonra ultrasonik banyo içerisinde 35 kHz'de, 240 W gücünde, %100 genlikte, 20, 40 ve 60 dakika boyunca ses dalgalarına maruz bırakmışlardır. Ultrases işlemi uygulanan örneklerin kontrol örneğine göre daha fazla yağ bağladığı gözlemlenmiştir. Kontrol örneğinin yağ bağlama kapasitesi %1,28 iken 40 dakika ultrases işlemi sonucu bu değer %14,61'e yükseltilmiştir. Bununla birlikte 60 dakika ultrases işlemi uygulanması daha az yağ bağlamaya (%14,17) neden olmuştur. 40 dakika ultrases işlemi uygulanmasının nişasta granül yüzeyindeki çatlak ve kanalları arttırarak bünyesine daha fazla yağ bağlamasını sağladığı, ancak daha uzun süre ses dalgalarına maruz bırakıldığında uğradığı hasarın artmasından kaynaklı bünyesine daha az yağ bağladığı belirtilmiştir.

Park ve Han (2016), kahverengi pirince öncelikle ıslatma (2, 3, 5 ve 8 saat) ve daha sonra iki farklı koşulda hafif (25 °C, 30 dakika) ve şiddetli (50 °C, 60 dakika) olacak şekilde 400 kHz frekansta, 185 W gücünde ultrases işlemi uygulamışlardır. Ultrases işleminden sonra izole edilen nişastaların fizikokimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Dört ıslatma süresi içinde şiddetli ultrases uygulamasıyla ekstrakte edilen nişasta örneklerinde hafif ultrases uygulamayla elde edilen nişasta örneklerine kıyasla daha fazla su tutma kapasitesine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca şiddetli ultrases işlemi gören örneklerde ıslatma süresi arttıkça orantılı olarak su tutma kapasitesinin de arttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte hafif ultrases muamelesi görmüş örneklerin çözünürlüğünde ıslatma süresi arttıkça belirgin bir artış gözlenirken, şiddetli ultrases muamelesi görmüş örneklerde 5 saat ıslatma ile az bir artış olduğu tespit edilmiştir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada kuru temin edilen bezelye (*Pisum sativum*), bakla (*Vicia faba*), yeşil ve kırmızı mercimek (*Lens culinaris*) olmak üzere dört çeşit baklagil kullanılmıştır. Materyaller baklagil ticareti yapan toptancılardan aynı partiden olmasına dikkat edilerek temin edilmiş, ürünler kuru ve serin yerde çuval içerisinde saklanmıştır.

3.2. Analiz Yöntemleri

3.2.1. Nem Tayini

Kuru ve öğütülmüş baklagil tanelerinde nem tayini AACC Metot No: 44-15A'ya göre etüvde 130 °C'de yapılmıştır (AACC, 2000).

3.2.2. Ham Yağ Tayini

Kuru ve öğütülmüş baklagil tanelerinde ham yağ içeriği AACC Metot No: 30-25'e göre Soxhlet düzeneği yardımı ile yapılmış ve solvent olarak hegzan kullanılmıştır (AACC, 2000).

3.2.3. Ham Protein Tayini

Kuru ve öğütülmüş baklagil tanelerinde protein tayini AACC Metot No: 46-12'ye göre makro Kjeldahl yöntemi ile yapılmış ve faktör olarak 5,95 kullanılmıştır (AACC, 2000).

3.2.4. Toplam Kül Tayini

Kuru ve öğütülmüş baklagil tanelerinde AACC Metot No: 08-01'e göre kül fırınında yapılmıştır (AACC, 2000).

3.2.5. Suda Çözünebilen ve Toplam Diyet Lif Tayini

Kuru baklagil tanelerinde suda çözünebilen ve toplam diyet lif tayini AACC Metot No: 32-07'ye göre yapılmıştır (AACC, 2000). Enzimatik-gravimetrik ölçüme dayanan bu yöntem için α -amilaz, proteaz ve amiloglukozidaz enzimlerinden oluşan ticari enzim kiti (Megazyme International, Bray, Co. Wicklow, İrlanda) kullanılmıştır. Kısaca, 1,000 $\pm$ 0,005 g öğütülmüş tane tartılmış ve üzerine 40 mL MES-TRIS tamponu (pH 8,2) ilave

edilerek sırasıyla termostabil α -amilaz, proteaz ve amiloglukozidaz enzimleri ile belli sıcaklıklarda inkübe edilmiştir. Ekstrakt sabit tartıma getirilmiş Goosh krozeden süzülüp yıkanarak suda çözünmeyen diyet lif elde edilmiştir. 1 gece boyunca 103 °C’de kurutulup sabit tartıma geldikten sonra tartılmıştır. Alta geçen süzüntü ise 60 °C’ye ısıtılmış etanol ile çöktürülerek sabit tartıma getirilmiş başka bir Goosh krozeden filtre edilip yıkanarak suda çözünebilir lif elde edilmiştir. 1 gece boyunca 103 °C’de kurutulup sabit tartıma geldikten sonra ölçüm yapılmıştır.

3.2.6. Fitik Asit Tayini

Kuru baklagil tanelerinde fitik asit AOAC Metot No: 986,11’e göre yapılmıştır (AOAC, 2000). 2 g öğütülmüş tane üzerine 40 mL %2,4’lük HCl ilave edilerek 3 saat oda sıcaklığında çalkalanmıştır. Filtre edilen ekstraktan 1 mL alınarak üzerine 1 mL Na₂EDTA-NaOH çözeltisi eklenmiş ve saf su ile 25 mL’ye tamamlanmıştır. Ekstrakt, daha önceden 0,5 g anyon değiştirici resin konarak sırasıyla 15 mL 0,7 M NaCl ve 15 mL su ile koşullanmış cam kolondan geçirilmiş ve 15 mL 0,7 M NaCl ile elue edilmiştir. Eluat üzerine 0,5 mL H₂SO₄ ve 3 mL HNO₃ eklenerek yaş yakma yapılmış ve fitat fosforunun serbest kalması sağlanmıştır. Yakılmış ekstrakt 50 mL’lik balon jojeye transfer edilmiş, üzerine 2 mL molibdat ve 1 mL sülfonik asit solüsyonları ilave edildikten sonra saf su ile ölçüsüne tamamlanmış ve 15 dakika inkübe edildikten sonra UV-VIS spektrofotometre ile 640 nm de absorbansı ölçülmüştür. Standart olarak KH₂PO₄ kullanılmış ve AOAC prosedüründe yer alan formül üzerinden hesaplama yapılmıştır. Sonuçlar, mg fitat olarak ifade edilmiştir.

3.2.7. Mineral Madde Kompozisyon Tayini

Kuru baklagil tanelerinde mineral madde kompozisyon tayini için İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi(ICP-MS) yöntemi kullanılmıştır. Bu analiz Namık Kemal Üniversitesi Merkez laboratuvarında hizmet alımı yolu ile yapılmıştır. Kısaca öğütülmüş baklagil örneğinden 0,3 g alınıp 15 mL HNO₃ ile muamele edilerek İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi ile analiz edilmiştir (Pelkin Elmer, Optima 8000, MA, ABD).

3.3. Ultrases Deneme Planı

Bu çalışmada ultrases işleminin baklagillerden nişasta ekstraksiyonu sağlamak amacıyla kullanılması amaçlanmıştır. Ultrases uygulaması esnasında ısı açığa çıkmaktadır. Bu nedenle çalışmada ultrases işlemi sırasında açığa çıkan sıcaklığın kontrolü önem arz etmektedir. Baklagil nişastalarının jelatinizasyon sıcaklığı 60-90 °C arasında değişmektedir. Jelatinizasyon, ekstrakte edilen nişastanın daha sonra kullanım imkanını ortadan kaldıracığından dolayı ultrases uygulamasının süspansiyon sıcaklığı 45 °C'nin üzerine çıktığı anda işlem sonlandırılmıştır. Bu sıcaklık jelatinizasyon başlangıç sıcaklığının çok altında olduğu için tercih edilmiştir. Yapılan ön denemelerde bu sıcaklığa yüksek genlikte çok kısa sürede ulaşılabileceği gibi, düşük genlikte ise bu sürenin uzayabileceği gözlemlenmiştir. Herceg ve ark. (2010), mısır nişastasından hazırladıkları süspansiyona 3 farklı güçte (100-300-400W) ultrases işlemi uygulamışlardır. Bu çalışma göz önünde bulundurularak istenilen güç değerlerine ulaşmak için denemeler sonucunda %40, %70 ve %100 olmak üzere 3 farklı genlik belirlenmiştir.

3.4. Ultrases Uygulaması

50 g baklagil örneği, %0,05'lik sodyumbisülfid çözeltisi (pH 10,5) ile 1:3 oranında (w/v) ısıtılıp 1 gece boyunca 35 °C'de çalkalamalı inkübatörde (IS-971R, Jeio Tech, Seul, Kore) çalkalanmıştır. Su alarak şişen baklagillerde ki fazla su süzildükten sonra üzerine 250 mL soğuk su (4 °C) ilave edilerek 450 mL'ye tamamlanmış ve 1 dakika süre ile blender yardımıyla yaş olarak parçalanmıştır. Ultrases uygulaması yapılmayacak olan kontrol örnekleri ise parçalama işleminin ardından 30 dakika manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Ultrases uygulaması yapılacak süspansiyon, üzerine ultrases probu ile termocouple girişine olanak veren bir cam kaba transfer edilmiştir. Süspansiyonun içerisinde bulunduğu cam kap bir manyetik karıştırıcı üzerine konumlandırılmıştır. Kaba ultrases probu daldırılarak, manyetik karıştırıcı vasıtası ile karıştırılan sistemin içerisinde ultrases uygulaması yapılmıştır. Süspansiyonun yüzeyinden 5,5 cm derinlikte, süspansiyona batırılmış halde 25 mm çapında prob kullanılarak 22 kHz sabit frekansta bir ultrases işlemi gerçekleştirilmiştir (Sonics VCX 750, Connecticut, ABD). %40, 70 ve 100 genlikleri uygulanmış ve sırasıyla 3,5; 2,5 ve 1,5 saat işlem sırasında süspansiyonun dış sıcaklığı 15 °C'de sabit tutulmuştur. Ultrases uygulaması sonunda yine sırasıyla 100-110, 200-250, 400-460 W gücü elde edilmiştir. Ultrases işlemi sırasında 5 saniye açık, 25 saniye kapalı modda çalışılmıştır. Ayrıca sıcaklık değişimi termocouple ile takip edilerek 45 °C'de işleme son verilmiştir (Herceg ve ark., 2010).

3.5. Nişasta İzolasyonu

Hem kontrol hem de ultrases işlemi ile muamele edilmiş süspansiyonlar 100 µm'lik elek sisteminden geçirilip, ön denemelerle sabitleştirilen 1750 mL su ile yıkanarak kepek kısmının nişasta süspansiyonundan ayrılması sağlanmıştır. Yıkama işlemi süresince bir kap içerisinde toplanan nişasta sütü pH 10,5 olacak şekilde 1 M NaOH ile ayarlanarak 2 saat oda sıcaklığında bekletilmiş ve daha sonra üstte kalan sulu sistem alınarak suda çözünen proteinlerin ayrılması sağlanmıştır. Proteinlerden kısmen ayrılmış nişasta keki üzerine bir miktar saf su ilave edilmiş ve 1 M HCl ile pH 6,5 olacak şekilde nötralize edilerek ve 30 dakika bekletilmiştir. Daha sonra nişasta sütü 45 µm'lik elek sisteminden geçirilerek çöken proteinlerin ayrılması sağlanmıştır. Alta geçen nişasta sütü 1 gece boyunca oda sıcaklığında bekletilmiş ve ertesi gün süpernatant kısmı atılmıştır. Kaptaki kalan nişasta üzerine 50 mL %95'lik etanol ve 50 mL aseton ilave edilerek manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Daha sonra daraları alınmış santrifüj tüplerine paylaştırılarak 7800 rpm'de 5 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Santrifüjden çıkan nişasta wax, pigmentler ve diğer yabancı maddelerden kurtulmak amacıyla sırasıyla %95'lik etanol, aseton ve tekrar etanol ile yıkanmış ve sıvı kısmı ayrılan nişasta 35 °C'de etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Kurutulmuş nişasta tartılmış ve miktarı bulunmuştur (Şimşek ve ark., 2009).

3.6. Nişasta Analizleri

3.6.1. Toplam Nişasta Tayini

Toplam nişasta analizini kontrol etmek için kepek fraksiyonu kullanılmıştır. Analiz, AACC Metot No: 76-13'e göre yapılmıştır (AACC, 2000). Enzimatik-gravimetrik ölçüme dayanan bu yöntem için termostabil α-amilaz, amiloglukozidaz, Glukoz oksidaz/Peroksidazsistemi(GOPOD) reaktif tampon, GOPOD reaktif enzimi, D-glukoz standart çözeltisi enzimlerinden oluşan ticari enzim kiti (Megazyme International, Bray, Co. Wicklow, İrlanda) kullanılmıştır. Yaklaşık 100 mg kepek örneği tartılıp üzerine 0,2 mL %80'lik etanol ilave edilerek karışması sağlanmıştır. Sırasıyla termostabil α-amilaz ve amiloglukozidaz enzimleri ile belli sıcaklıklarda inkübe edilmiştir. Ardından 30 dakika boyunca 50 °C'ye ayarlanmış su banyosunda bekletilmiştir. Tüp içeriği 100 mL'lik balon jöjeye aktararak saf su ile ölçüsüne tamamlanmıştır. Balon jöje içerisindeki sıvı, filtre edilerek santrifüj tüpünde toplanmıştır. Süzüntüden 0,1 mL alınıp cam tüpe aktararak üzerine 3 mL GOPOD reaktif çözeltisi ilave edilmiştir. 50 °C'deki su banyosunda 20 dakika inkübe edildikten sonra UV-VIS spektrofotometre ile 510 nm de absorbansı

ölçülmüştür. Standart olarak D-glukoz kullanılmış ve AACC prosedüründe yer alan formül üzerinden hesaplama yapılmıştır. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

3.6.2. Hasarlı Nişasta Tayini

Hasarlı nişasta tayini AACC Metot No:76-31.01'e göre yapılmıştır (AACC, 2000). Enzimatik-gravimetrik ölçüme dayanan bu yöntem için fungal α -amilaz, amiloglukozidaz, GOPOD reaktif tampon, GOPOD reaktif enzimi ve D-glukoz standart çözeltisi enzimlerinden oluşan ticari enzim kiti (Megazyme International, Bray, Co. Wicklow, İrlanda) kullanılmıştır. 100 ± 10 mg nişasta örneği cam tüpe tartılıp sırasıyla fungal α -amilaz ve amiloglukozidaz enzimleri ilave edilerek belli sıcaklıklarda inkübe edilmiştir. Her tüpe 4 mL GOPOD reaktif çözeltisi ilave edilip, 40 °C'de 20 dakika inkübasyondan sonra UV-VIS spektrofotometre ile 510 nm de absorbansı ölçülmüştür. Standart olarak D-glukoz kullanılmış ve AACC prosedüründe yer alan formül üzerinden hesaplama yapılmıştır. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

3.6.3. Enzime Dirençli Nişasta Tayini

Enzime dirençli nişasta tayini AACC Metot No: 32-40.01'e göre yapılmıştır(AACC, 2000). Enzimatik-gravimetrik ölçüme dayanan bu yöntem için amiloglukozidaz, pankreatik α -amilaz, GOPOD reaktif tampon, GOPOD reaktif enzimi ve D-glukoz standart çözeltisi enzimlerinden oluşan ticari enzim kiti (Megazyme International, Bray, Co. Wicklow, İrlanda) kullanılmıştır. Kısaca 100 ± 5 mg nişasta örneği cam tüpe tartılarak üzerine 4 mL pankreatik α -amilaz ilave edilmiştir. Tüplerin kapakları güvenli bir şekilde kapatıldıktan sonra 37 °C'ye ayarlanmış çalkalamalı su banyosu içerisinde yan yatacak şekilde en az 16 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra üzerine 4 mL %99'luk etanol ilave edilerek vortekslenmiştir. $1500 \times g$ 'de 10 dakika santrifüj işleminden sonra süpernatant bir başka santrifüj tüpünde toplanmıştır. 2 mL %99'luk etanol ve 2 mL %50'lik etanol ilave edilerek tekrardan $1500 \times g$ 'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve bu işlem sırasıyla iki defa tekrarlanmıştır. Santrifüj işlemlerinde sonra süpernatantlar başka bir santrifüj tüpünde toplanmıştır.

Dirençli nişastanın belirlenmesi için ilk kullanılan cam tüpler buzlu bir sistem içerisinde manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirilerek tüplere 2 mL 2 M KOH ilave edilmiş ve 20 dakika boyunca karışması sağlanmıştır. Süre bitiminde 8 mL 1,2 M Sodyum asetat buffer çözeltisi (pH 3,8) ve 0,1 mL AMG (amiloglukozidaz) solüsyonu eklenmiştir. 50 °C'lik su banyosunda 30 dakika inkübe edilmiştir. Dirençli nişasta içeriği %10'dan büyük

örnekler için öncelikle 100 mL’lik balon jojede seyreltme işlemi uygulanırken, dirençli nişasta içeriği %10’dan küçük örnekler için ise seyreltme yapılmadan 1500 x g’de santrifüj işlemi yapılmaktadır. Son olarak tüp içerisinde ki örnekten 0,1 mL alınarak başka bir tüpe aktarılıp üzerine 3 mL GOPOD reaktif çözeltisi ilave edilerek 50 °C’deki su banyosunda 20 dakika inkübe edildikten sonra UV-VIS spektrofotometre ile 510 nm de absorbansı ölçülmüştür. Dirençli nişasta tayininde standart olarak D-glukoz kullanılmış ve AACC prosedüründe yer alan formül üzerinden hesaplama yapılmıştır. Sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

3.6.4. Toplam Amiloz İçeriğinin Belirlenmesi

Amiloz içeriği AACC Metot No: 61-03’e göre spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (AACC, 2000). Kısaca öğütülmüş 100 mg nişasta örneği, 100 mL’lik balon jojeye tartılarak üzerine 1 mL %95’lik etanol ve 9 mL 1 N NaOH ilave edilmiştir. Nişastayı disperze etmek amacıyla, karışım 10 dakika boyunca kaynar su banyosunda ısıtılmış ve bir gece boyunca çalkalanmadan oda sıcaklığında beklemesi sağlanmıştır. Ertesi gün 100 mL’lik balon jojeye ölçüsüne kadar saf su ile tamamlanmış ve seyreltilmiş olan bu örnekten 5 mL alınarak başka bir balon jojeye aktarılmıştır. Üzerine 1 mL asetik asit ve 2 mL iyot çözeltisi ilave edilerek ölçüsüne kadar saf ile tamamlanmıştır. 20 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra UV-VIS spektrofotometre 620 nm de absorbansı ölçülmüştür.

3.6.5. Nişasta Granül Yapısının Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Belirlenmesi

Nişasta örnekleri Fei marka Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscopy, SEM) cihazı ile 2 kV hızlandırma voltajı seviyesi ve 10000 kata kadar büyütme oranı ile analizlenerek kayıt edilmiştir. Analizler Namık Kemal Üniversitesi Merkez laboratuvarında hizmet alımı yolu ile yapılmıştır.

3.6.6. Nişasta Termal Özelliklerinin Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) ile Tayini

Nişastaların termal özellikleri, Şimşek ve ark. (2009) tarafından belirtilen yöntemle göre bir Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (Differential Scanning Calorimetry, DSC) kullanılarak analiz edilmiştir (Perkin-Elmer 4000 serisi, Groningen, Hollanda). Cihaz çinko ilave olarak indiyum ile kalibre edilmiştir. 30 mg nişasta örnekleri alüminyum

panlarda tartılmış ve üzerine Hamilton mikro enjektör yardımı ile 10 µL saf su ilave edilmiştir. Panlar hava geçirmeyecek şekilde sızdırmaz hale getirilmiştir. Örnekler, 20 mL/dk N₂ akışı altında 10 °C/dk ısıtma hızıyla 20 °C'den 120 °C'ye kadar ısıtılmıştır.

Jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_o), jelatinizasyon sıcaklığı (T_p), kristalizasyon sıcaklığı (T_c) ve jelatinizasyon entalpi (ΔH_{gel}) termogramları gelen cihazın Pyris 1 Manager yazılımı ile otomatik olarak hesaplanmıştır.

3.6.7. Nişastanın Tekstürel Özelliklerinin Tayini

50 mL'lik cam beher içerisine 2,5 g nişasta örneği tartılarak üzerine 25 mL saf su ilave edilmiş ve 80 °C'de 15 dakika boyunca ısıtıldıktan sonra hızlıca soğutulup analiz süresine kadar buzdolabında (4 °C) saklanmıştır.

Analiz jel oluşumundan 24 saat sonra yapılmış (Herceg ve ark., 2010) ve hazırlanan jelde TA10 probu donanımlı (12,7 mm silindir probu, 5 g şeffaf akrilik, 35 mm uzunluğu) bir tekstürometre kullanılarak (Brookfield, CT-3, 4500, Massachusetts, ABD) tekstür profil analizi (TPA) uygulanmıştır. Analiz koşulları: tetikleyici kuvveti: 50 g, hedef uzaklık: 5 mm, test hızı: 2 mm/s'dir.

3.6.8. Su ve Yağ Bağlama Kapasitesi Tayini

Su ve yağ bağlama kapasitelerinin belirlenmesi amacıyla 0,5 g nişasta örneği santrifüj tüpüne tartılmış üzerine 5 mL saf su/yağ ilave edilmiştir. Toplamda 1 saat olmak üzere 15 dakika ara ile karıştırılan süspansiyonlar daha sonra 3000 rpm'de 20 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmın hacmi ölçülerek nişastanın gram başına tutulan su/yağ miktarı ölçülmüştür. Sonuçlar mL/g olarak verilmiştir (Beuchat, 1977).

3.6.9. Bulanıklık Tayini

Bulanıklığı belirlemek amacıyla 1 g nişasta örneği santrifüj tüpüne tartılarak üzerine 50 mL saf su ilave edilmiş ve aralıklı olarak karıştırılarak 90 °C'de 1 saat su banyosunda tutulmuştur. Daha sonra süspansiyon 1 saat 30 °C'de soğutulmuş ve 5 gün boyunca buzdolabında (4 °C) bekletilerek her 24 saatte bir UV-VIS spektrofotometre 640 nm de suya karşılık absorbansı ölçülmüştür (Singh ve ark., 2004).

3.6.10. Dondurma-Çözündürme Stabilité Tayini

Nişasta jelini hazırlamak için 1,2 g nişasta örneği santrifüj tüpüne tartılarak üzerine 20 mL saf su ilave edilmiş ve süspansiyon sürekli karıştırılarak 80 °C’de 15 dakika boyunca su banyosunda ısıtılmıştır. Oda sıcaklığına getirilen nişasta jellerine sırasıyla 24 saat derin dondurucuda (-16 °C) dondurma ve 4 saat oda sıcaklığında çözündürme işlemi uygulanmıştır.

Belirtilen şekilde 5 kez dondurma-çözündürme işlemi yapıldıktan sonra 1000 x g’de 20 dakika santrifüj edilen nişasta jellerinden ayrılan su tespit edilmiştir (Hoover ve Ratnayake, 2002).

3.6.11. şişme Gücü Tayini

0,2 g nişasta örneği santrifüj tüpüne tartılarak üzerine 10 mL saf su ilave edilerek karıştırılır. Süspansiyonlar 50, 60, 70, 80, 90 °C’de 30 dakika ısıtılmıştır. Jeller, ısıtıldıktan sonra oda sıcaklığına kadar soğutulup 1500 x g’de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüjden sonra üstte kalan sıvı kısım dökülmüş ve nişasta jelinin tartımı alınarak şişme gücü hesaplanmıştır (Piecyk ve ark., 2013).

3.6.12. Sineresis Tayini

0,8 g nişasta örneği santrifüj tüpüne tartılarak üzerine 40 mL saf su ilave edilmiş ve 85 °C’de 30 dakika süreyle ısıtılıp buz banyosunda hızlıca soğutulduktan sonra oda sıcaklığına getirilmiştir. Nişasta jelleri 24, 48 ve 120 saat buzdolabında (4 °C) depolanmış ve bu sürelerin sonunda ölçüm alınmıştır. Ölçüm alınmadan önce 3200 rpm’de 15 dakika santrifüj edilmiş ve ayrılan su miktarı tespit edilmiştir (Singh ve ark., 2004).

3.7. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizler MINITAB (Versiyon 17, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, ABD) ve SPSS (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) paket programları kullanılarak varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. İki istatistiksel model (denklem 1 ve 2) verileri değerlendirmek için kullanılmıştır. İncelenen parametreler üzerinde baklagil çeşidi ve ultrases şartlarının etkisi iki yönlü varyans (ANOVA) analizi ile incelenmiş ve kullanılan model aşağıda belirtilmiştir:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + S_j + (PS)_{ij} + e_{ijk} \quad (3.1)$$

Burada, μ . Genel popölasyon ortalamasını, P_i baklagil çeşidi etkisi, S_j ultrases işleminin etkisi, $(PS)_{ij}$ ultrases işlem×baklagil çeşit interaksyon etkisini ve e_{ijk} random hatayı ifade etmektedir.

Ayrıca, belirli bir baklagil çeşidi için ultrases işlem etkisi (örneğin yeşil mercimek %40 genlik bir faktör gibi), tek yönlü varyans (ANOVA) analizi modeli ile değerlendirilmiştir.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \quad (3.2)$$

α_i verilen baklagil için ultrases şartlarının etkisi ve e_{ij} random hatayı ifade etmektedir. Söz konusu farklılığın önemli olduğu ($P < 0,05$) ortalamaların çoklu karşılaştırılması, ayırma gücü ve yorumlama kolaylığı dikkate alınarak Tukey testi kullanılarak yapılmıştır. Tüm sonuçlar ‘ortalama $\pm$ standart hata’ olarak ifade edilmiştir ve ortalamalar en az 3 tekrörden oluşmuştur.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Baklagil Tanelerinin Temel Bileşen ve Mineral Madde Analiz Sonuçları

Kuru ve öğütülmüş baklagil tanelerinin temel bileşen sonuçları Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Toplam nişasta içeriği %45,08-52,13 arasında değişmekte olup, en yüksek ve en düşük nişasta içeriği sırasıyla bezelye ve yeşil mercimek baklagillerinde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Dalgetty ve Baik (2003) tarafından yapılan çalışmada mercimek ve bezelye baklagillerinin nişasta içeriğiyle (%42,8-47,2) uyumlu bulunmuştur.

Sonuçlar kantitatif olarak çok farklılık göstermemekle birlikte yeşil ve kırmızı mercimeğin protein miktarı, bezelye ve baklaya göre daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde Iqbal ve ark. (2006), bazı baklagillerin besinsel özelliklerini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada nohut, börülce, bezelye ve mercimek baklagillerinde en yüksek protein içeriğine sahip baklagilin mercimek (%26,1) olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuçlardan yola çıkarak mercimeğin iyi bir protein kaynağı olduğu söylenebilir.

En düşük yağ içeriğine sahip baklagil yeşil mercimek iken, en yüksek yağ içeriği ise kırmızı mercimekte tespit edilmiştir ($P<0,05$). Toplam diyet lif içeriği %30,09 ile %36,31 arasında değişmekte olup yeşil ve kırmızı mercimekte sırasıyla %33,34 ve %34,36 olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde Bednar ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmada, mercimeğin diyet lif içeriği %33,1 bulunmuştur. Ayrıca, mercimekte toplam diyet lif içeriğinin yaklaşık %99,7’sini suda çözünmeyen diyet lifin oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Kuru baklagil tanesinin fitat miktarı bu çalışmada en yüksek baklada (5,89 mg/g) bulunurken, Vasic ve ark. (2012), farklı bakla çeşitlerinde fitik asit içeriğinin 2,106 mg/g ile 6,696 mg/g arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu değişikliği bitki türü ve genotipin etkilediğini ayrıca aynı genotipte ki değişkenliğin de başka faktörlerden olabileceğini atfetmişlerdir. Ayrıca en yüksek kül ve diyet lifi içerikleri de baklada tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Kuru ve öğütülmüş baklagil tanelerinin mineral madde içeriği Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Potasyum ve fosforun tüm baklagil çeşitleri arasında en fazla bulunan mineraller olduğu belirlenmiştir. Mineral içeriği genellikle toprak özellikleri ile ilişkili olmakla birlikte, baklagil çeşitleri arasında en zengin mineral kaynağının bakla olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmacılar, baklagillerin mineral içeriğinin belirlenmesinde elde edilen değerlerin farklı iklim koşulları, konum, toprak tipi, farklı bitki türleri, kullanılan gübrelerin farklı çeşitte olması ve farklı hasat dönemi gibi birçok faktörden etkilenebileceğini belirtmişlerdir (Vojtiskova ve ark., 2013).



Çizelge 4.1. Baklagil tanelerinin temel bileşen ve mineral madde içeriği

	Yeşil Mercimek	Kırmızı Mercimek	Bakla	Bezelye	<i>P</i>
Nem (%)	9,20 ± 0,43	9,35 ± 0,06	9,57 ± 0,32	9,71 ± 0,14	0,620
Ham kül (%)	2,50 ± 0,08 ^b	2,30 ± 0,03 ^b	3,34 ± 0,11 ^a	1,74 ± 0,10 ^c	0,001
Toplam nişasta (%)	45,08 ± 0,66 ^c	49,99 ± 0,95 ^{ab}	47,23 ± 0,06 ^{bc}	52,13 ± 0,96 ^a	0,010
Ham yağ (%)	0,72 ± 0,02 ^c	1,48 ± 0,05 ^a	1,08 ± 0,01 ^b	1,06 ± 0,04 ^b	0,001
Ham protein (%)	24,44 ± 0,16 ^a	25,26 ± 0,28 ^a	23,70 ± 0,29 ^{ab}	22,00 ± 0,66 ^b	0,018
Fitik asit (mg/g)	4,34 ± 0,29 ^{ab}	3,23 ± 0,42 ^b	5,89 ± 0,09 ^a	3,99 ± 0,16 ^b	0,100
Suda çözünebilir diyet lif (%)	4,07 ± 0,31	3,83 ± 0,20	4,69 ± 0,15	3,64 ± 0,40	0,194
Suda çözünmeyen diyet lif (%)	29,26 ± 0,87 ^{ab}	30,53 ± 0,29 ^a	31,66 ± 0,26 ^a	36,44 ± 0,40 ^b	0,008
Toplam diyet lif (%)	33,34 ± 0,55 ^b	34,36 ± 0,50 ^{ab}	36,31 ± 0,10 ^a	30,09 ± 0,01 ^c	0,001
Sodyum (Na) (mg/kg)	47,38 ± 2,36 ^b	35,92 ± 4,13 ^b	87,57 ± 1,61 ^a	41,28 ± 9,39 ^b	0,000
Magnezyum (Mg) (mg/kg)	551,23 ± 0,80 ^b	466,30 ± 1,05 ^d	674,33 ± 6,65 ^a	535,25 ± 2,93 ^c	0,000
Potasyum (K) (mg/kg)	8763,00 ± 56,00 ^c	7414,90 ± 28,00 ^d	10849,00 ± 22,00 ^a	9701,00 ± 101,00 ^b	0,000
Kalsiyum (Ca) (mg/kg)	380,25 ± 6,06 ^c	735,00 ± 2,02 ^b	1012,60 ± 18,20 ^a	400,07 ± 4,14 ^c	0,000
Fosfor (P) (mg/kg)	3641,10 ± 6,83 ^b	2670,20 ± 5,96 ^c	4579,40 ± 6,270 ^a	3645,70 ± 33,00 ^b	0,000
Demir (Fe) (mg/kg)	72,37 ± 0,96 ^a	32,8 ± 0,54 ^d	51,84 ± 0,60 ^b	45,66 ± 0,89 ^c	0,000
Mangan (Mn) (mg/kg)	17,14 ± 0,31 ^a	15,39 ± 0,13 ^b	15,65 ± 0,31 ^b	10,47 ± 0,03 ^c	0,000
Çinko (Zn) (mg/kg)	35,35 ± 0,267 ^{ab}	34,15 ± 0,30 ^c	35,63 ± 0,29 ^a	34,51 ± 0,17 ^{bc}	0,002
Selenyum (Se) (mg/kg)	0,71 ± 0,05 ^b	t.e. ^c	t.e. ^c	1,43 ± 0,12 ^a	0,000

* Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden Tukey testine göre farklıdır ($P < 0,05$).

** t.e. tespit edilemedi.

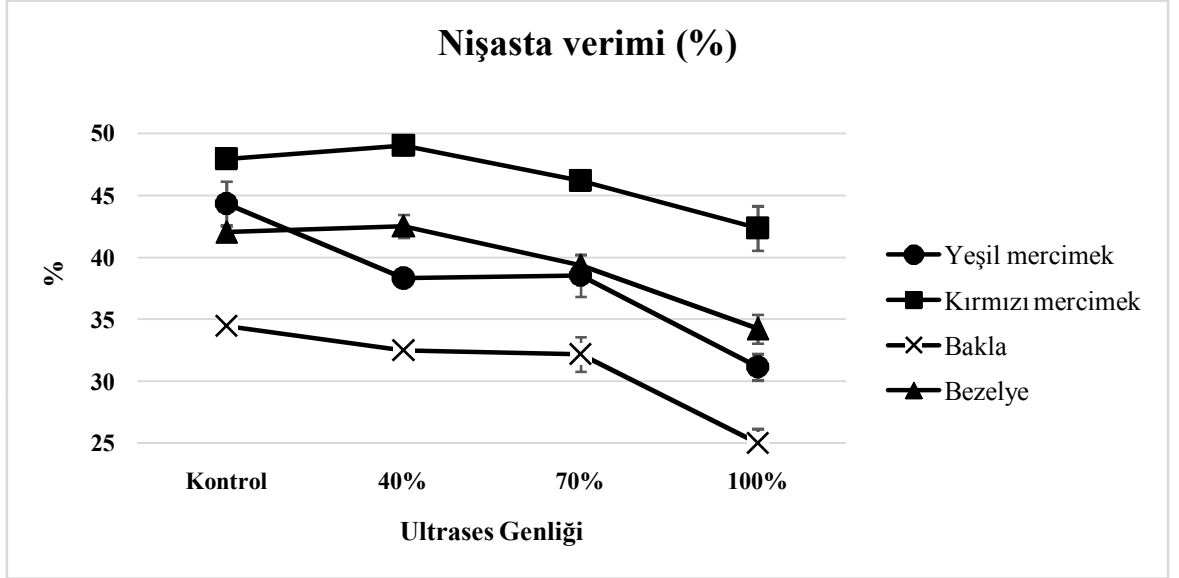
4.2. Nişasta ve Kepek Verimi Analiz Sonuçları

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de farklı baklagil çeşitlerinin nişasta ve kepek verimleri gösterilmiştir. Baklagillerden ekstrakte edilen nişastaların verimleri %25,03 ile %49,04 arasında değişmektedir. Benzer şekilde Hoover ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, işlem görmüş baklagil örneklerinde nişasta veriminin %18 ile %49 arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu çalışmada, beklenenin aksine ultrases işlemi görmüş örneklerde kontrol grubu örneklerle kıyasla daha düşük nişasta verimi olmuştur. Kırmızı mercimek ve bezelyede %40 genlik ile işlem görmüş örneklerin verimi kontrol örneklerin verimine göre daha yüksek tespit edilmiş olup, %70 ve %100 genlik ile işlenmiş örneklerde verim düşmüştür. Bununla birlikte, diğer baklagil çeşitlerinde ultrases genliği arttıkça nişasta veriminde düşüş tespit edilmiştir ($P<0,05$). Öte yandan, azda olsa ultrases genliği arttıkça kepek veriminde artış tespit edilmiştir ($P<0,05$). En yüksek ve en düşük nişasta verimleri hem kontrol ve hem de işlenmiş örnekler için sırasıyla kırmızı mercimek ve baklada gözlenirken, kepek verimi için bu durum tam tersi olup baklada en yüksek, kırmızı mercimekte en düşük olarak bulunmuştur ($P<0,05$). Ultrases işleminin kırmızı mercimeğin kepek verimi üzerine etkisi önemsiz bulunurken, yeşil mercimek ve bakla çeşitlerinde %100 genliğin, kontrol ve daha düşük genliklere nispetle daha yüksek kepek verimi sağladığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bezelyenin kepek verimi ise, ultrases genliği ile orantılı olarak artmıştır. Bu sonuçlardan yola çıkarak, ultrases genliği arttıkça kepek ve endosperm arasında ki etkileşim ve afinitenin arttığı söylenebilir.

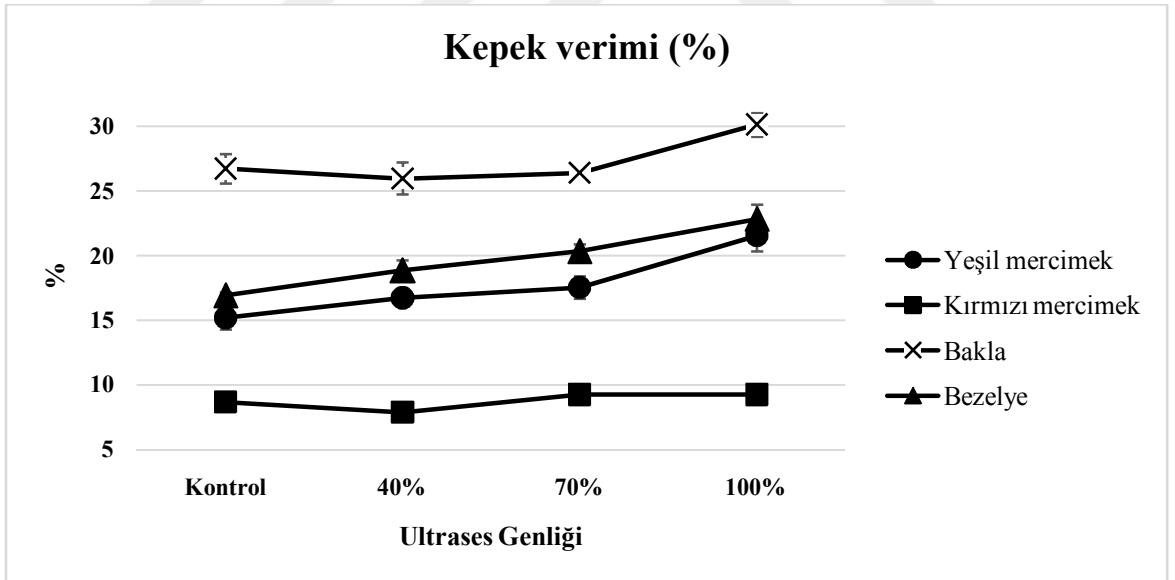
Öte yandan birçok çalışmada ultrases destekli ekstraksiyon işleminin hedef bileşiklerin verimini arttırdığı ve kütle transferini de arttırarak işlem süresini kısalttığı belirlenmiştir (çay aroma bileşikleri, şarap uçucu bileşikleri, nane yapraklarından mentol, sarımsaktan uçucu yağ, vanilya çekirdeklerinden vanilin, domatesten likopen, ahududan antosiyaninler, buğday kepeği vb. den gelen fenolik bileşikler) (Chemat ve ark., 2011).

Örneğin Sit ve ark. (2014a), taro nişastasına %50 genlikte 10 dakika ultrases işlemi uygulamış ve nişasta veriminin geleneksel yöntemle kıyasla %15,29’dan %18,97’ye yükseldiğini tespit etmiştir. Ayrıca Zhang ve ark. (2005a) da, geleneksel ıslak öğütme ile karşılaştırıldığında ultrases işlemi görmüş mısır tanelerinin %6,35 ile %7,02’den daha fazla nişasta geri kazandığını belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada ise sorgum ve mısır tanelerine nişasta izolasyonu amacıyla geleneksel ıslak öğütme, kuru öğütme ve ultrases işlemi uygulanmıştır. Islak öğütmede sorgumdan %70, mısırdan %71, kuru öğütmede sorgumdan %69, mısırdan %70 nişasta verimi sağlanırken, ultrases uygulaması sonucunda bu verimlerin sorgum ve mısır için sırasıyla %81 ve %82 olduğu belirtilmiştir (Benmoussa ve

Hamaker, 2011). Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, nişasta verimliliğinin; materyallerdeki varyasyon, elek ve filtrelerin parçacık boyutu ve nişastayı ayırma özelliklerine göre değişiklik gösterebileceği söylenebilir.



Şekil 4.1. Farklı baklagil çeşitlerinin kontrol ve ultras ses uygulaması sonucu nişasta verimi

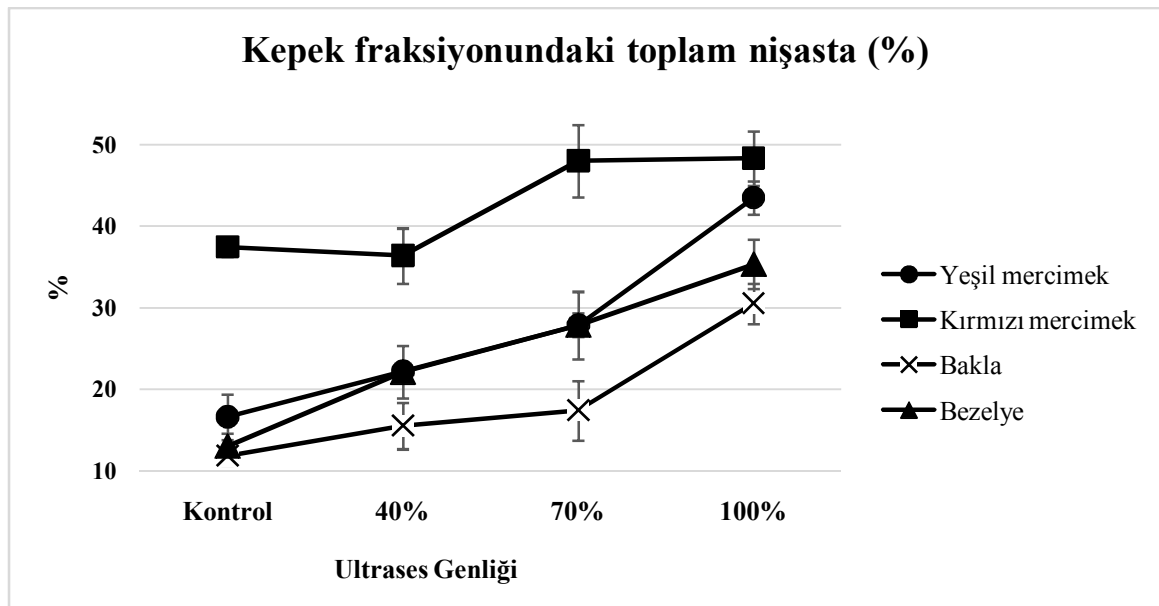


Şekil 4.2. Farklı baklagil çeşitlerinin kontrol ve ultras ses uygulaması sonucu kepek verimi

4.3. Toplam Nişasta Analiz Sonuçları

Verim düşüklüğünü kontrol etmek amacıyla kepek fraksiyonuna toplam nişasta analizi yapılmıştır. Kepek fraksiyonlarında kalan nişasta sonuçları Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Tüm baklagil çeşitlerinin kepek fraksiyonlarında ultrases genliği arttıkça orantılı olarak toplam nişasta miktarının da arttığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). En yüksek nişasta miktarı kırmızı mercimeğin kepeğinde tespit edilirken, en düşük miktar ise baklada gözlenmiştir. Bu sonuçlar net bir şekilde kepek ve endospermin birbirine yapıştığını, ultrases genliği arttıkça ayrılmanın zorlaştığını göstermektedir.

Bununla birlikte kontrol grubu örneklerinde bile nişasta izolasyonu aşamasında yüksek miktarda su tüketilmesine rağmen ilk filtreleme (100 μ m) aşamasında suyun berrak olmadığı görülmüştür. Bu nedenle yıkama suyunun miktarı ön denemelerden sonra sabitlenerek 1750 mL olmasına karar verilmiştir. Bu sonuç işlem görmemiş baklagil örneklerinin nişasta ve kepek fraksiyonları arasında dikkate değer bir afinite (çekim) olduğunu göstermiştir. Benzer biçimde Hoover ve ark. (2010) da, baklagil tohumlarından nişasta eldesinde, ince kepek ve nişastayla birlikte çökerek ayrımı güçleştiren çözünmeyen proteinlerin varlıkları nedeniyle zor olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle, su ile muamele edilmiş baklagil tohumlarındaki nişasta ve kepeğin birbirlerine karşı güçlü bir çekimleri (afinite) olduğu ve bu çekimin ultrases genliği ile doğru orantılı olarak arttığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.3. Farklı baklagil çeşitlerinin kontrol ve ultrases uygulaması sonucu kepek fraksiyonunda kalan nişasta

4.4. Hasarlı Nişasta Analiz Sonuçları

Ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarında meydana gelen hasarı tespit etmek amacıyla hasarlı nişasta analizi yapılmıştır (Çizelge 4.2). Nişasta hasar düzeyi direkt olarak su bağlama kapasitesini ve amiloz enzim duyarlılığını etkileyebileceği için teknolojik öneme sahiptir. Dikkate değer olmasa da hasarlı nişasta en yüksek kırmızı mercimekte (%2,04) olup onu bakla (%1,95) takip etmektedir. Ayrıca nişasta hasarı ultrases genliğiyle birlikte orantılı bir şekilde artmaktadır ($P<0,05$). Bu durum literatürde, Zuo ve ark. (2012) tarafından ultrases gücünün nişasta hasarını arttırdığı şeklinde ifade edilmiştir. Benzer şekilde Cameron ve Wang (2006), mısır ununa 50 °C’de uygulanan ultrases işlemlerinde genlik değeri ve işlem süresi arttıkça hasar oranının da orantılı olarak arttığını belirtmişlerdir. Enzimatik-gravimetrik olarak belirlenen nişasta hasar miktarı, ultrases genlik/güç etkisinin artmasıyla nişasta granüllerinin yüzeyinde artan çizik sayısını SEM görüntüleriyle de uyumlu bir şekilde göstermiştir.

4.5. Enzime Dirençli Nişasta Analiz Sonuçları

Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının EDN miktarı Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Ultrases işleminin dirençli nişastaya etkisi önemli bulunmuş olmakla beraber ($P<0,05$), genlik değişimine bağlı olarak tutarlı bir eğilim göstermemiştir. Bu sonuçlar ultrases işlemi sırasında düşük sıcaklık (<45 °C) sağlanmış olmasına atfedilebilir. Baklagil çeşitleri arasında EDN miktar içeriğinde önemli farklılıklar bulunmuştur. En yüksek ve en düşük EDN miktarı sırasıyla bakla ve yeşil mercimekte tespit edilmiştir ($P<0,05$). EDN miktarını amiloz içeriği, işlem sıcaklığı ve su miktarı gibi faktörlerin etkilediği belirtilmiştir (Jane, 2009). Bu nedenle yeşil mercimeğin en düşük EDN miktarına sahip olması, aynı zamanda en düşük amiloz içeriğine sahip olmasından kaynaklı olabileceği söylenebilir.

Mahadevamma ve Tharanathan (2004), değişik nohut ve bezelye tanelerine farklı işlemler uygulayarak dirençli nişasta miktarındaki artışı incelemişlerdir. Geleneksel pişirme işlemi uygulaması ile EDN miktarında 1,6 ila 9 kat, otoklavlama ile 2,1 ila 8 kat arasında artış tespit etmişlerdir. Black gram nohut çeşidinin kızartılması sonucunda ise EDN miktarında 3 kat artış bulmuşlardır. Öte yandan Piecyk ve ark. (2013), nata ve karo fasulyelerinden izole edilen nişastalara pişirme, pişirme-dondurma ve otoklavlama işlemleri sonucunda EDN miktarında azalış olduğunu gözlemlemişlerdir. Tovar ve Melito (1996), Wang ve ark. (2009), EDN miktarını arttırmak için pişirme işleminin etkili bir yol olduğu sonucunu atfetmişlerdir.

Çizelge 4.2. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının hasarlı nişasta ve dirençli nişasta miktarları

Nişasta Kaynağı	Ultrases İşlemi (Genlik)	Hasarlı Nişasta (%)	Dirençli Nişasta (%)
Yeşil Mercimek	Kontrol	0,221 ± 0,036 ^g	6,04 ± 0,75 ^{de}
	% 40	0,527 ± 0,121 ^{defg}	5,51 ± 0,57 ^e
	% 70	1,149 ± 0,161 ^{bcde}	5,22 ± 0,36 ^e
	% 100	1,288 ± 0,231 ^{abcd}	6,82 ± 0,90 ^{bcde}
Kırmızı Mercimek	Kontrol	0,263 ± 0,010 ^g	10,54 ± 1,03 ^{ab}
	% 40	0,717 ± 0,015 ^{cdefg}	8,82 ± 0,89 ^{abcde}
	% 70	1,420 ± 0,270 ^{abc}	7,64 ± 0,65 ^{abcde}
	% 100	2,041 ± 0,194 ^a	7,71 ± 0,37 ^{abcde}
Bakla	Kontrol	0,277 ± 0,017 ^g	11,17 ± 0,67 ^a
	% 40	0,314 ± 0,023 ^{fg}	9,71 ± 0,63 ^{abcd}
	% 70	1,065 ± 0,119 ^{bcdef}	11,54 ± 0,60 ^a
	% 100	1,950 ± 0,350 ^a	9,54 ± 0,62 ^{abcd}
Bezelye	Kontrol	0,218 ± 0,034 ^g	6,06 ± 0,87 ^{de}
	% 40	0,370 ± 0,051 ^{efg}	9,55 ± 0,70 ^{abcd}
	% 70	0,635 ± 0,030 ^{cdefg}	10,11 ± 1,10 ^{abc}
	% 100	1,578 ± 0,114 ^{ab}	6,49 ± 0,79 ^{cde}
<i>P</i>		0,000	0,000

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden Tukey testine göre farklıdır ($P<0,05$).

4.6. Toplam Amiloz İçeriği Analiz Sonuçları

Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının toplam amiloz içeriği Çizelge 4.3'de verilmiştir. Amiloz içeriği bakımından baklagil çeşitleri arasında önemli bir farklılık olduğu ve %40,67–49,35 arasında değiştiği saptanmıştır ($P<0,05$). Bu sonuçlar, Hoover ve ark., (2010) tarafından baklagil nişastalarında toplam amiloz içeriğinin %11,6 ve %88,0 arasında değiştiği sonucuyla uyumluluk göstermektedir. En yüksek ve en düşük amiloz miktarı sırasıyla bezelye ve yeşil mercimek nişastasında tespit edilmiştir. Kırmızı mercimek ve bakla nişastaları için en yüksek amiloz içeriği %100 genlik uygulamasıyla gözlenmesine rağmen bezelye ve yeşil mercimek nişastalarında genlik açısından amiloz içerikleri arasında hiçbir tutarlı varyasyon gözlenmemiştir. Tüm baklagil çeşitlerinde amiloz içeriği %100 genlikte işlem görmüş ultrases örnekleri için kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Benzer şekilde Chan ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada ultrases işleminin mısır, patates, mas (mung) fasülyesi ve sago nişastalarının amiloz miktarını arttırdığı bildirilmiştir. Bu sonucu ultrasesin moleküler zincirleri parçalama/bölme etkisine, böylelikle su alarak şişmiş nişasta granüllerinden amiloz ayrılmasına ve düz zincirli fragmentlerin artmasına atfetmişlerdir.

Bir başka çalışmada ise pinhao tohumlarından elde edilen nişastaya 100 W gücünde ultrases işlemi uygulanmış ve amiloz içeriğinin %20,72'den %23,05'e arttığı belirlenmiştir (Gonçalves ve ark., 2014). Amiloz içeriğinin, nişasta granülünün bitkisel kaynağına, iklim koşullarına, büyüme sırasındaki toprak bileşimine ve tohumun fizyolojik durumuna bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Singh ve ark., 2003; Hoover ve ark., 2010).

Çizelge 4.3. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının toplam amiloz içeriği

Nişasta Kaynağı	Ultrases İşlemi (Genlik)	Amiloz İçeriği (%)
Yeşil Mercimek	Kontrol	41,17 ± 0,25 ^{fg}
	% 40	40,67 ± 0,24 ^g
	% 70	43,08 ± 0,49 ^{defg}
	% 100	42,52 ± 1,22 ^{efg}
Kırmızı Mercimek	Kontrol	44,40 ± 0,38 ^{cdefg}
	% 40	42,86 ± 0,62 ^{defg}
	% 70	42,58 ± 1,43 ^{efg}
	% 100	45,17 ± 1,03 ^{bcde}
Bakla	Kontrol	44,62 ± 0,19 ^{cdef}
	% 40	45,06 ± 0,93 ^{bcdef}
	% 70	45,06 ± 0,64 ^{bcdef}
	% 100	48,32 ± 1,39 ^{abc}
Bezelye	Kontrol	46,73 ± 0,10 ^{abcd}
	% 40	48,63 ± 0,10 ^{ab}
	% 70	49,35 ± 0,21 ^a
	% 100	47,66 ± 0,52 ^{abc}
<i>P</i>		0,000

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden Tukey testine göre farklıdır ($P<0,05$).

4.7. Nişasta Granül Yapısının Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analiz

Sonuçları

Baklagil nişastalarının granül boyutunun dağılımı Çizelge 4.4.'te verilmiştir. Bu çalışmada en yüksek ve en düşük granül boyutu diğer baklagil çeşitlerine göre sırasıyla bezelye ve kırmızı mercimek nişastalarında tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra hem uzunluk hem de genişlik boyutunda değişiklik en fazla bezelye nişastasında gözlenmiştir. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının SEM görüntüleri Şekil 4.4'te sunulmuştur. Çoğu baklagil nişasta granüllerinin şekilleri oval ve elips olup, yuvarlak ve düzensiz şekilli granüller de nadiren gözlenmiştir. Şekil 4.4.'te net bir şekilde kontrol nişasta granüllerinin oldukça pürüzsüz olduğu buna rağmen ultrases dalgalarına maruz bırakılan baklagil nişastalarının yüzeyinde çizikler meydana geldiği görülebilmektedir. Literatürde, nişasta granülleri üzerindeki sonikasyon etkisinin, ultrasesin frekans ve gücüne, sıcaklığa, işlem süresine, nişasta süspansiyonunun konsantrasyonuna ve nişastanın bitkisel kaynakları dahil olmak üzere birçok faktöre bağlı olduğu ifade edilmiştir (Zuo ve ark., 2009).

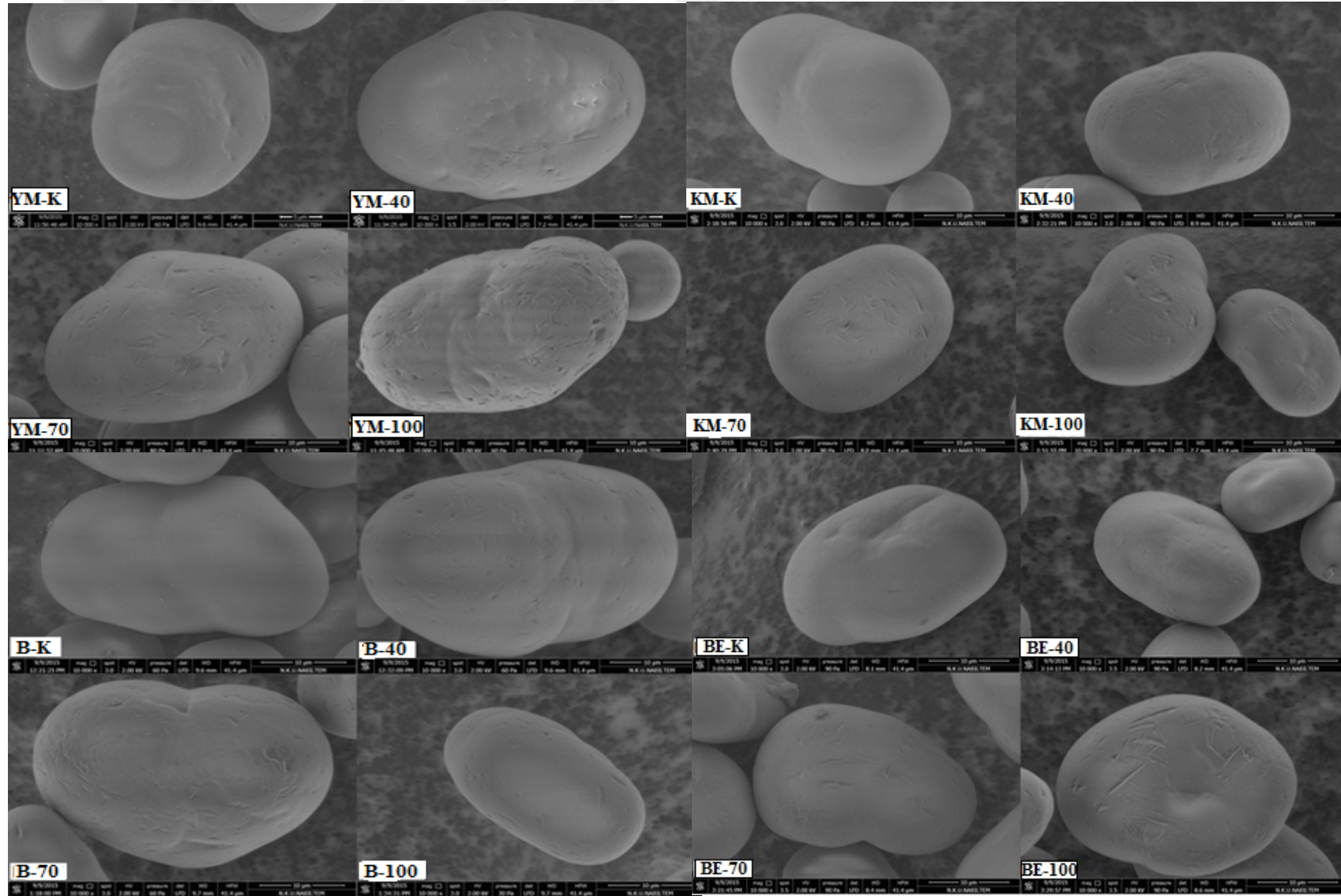
Huang ve ark. (2007), su ile süspanse edilmiş mısır nişastasına 500 W gücünde, 3-15 dakika boyunca pulse modunda ultrases işlemi uygulamışlardır. 3 ve 15 dakika ultrases işlemi uygulanan nişasta örneklerinin SEM görüntüleri incelenmiş, ultrases işlem süresi arttıkça nişasta yüzeyinde meydana gelen hasarın da orantılı bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. Majzoobi ve ark. (2015a), doğal ve çapraz bağlı buğday nişastasının fiziksel özelliklerine sonikasyon süresi ve sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. İncelenen SEM görüntülerinde ultrases uygulamasıyla nişasta granüllerinin yüzeylerinde çökme ve çatlakların oluştuğu belirtilmiştir. Zhu ve ark. (2012), %90 su içeren patates nişastasına oda sıcaklığında 24 saat tam olarak hidrate edildikten sonra 30 dakika süresince değişik güçlerde (60,105, 155 W) 2 saniye açık ve 2 saniye kapalı modda, 20 kHz frekansında ultrases işlemine tabi tutmuşlardır. Araştırmacılar, nişastaların SEM görüntülerini incelediğinde, ultrases uygulanan nişasta yüzeyinde çentik ve olukların oluştuğunu, bu olayın güç artırılması ile daha fazla belirginleştiği ifade etmişlerdir.

Benzer şekilde Sujka ve Jamroz (2013) tarafından, patates ve buğday nişastalarına 30 dakika, 20 °C'de, 20 kHz ve 170 W ultrases işlemi uyguladığında nişasta granül yüzeylerinde çatlak ve girintiler olduğu gözlenmiştir. Yapılan bir başka araştırmada, doğal ve modifiye tapioca nişastasına ultrases işlemi uygulamışlardır. Yüksek genlikte ve uzun süre ile muamele edilen nişastanın kristal bölgesinin deforme olduğu SEM görüntüleriyle tespit edilmiştir (Manchun ve ark., 2012).

Bu tez çalışmasındaki sonuçlar, sözü geçen araştırmacıların sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Ayrıca nişasta granüllerinin hasarının ultrases genliği/gücü arttıkça şiddetli bir şekilde arttığı, yüksek genlikte işlenmiş nişasta granüllerinde bazı girinti ve çatlakların olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.4. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının tane boyut dağılımı (n=40)

Nişasta Kaynağı	Genişlik (µm)			Uzunluk (µm)		
	Ortalama	Minimum	Maksimum	Ortalama	Minimum	Maksimum
Yeşil Mercimek	15,26	6,75	25,45	22,53	7,27	40,00
Kırmızı Mercimek	14,83	6,23	23,11	19,98	7,27	30,64
Bakla	16,22	6,76	24,93	22,45	7,27	36,36
Bezelye	16,76	9,87	28,05	25,42	10,39	43,12



Şekil 4.4. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişasta granüllerinin SEM görüntüleri
(YM: Yeşil mercimek, KM: Kırmızı mercimek, B: Bakla, BE: Bezelye; K: kontrol, 40: %40 genlik, 70: %70 genlik, 100: %100 genlik)

4.8. Baklagil Nişastalarının Termal Özelliklerine Ait Diferansiyel Kalorimetri (DSC) Sonuçları

Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının geçiş sıcaklıkları (T_o , T_p , T_c), geçiş sıcaklık aralığı (T_c-T_o) ve jelatinizasyon entalpisi (ΔH_{gel}) Çizelge 4.5'te verilmiştir. Nişasta jelatinizasyon sıcaklığı 54-60 °C'de başlatılmıştır ve T_p değerleri 70-78 °C olarak belirlenmiştir. Söz konusu sıcaklık değerleri üzerine sadece baklagil çeşidinin etkisi önemli bulunmuş olup, ultrases genliğinin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Yaş olarak parçalanmış tam baklagil tanesine %40, %70 ve %100 genlikleri uygulanmış, sırasıyla 3,5; 2,5 ve 1,5 saat süre işleme maruz bırakılmıştır. Pulse modunda (açık-kapalı) bir döngü olmadan sürekli çalışma olduğunda işlem süreleri 100-110, 200-250, 400-460 W ultrases gücünde 35, 25 ve 15 dakikaya karşılık gelmektedir. Bu nedenle bu işlem koşullarının baklagil nişastalarının kristal yapısını değiştirmek için yeterince güçlü olmadığı sonucuna atfedilebilir. Örneğin; Yu ve ark. (2013), (24 kHz'de) 500 W'tan düşük ultrases gücünde yapılan işlemlerin pirinç nişastasının geçiş sıcaklıkları üzerinde çok küçük bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ancak araştırmacılar, 1000 W ultrases gücü kullanıldığında başlangıç ve tepe sıcaklıklarının büyük ölçüde azaldığını gözlemlemişlerdir.

Bakla ve yeşil mercimekten elde edilen nişastaların T_p ve T_c sonuçları diğer çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Ayrıca en yüksek T_c-T_o aralığı, bakla nişastasında saptanmıştır ($P<0,05$). Yüksek geçiş sıcaklıkları kristal yapının çokluğu ile ilişkilendirilmiş olup, bu durum aynı zamanda yüksek yapısal stabilite ve yüksek jelatinizasyon direnci ile sonuçlanmaktadır (Barichello ve ark., 1990).

Jelatinizasyon entalpisi üzerine çeşit ve yöntem etkisinin etkisi önemli bulunmakla birlikte farklı baklagil nişastaları için ortak bir eğilim gözlenmemiş olup, en yüksek entalpi değerleri yeşil mercimek için %100 ultrases genliğinde, kırmızı mercimek için %40 ultrases genliğinde, bakla için kontrolde ve bezelye için %70 ultrases genliğinde tespit edilmiştir. Huang ve ark. (2007), su ile süspanse edilmiş mısır nişastasına 500 W güçte, farklı sürelerde (3, 6, 9, 12 ve 15 dakika) pulse modunda ultrases işlemi uygulamışlardır. 3-9 dakika aralığındaki ultrases uygulamalarında ΔH_{gel} değerinin hızlı bir şekilde arttığı ancak 9-15 dakika aralığında hafif bir düşüş olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde Jambrak ve ark. (2010) tarafından mısır nişasta süspansiyonlarına 100 W, 300 W, 400 W gücünde, 15 ve 30 dakika boyunca ultrases işlemi gerçekleştirilmiştir. Aynı güçte daha uzun işlem süresi uygulamasının jelatinizasyon entalpisinde düşüşe neden olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada bakla nişastasının kontrol örneğinde en yüksek entalpi değeri

göstermesi ve ultrases işlem koşullarında süre arttıkça entalpi değerinin düşmesi sözü edilen araştırmacıların çalışmalarıyla benzerlik göstermiştir.

ΔH_{gel} sonuçları ultrases koşullarının etkisi dikkate alınmadan değerlendirildiğinde mercimeklerde yüksek olduğu ve bezelyede en düşük olduğu gözlenmiştir. Granül şekli ve boyutu, amilopektin zincir uzunluğu, fosfat esterleri varlığı ve kristalizasyon derecesi gibi çeşitli faktörler nişastaların ΔH_{gel} değerini etkilemesine rağmen (Singh ve ark., 2003), bu çalışmada en yüksek amiloz içeriğine sahip olan bezelye nişastası diğer baklagiller arasında T_0 haricindeki tüm parametrelerde en düşük değerleri göstermiştir. Bunun nedenini araştırmacılar, yüksek oranda amiloz içeriğine sahip nişastaların daha fazla düzensiz (amorfl) ve daha az düzenli (kristal) bölgeye sahip olduğunu ve bundan dolayı jelatinizasyon sıcaklıklarının bu tip nişastalarda daha düşük olduğuna atfetmişlerdir (Sasaki ve ark., 2000).

Benzer şekilde Aggarwal ve ark. (2004) tarafından, dört farklı Hint bezelye nişastasının bazı özellikleri incelenmiş ve MA-6 bezelye nişastasının düşük amiloz içeriğine, yüksek ΔH_{gel} değerine sahip olduğu bulunmuştur. ΔH_{gel} parametresinin nişasta granülündeki moleküler dizilim kaybının bir indikatörü olduğu ayrıca, hem kalitatif hem de kantitatif olarak kristallik özelliğinin kapsamlı bir ölçüsü olduğu bildirilmiştir (Singh ve ark., 2003).

Çizelge 4.5. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının jelleşme özellikleri

Nişasta Kaynağı	Ultrases Koşulları	T _o (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	T _c -T _o (°C)	ΔH _{gel} (J/g)
Yeşil Mercimek	Kontrol	57,67 ± 4,83	74,09 ± 3,09	89,56 ± 1,54 ^{abc}	31,88 ± 3,29	19,50 ± 0,43 ^{ef}
	% 40	59,30 ± 1,64	76,75 ± 0,07	92,30 ± 1,20 ^{abc}	33,00 ± 2,84	21,27 ± 0,41 ^{cdef}
	% 70	58,58 ± 0,56	76,43 ± 0,25	92,60 ± 0,91 ^{abc}	34,02 ± 0,35	23,15 ± 1,30 ^{cde}
	% 100	58,64 ± 0,76	78,41 ± 0,22	96,92 ± 0,38 ^a	38,28 ± 0,37	29,81 ± 1,98 ^{ab}
Kırmızı Mercimek	Kontrol	55,04 ± 0,03	71,92 ± 0,08	87,66 ± 0,14 ^{abc}	32,61 ± 0,10	22,45 ± 0,35 ^{cde}
	% 40	54,40 ± 0,47	74,22 ± 1,37	92,11 ± 3,16 ^{abc}	37,71 ± 3,63	32,07 ± 0,97 ^a
	% 70	54,60 ± 4,35	75,52 ± 2,21	88,91 ± 0,70 ^{abc}	34,31 ± 3,64	26,47 ± 0,26 ^{abcd}
	% 100	59,66 ± 3,15	75,32 ± 2,15	90,66 ± 1,16 ^{abc}	31,00 ± 1,99	24,66 ± 2,21 ^{bcde}
Bakla	Kontrol	58,42 ± 1,45	78,20 ± 0,83	96,32 ± 0,04 ^{ab}	37,91 ± 1,40	27,18 ± 2,28 ^{abc}
	% 40	57,73 ± 0,39	70,10 ± 0,61	91,82 ± 1,31 ^{abc}	34,08 ± 0,91	19,31 ± 1,47 ^{ef}
	% 70	57,31 ± 1,73	75,17 ± 0,93	92,08 ± 0,12 ^{abc}	34,77 ± 1,61	20,44 ± 0,03 ^{def}
	% 100	59,27 ± 1,19	76,47 ± 1,06	92,68 ± 0,43 ^{abc}	33,42 ± 0,75	21,75 ± 1,41 ^{cde}
Bezelye	Kontrol	60,05 ± 0,01	73,96 ± 1,09	89,55 ± 0,01 ^{abc}	29,50 ± 0,01	15,01 ± 0,02 ^f
	% 40	58,88 ± 2,87	72,28 ± 0,21	85,80 ± 2,88 ^c	26,92 ± 5,75	18,74 ± 0,63 ^{ef}
	% 70	55,03 ± 0,02	70,91 ± 0,08	87,61 ± 0,10 ^{abc}	32,58 ± 0,08	21,28 ± 0,21 ^{cdef}
	% 100	58,72 ± 0,59	73,39 ± 1,91	87,40 ± 4,25 ^{bc}	28,67 ± 4,84	18,48 ± 0,33 ^{ef}
<i>P</i>		0,660	0,030	0,010	0,226	0,000

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden Tukey testine göre farklıdır ($P<0,05$).

4.9. Nişasta Jellerinin Tekstürel Özellikleri

Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının TPA sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Baklagil çeşidi ve ultrases koşullarının ne yapışkanlık ne de çiğnenebilirlik üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($P>0,05$). Ancak her iki faktörün nişasta jellerinin sertliğine etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Çeşitler arasında yeşil mercimek en yüksek ve kırmızı mercimek en düşük sertlik değeri göstermiştir ($P<0,05$). Aynı zamanda hasarlı nişasta sonuçlarındaki yeşil mercimeğin en düşük hasar oranına sahip olması en yüksek sertliği göstermesiyle ve kırmızı mercimeğin en yüksek hasar oranına sahip olması en düşük sertliği göstermesi ile tutarlı bulunmuştur. Ayrıca işlenmemiş baklagil çeşitlerinden elde edilen kontrol nişasta jelleri sertliğinin, ultrases ile işlenmiş nişastaların sertliğine göre anlamlı derecede yüksek olduğu gözlenmiştir ($P<0,05$). Benzer şekilde Hu ve ark. (2014) da, işlem görmemiş olanlara göre ultrases ile işlem görmüş olan mısır nişastasının tüm dokusal özelliklerinde (sertlik, kırılgenlik, elastikiyet, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik) bir düşüş olduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar mekanik titreşim ve ultrasonik kavitasyon etkisiyle moleküler sargı düğümlerinin azalarak nişastanın gevşek yapılı olmasına neden olduğunu düşünmüşlerdir.

Bu çalışmada sadece baklagil çeşidinin yapışkanlık üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Bezelye ve kırmızı mercimek nişastalarında diğer nişastalara göre daha fazla yapışkanlık özelliği varken yeşil mercimekte en az yapışkanlık özelliği mevcuttur ($P<0,05$). Öte yandan baklagil çeşitlerinin bağlayıcılık ve elastikiyet üzerindeki etkisi önemsiz bulunurken, ultrases işlem koşullarının etkisi önemli bulunmuştur.

Herceg ve ark. (2010) mısır nişastasından hazırladıkları süspansiyona 24 kHz frekansta 15 ve 30 dakika süreyle ultrases uygulamışlardır. Aynı yoğunlukta daha uzun süre ultrases işlemi uygulamasının nişasta jellerinin yapışkanlık, bağlayıcılık, sakızımsılık özelliklerinde artış sağlarken, sertlik özelliğinde düşüşe neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.6. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının tekstürel özellikleri

Niştasta Kaynağı	Ultrases Koşulları	Sertlik (Hardness) (g)	Yapışkanlık (Adhesiveness) (mJ)	Bağlayıcılık (Cohesiveness)	Elastikiyet (Springiness) (mm)	Sakızımsılık (Gumminess) (g)	Çiğnenebilirlik (Chewiness) (mJ)
Yeşil Mercimek	Kontrol	471,75 ± 5,25 ^a	0,17 ± 0,01	0,56 ± 0,02	3,90 ± 0,23 ^a	245,30 ± 21,80	9,46 ± 1,22
	% 40	256,00 ± 76,50 ^{ab}	0,20 ± 0,05	0,35 ± 0,10	1,43 ± 0,98 ^{ab}	92,80 ± 54,20	2,44 ± 1,29
	% 70	303,30 ± 68,30 ^{ab}	0,24 ± 0,10	0,46 ± 0,08	3,25 ± 0,44 ^{ab}	180,00 ± 57,30	6,23 ± 2,37
	% 100	329,00 ± 91,00 ^{ab}	0,32 ± 0,10	0,41 ± 0,07	3,18 ± 0,44 ^{ab}	168,20 ± 55,50	5,69 ± 2,18
Kırmızı Mercimek	Kontrol	265,80 ± 54,70 ^{ab}	1,16 ± 0,38	0,51 ± 0,01	3,21 ± 0,35 ^{ab}	186,90 ± 51,80	6,23 ± 2,28
	% 40	202,00 ± 28,50 ^{ab}	1,03 ± 0,18	0,40 ± 0,02	2,15 ± 0,28 ^{ab}	110,20 ± 29,90	2,49 ± 0,96
	% 70	291,00 ± 53,50 ^{ab}	0,87 ± 0,32	0,54 ± 0,04	3,19 ± 0,11 ^{ab}	172,20 ± 11,60	5,42 ± 0,53
	% 100	140,75 ± 2,75 ^b	0,43 ± 0,13	0,24 ± 0,08	0,69 ± 0,69 ^b	43,20 ± 19,30	0,53 ± 0,23
Bakla	Kontrol	331,50 ± 16,30 ^{ab}	0,38 ± 0,22	0,41 ± 0,04	2,51 ± 0,20 ^{ab}	132,30 ± 11,80	3,30 ± 0,53
	% 40	353,00 ± 38,00 ^{ab}	0,53 ± 0,17	0,45 ± 0,06	3,07 ± 0,58 ^{ab}	216,70 ± 78,60	7,39 ± 2,96
	% 70	237,50 ± 39,50 ^{ab}	0,80 ± 0,36	0,41 ± 0,10	2,00 ± 1,01 ^{ab}	133,30 ± 49,60	3,56 ± 1,34
	% 100	95,25 ± 9,75 ^b	0,18 ± 0,06	0,25 ± 0,11	0,94 ± 0,44 ^{ab}	66,90 ± 23,70	1,61 ± 0,91
Bezelye	Kontrol	371,50 ± 54,00 ^{ab}	1,43 ± 0,25	0,39 ± 0,08	1,92 ± 0,96 ^{ab}	126,20 ± 47,40	3,27 ± 1,64
	% 40	332,80 ± 57,80 ^{ab}	1,00 ± 0,36	0,34 ± 0,06	2,39 ± 0,33 ^{ab}	130,30 ± 37,70	3,30 ± 1,26
	% 70	253,00 ± 9,00 ^{ab}	0,85 ± 0,50	0,33 ± 0,03	2,44 ± 0,14 ^{ab}	110,70 ± 35,80	2,76 ± 1,07
	% 100	234,50 ± 9,50 ^{ab}	0,56 ± 0,23	0,33 ± 0,04	2,19 ± 0,24 ^{ab}	96,10 ± 25,70	2,16 ± 0,75
<i>P</i>		0,020	0,051	0,104	0,029	0,167	0,092

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden Tukey testine göre farklıdır ($P < 0,05$).

4.10. Su ve Yağ Bağlama Kapasitesi Analiz Sonuçları

Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının su ve yağ bağlama kapasiteleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Elde edilen nişastaların su ve yağ bağlama özellikleri üzerine çeşit ve ultrases genliklerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Baklagil çeşitlerinin kontrol ve işlenmiş nişasta örneklerinin su bağlama kapasitesi %1,130–1,542 ve yağ bağlama kapasiteleri %1,031–1,355 aralığındadır.

Çizelge 4.7.Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının su/yağ bağlama kapasiteleri

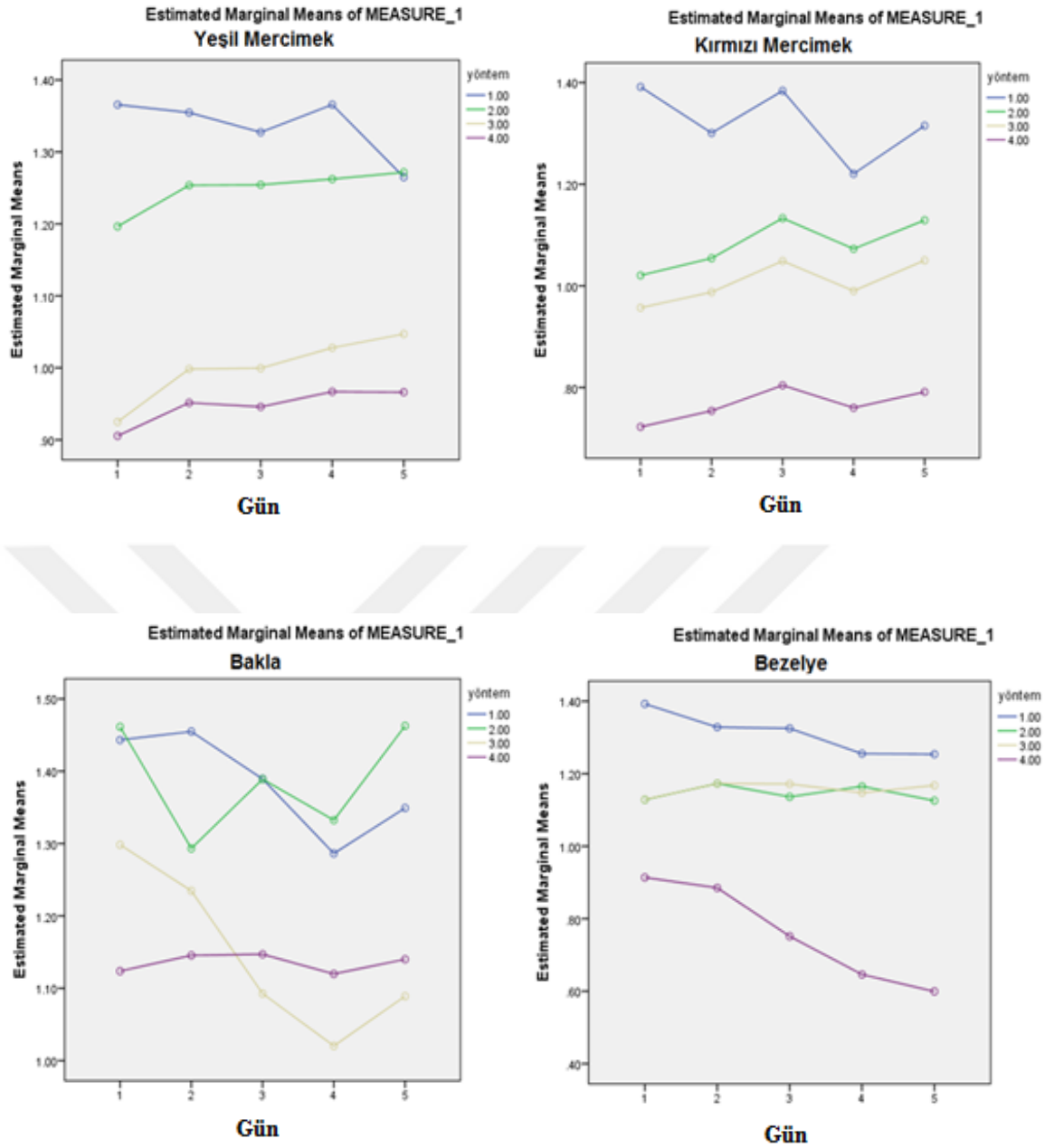
Nişasta Kaynağı	Ultrases İşlemi (Genlik)	Su bağlama kapasitesi (mL/g)	Yağ bağlama kapasitesi (mL/g)
Yeşil Mercimek	Kontrol	1,200 ± 0,036	1,114 ± 0,034
	% 40	1,465 ± 0,097	1,145 ± 0,038
	% 70	1,455 ± 0,036	1,135 ± 0,025
	% 100	1,321 ± 0,029	1,190 ± 0,021
Kırmızı Mercimek	Kontrol	1,142 ± 0,200	1,077 ± 0,037
	% 40	1,353 ± 0,203	1,031 ± 0,047
	% 70	1,320 ± 0,038	1,211 ± 0,013
	% 100	1,542 ± 0,053	1,297 ± 0,041
Bakla	Kontrol	1,205 ± 0,080	1,179 ± 0,050
	% 40	1,159 ± 0,071	1,129 ± 0,060
	% 70	1,130 ± 0,038	1,155 ± 0,037
	% 100	1,350 ± 0,054	1,202 ± 0,069
Bezelye	Kontrol	1,268 ± 0,074	1,095 ± 0,143
	% 40	1,204 ± 0,044	1,155 ± 0,067
	% 70	1,469 ± 0,183	1,355 ± 0,170
	% 100	1,375 ± 0,034	1,350 ± 0,240
<i>P</i>		0,099	0,466

Hazırlanan nişasta jel örneklerinde genlik değişimine bağlı olarak su ve yağ bağlama kapasitesinde tutarlı bir eğilim gözlenmemiştir ancak tüm baklagil çeşitlerinde %100 ultrases uygulamasının, kontrol nişasta örneklerine kıyasla su ve yağ bağlama kapasitesi daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde Sujka ve Jamroz (2013), patates, buğday, mısır ve pirinç nişasta süspansiyonlarına 20 kHz frekansta, 30 dakika boyunca 170 W güç uygulayarak sonike etmiş ve su/yağ bağlama kapasitesinde artış belirlemişlerdir. Majzoobi ve ark. (2015b) tarafından yapılan çalışmada buğday nişasta süspansiyonları bir gece dinlendirildikten sonra ultrasonik banyo içerisinde 35 kHz’de, 240 W gücünde, %100

genlikte, 20, 40 ve 60 dakika boyunca ses dalgalarına maruz bırakılmıştır. Ultrases işlemi uygulanan örneklerin kontrol örneğine kıyasla daha fazla yağ bağladığı gözlemlenmiştir. Araştırmacılar yapmış oldukları çalışmada kontrol örneğinin yağ bağlama kapasitesini %1,28 tespit ederken, 40 dakika ultrases işlemi sonucu bu değerin %14,61'e yükseldiğini belirlemişlerdir. Bununla birlikte 60 dakika ultrases işlemi uygulanması nişasta granülünün daha az yağ bağlamasına (%14,17) neden olmuştur. 40 dakika ultrases işlemi uygulamasının granül yüzeyindeki çatlak ve kanalları arttırarak nişasta bünyesine daha fazla yağ bağlamasına yardımcı olabileceğini, ancak daha uzun süre ses dalgalarına maruz bırakıldığında nişasta granüllerinin uğradığı hasarın artmasından kaynaklı bünyesine daha az yağ bağladığı atfedilmiştir.

4.11. Bulanıklık Analiz Sonuçları

Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişasta jellerinin beş gün boyunca ölçülen absorbans değerleri Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Kontrol ve farklı genliklerde ultrases ile işlenmiş baklagil çeşitlerinin bulanıklık değerleri üzerine çeşit, yöntem ve süre (gün) etkilerinin interaksiyonu önemli bulunmakla beraber; veriler matematiksel olarak değerlendirildiğinde dikkate değer ve tutarlı bir değişim göstermemiştir. Bununla birlikte, yeşil ve kırmızı mercimek çeşitlerinde kontrol örneklerin bulanıklık değerlerinde süreye bağlı olarak düşme gözlenirken, tüm genliklerde ultrases ile işlenmiş jel örneklerinin bulanıklık değerlerinin süreye bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Herceg ve ark. (2010), mısır nişasta süspansiyonlarına 100, 300, 400 W gücünde, 15 ve 30 dakika boyunca ultrases işlemi uygulamışlardır. Tüm örneklerde bulanıklık değerlerinin süreye bağlı olarak azaldığı belirtilmiştir. Depolama sırasında nişasta jelinin bulanıklığı üzerine granülün şişmesinin, süzülen amiloz ve amilopektinin, amiloz ve amilopektin zincir uzunluğunun, molekül içi veya moleküller arası bağların lipid çapraz bağlarla yer değiştirmesinin etkisi olduğu atfedilmiştir (Aggarwal ve ark., 2004).



Şekil 4.5. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişasta jellerinin bulanıklık grafikleri (SPSS grafikleri)
(Yöntem 1: Kontrol; Yöntem 2: % 40 genlik; Yöntem 3: % 70 genlik; Yöntem 4: % 100 genlik)

4.12. Dondurma-Çözündürme Stabilitesi Analiz Sonuçları

Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişasta jellerinin beş dondurma-çözündürme döngüsünden sonra salınan su içeriği Çizelge 4.8’de sunulmuştur. Diğer baklagil çeşitleri arasında önemli bir farklılık gözlenmezken en düşük su salma (en yüksek stabilite) yeşil mercimekte gözlenmiştir. Ayrıca ultrases işleminin nişasta jellerinin dondurma-çözündürme stabilitesi üzerine etkisi önemli bulunmasına rağmen ($P<0,05$), ultrases şartları bakımından hiçbir tutarlı eğilim göstermemiştir. Sit ve ark. (2014a), taro nişastasına farklı genlik ve sürelerde ultrases işlemi uygulayarak nişastanın üç dondurma-çözündürme döngüsü sonunda su salma miktarlarını ölçmüş ve kontrol örneğine kıyasla ultrases muamelesi gören örneklerin su salma miktarında düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir. Yine Sit ve ark. (2014b), tarafından yapılan bir başka çalışmada ultrasesin bir ön işlem olarak kullanılmasının da nişasta jellerinin dondurma-çözündürme stabilitesinde daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Hu ve ark. (2014) tarafından mısır nişastalarına 20 kHz ve 25 kHz frekansta ultrases işlemi uygulanmıştır. Dondurma-çözündürme stabilitesinde ultrases uygulamasının kontrol örneğine kıyasla daha yüksek su salma (düşük stabilite) özelliği gösterdiği belirtilmiştir. Araştırmacılar, ultrases işleminin nişasta molekül zinciri, molekül ağırlığı ve polimerizasyon derecesini düşürerek amiloz içeriğinde artış sağladığını, bu nedenle dondurma-çözündürme stabilitesinde önemli ölçüde düşüş göstererek nişasta jelinin su salma miktarını arttırdığını atfetmişlerdir. Luo ve ark. (2008), ultrases ile işlem gören örneklerde meydana gelen değişikliklerin sadece nişastanın kristal yapısıyla ilgili olmadığını aynı zamanda amiloz miktarıyla da ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada yeşil mercimek en düşük amiloz içeriğine sahipken aynı zamanda dondurma-çözündürme stabilitesinde en düşük su salma özelliği göstermiştir.

Çizelge 4.8. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişasta jellerinin dondurma-çözündürme stabilitesi

Nişasta Kaynağı	Ultrases İşlemi (Genlik)	Dondurma-Çözündürme Kapasitesi (%)
Yeşil Mercimek	Kontrol	29,83 ± 0,48 ^d
	% 40	43,40 ± 4,15 ^{abc}
	% 70	38,40 ± 0,57 ^{bcd}
	% 100	35,40 ± 2,05 ^{cd}
Kırmızı Mercimek	Kontrol	49,97 ± 1,42 ^a
	% 40	51,40 ± 1,93 ^a
	% 70	47,50 ± 1,52 ^{ab}
	% 100	50,80 ± 2,07 ^a
Bakla	Kontrol	50,72 ± 2,33 ^a
	% 40	52,33 ± 2,73 ^a
	% 70	49,47 ± 2,75 ^a
	% 100	50,98 ± 2,62 ^a
Bezelye	Kontrol	49,05 ± 1,10 ^{ab}
	% 40	50,32 ± 2,83 ^a
	% 70	51,25 ± 0,08 ^a
	% 100	52,10 ± 0,55 ^a
<i>P</i>		0,000

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden Tukey testine göre farklıdır ($P < 0,05$).

4.13. Şişme Gücü Analiz Sonuçları

Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının farklı sıcaklıklardaki şişme gücü değerleri Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Nişasta molekülünün su içerisinde ısıtılması nişastanın şişmesini sağlar. Bunun sebebi, molekülün kristal yapısının bozulması ve su ile amiloz ve amilopektinin hidroksil grupları arasında meydana gelen hidrojen bağlarının zarar görmesidir (Singh ve ark., 2013).

Metot kısmında belirtildiği gibi nişastaların şişme gücü değerleri 50-90 °C sıcaklık aralığında ölçülmüştür.

Çizelge 4.9. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarının belirlenen sıcaklıklardaki şişme gücü (g jel/g nişasta) değerleri

Nişasta Kaynağı	Ultrases İşlemi (Genlik)	Sıcaklık Değerleri				
		50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
Yeşil Mercimek	Kontrol	2,65	5,21	11,58	13,73	14,29
	% 40	2,64	4,06	10,22	11,67	12,58
	% 70	2,95	5,49	10,43	12,96	14,42
	% 100	2,90	5,48	11,36	13,58	14,97
Kırmızı Mercimek	Kontrol	2,62	3,89	8,50	11,75	12,23
	% 40	2,68	3,67	7,79	10,94	12,66
	% 70	2,57	3,79	8,90	11,15	13,22
	% 100	2,95	3,75	8,99	11,13	12,06
Bakla	Kontrol	2,38	2,83	7,89	10,72	12,00
	% 40	2,67	2,93	7,90	10,63	11,82
	% 70	2,60	3,07	7,92	11,26	13,63
	% 100	2,41	3,25	8,75	12,10	12,87
Bezelye	Kontrol	2,63	2,79	6,58	12,10	14,96
	% 40	2,61	2,77	6,68	12,63	12,82
	% 70	2,81	3,03	8,07	12,41	13,53
	% 100	2,96	3,03	5,75	10,48	11,86

Farklı sıcaklıklarda belli sürelerde bekletilen nişastalardan elde edilen şişme gücü değerlerinin istatistiksel analiz sonuçlarına göre, çeşit ve yöntem interaksyonu ile çeşit ve sıcaklık interaksyonunun şişme gücüne etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Çeşit ve yöntem interaksyonu Çizelge 4.10’da, çeşit ve sıcaklık interaksyonu ise Çizelge 4.11’de sunulmuştur.

Araştırmacılar, şişme gücünü etkileyen başka faktörler olmakla birlikte amiloz içeriğinin yüksek olması daha düşük şişme gücüne neden olduğunu öne sürmüşlerdir (Li ve Yeh, 2001). Hem kontrol hem de işlenmiş örneklerde diğer baklagil çeşitlerine göre en yüksek şişme gücünün yeşil mercimekte olduğu bulunmuştur. Aynı zamanda en düşük amiloz içeriği de yeşil mercimekte tespit edilmiştir. Bu sonuç Li ve Yeh (2001) adlı araştırmacıların verdiği sonuçla uyumlu bulunmuştur. Bezelyede ise şişme gücünün ultrases genliği arttıkça düştüğü tespit edilirken ($P<0,05$), incelenen diğer baklagil çeşitlerinde ultrases genliğinin şişme gücüne etkisi önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Öte yandan Sit ve ark. (2014a), taro nişastasına %100 genlikte 5 dakika boyunca ultrases işlemi uygulayarak nişasta jelinin şişme gücünün %14,48’den %16,50’ye arttığını belirlemişlerdir. Manchun

ve ark. (2012), doğal ve modifiye tapiyoka nişastasına yüksek güçlü (400 W) ultrases prosesini 10, 20 ve 30 dakika süreyle %50 ve %100 genlikte uygulamış, ayrıca aynı tapiyoka nişastasını ısıtma işlemi tabi tutarak ultrases uygulanmış nişastayla karşılaştırmasını yapmışlardır. Tapiyoka nişastasının şişme gücünün hem ultrases uygulamasında hemde ısıtma işlemi muamelesinde arttığı tespit edilmiş, fakat ultrases uygulamasında bu artışın daha çok olduğu belirlenmiştir. Zhu ve ark. (2012), %90 su içeren patates nişastasına oda sıcaklığında 24 saat tam olarak hidrate edildikten sonra 30 dakika süresince farklı güçlerde (60,105, 155 W) 2 saniye açık, 2 saniye kapalı modda, 20 kHz frekansta ultrases işlemine tabi tutup granüllerinin supramoleküler yapısal özelliklerini incelemiştir. Ultrases uygulanan nişasta yüzeyinde çentik ve olukların oluştuğu tespit edilmiştir. Oluşan bu olukların suyun nişasta granülünün içerisine daha fazla girdiği ve şişme özelliğinin arttığı kanısına varılmıştır.

Çizelge 4.10. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarında şişme gücü (g jel/g nişasta) üzerine çeşit ve yöntemin etkisi

Ultrases İşlemi (Genlik)	Nişasta Kaynağı			
	Yeşil Mercimek	Kırmızı Mercimek	Bakla	Bezelye
Kontrol	9,49 ± 1,27 ^{Aa}	7,80 ± 1,07 ^{Ba}	7,16 ± 1,06 ^{Ba}	7,83 ± 1,38 ^{Ba}
%40	8,23 ± 1,11 ^{Ab}	7,55 ± 1,05 ^{ABa}	7,19 ± 1,02 ^{Ba}	7,50 ± 1,21 ^{ABab}
%70	9,25 ± 1,17 ^{Aa}	7,92 ± 1,12 ^{Ba}	7,70 ± 1,17 ^{Ba}	7,98 ± 1,22 ^{Ba}
%100	9,66 ± 1,28 ^{Aa}	7,77 ± 1,03 ^{Ba}	7,87 ± 1,18 ^{Ba}	6,82 ± 1,00 ^{Cb}

*Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden Tukey testine göre farklıdır ($P<0,05$).

**Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden Tukey testine göre farklıdır ($P<0,05$).

Luo ve ark. (2008), üç farklı nişasta örneğine 30 °C’de, 30 dakika boyunca 100 W gücünde ultrases işlemi uygulamışlar ve 55, 65, 75, 85, 95 °C’de ki şişme gücü değerlerini ölçmüşlerdir. Ultrases işleminin nişasta örneklerinde şişme gücü değerlerini artırdığı belirtilmiştir. Hoover ve ark. (2010), baklagil nişastası granüllerinde 60 °C’nin altındaki sıcaklıklarda şişme veya amiloz süzülmesi olmadığını; buna karşılık 70 °C’yi aşan sıcaklıklarda ise her iki parametrede de dikkate değer bir artış olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.11. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişastalarında şişme gücü (g jel/g nişasta) üzerine çeşit ve sıcaklığın etkisi

	Nişasta Kaynağı			
	Yeşil Mercimek	Kırmızı Mercimek	Bakla	Bezelye
50°C	2.78 ± 0.09 ^{Ae}	2.70 ± 0.08 ^{Ae}	2.51 ± 0.05 ^{Ad}	2.74 ± 0.08 ^{Ad}
60°C	5.05 ± 0.24 ^{Ad}	3.77 ± 0.12 ^{Bd}	3.01 ± 0.13 ^{Bd}	2.90 ± 0.08 ^{Bd}
70°C	10.89 ± 0.35 ^{Ac}	8.54 ± 0.33 ^{Bc}	8.11 ± 0.24 ^{Bc}	6.77 ± 0.27 ^{Cb}
80°C	12.98 ± 0.35 ^{Ab}	11.24 ± 0.21 ^{Bb}	11.18 ± 0.26 ^{Bb}	11.93 ± 0.32 ^{Bb}
90°C	14.06 ± 0.34 ^{Aa}	12.54 ± 0.28 ^{Ba}	12.58 ± 0.25 ^{Ba}	13.30 ± 0.57 ^{ABa}

*Aynı satırda farklı büyük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden Tukey testine göre farklıdır ($P<0,05$).

**Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden Tukey testine göre farklıdır ($P<0,05$).

Yeşil mercimeğin şişme gücü 60 °C ve üzeri sıcaklıklarda incelenen diğer baklagil çeşitlerinden önemli derecede yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Bununla birlikte sıcaklık faktörünün tüm baklagil çeşitlerinde şişme gücünü arttırdığı gözlenmiştir ($P<0,05$).

4.14. Sineresis Analiz Sonuçları

Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişasta jellerinin sineresis değerleri Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Metot kısmında belirtildiği gibi nişastaların sineresis değerleri 24, 48 ve 120 saat sonunda ölçülmüştür. Farklı sürelerde yapılan sineresis analizi sonuçları üzerine baklagil çeşidi ve ultrases genliği interaksyonunun önemli etkide bulunduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Tüm sürelerin ortalaması değerlendirildiğinde nişasta jellerinin su salma miktarları arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır. Yeşil mercimek ve bezelyede %100 ultrases genliği ile işlenen baklagil nişastalarının sineresis değerleri diğer genliklere kıyasla daha düşük bulunmuştur ($P<0,05$). Bununla birlikte en yüksek su salınımı baklanın %70 ultrases genliği ile işlenen nişasta jelinde saptanmıştır ($P<0,05$). Singh ve ark. (2004), düşük amiloz içeriğinin jel oluşumu sırasında nişastanın düşük su salma ve zayıf jel oluşumuna neden olacağını belirtmişlerdir. Bu çalışmada en düşük su salma miktarı yeşil mercimekte gözlenirken aynı zamanda en düşük amiloz içeriği de yeşil mercimekte gözlenmiştir.

Çizelge 4.12. Kontrol ve ultrases uygulaması sonucu baklagil nişasta jellerinin sineresis değerleri

Nişasta Kaynağı	Ultrasesişlemi (Genlik)	Sineresis (mL)
Yeşil Mercimek	Kontrol	33,44 ± 0,17 ^{bcd}
	% 40	34,11 ± 0,20 ^{abc}
	% 70	33,66 ± 0,16 ^{abc}
	% 100	32,55 ± 0,37 ^d
Kırmızı Mercimek	Kontrol	33,77 ± 0,14 ^{abc}
	% 40	34,33 ± 0,16 ^{ab}
	% 70	33,77 ± 0,14 ^{abc}
	% 100	33,55 ± 0,17 ^{abc}
Bakla	Kontrol	34,33 ± 0,16 ^{ab}
	% 40	34,11 ± 0,11 ^{abc}
	% 70	34,44 ± 0,17 ^a
	% 100	34,22 ± 0,22 ^{abc}
Bezelye	Kontrol	33,88 ± 0,20 ^{abc}
	% 40	33,88 ± 0,30 ^{abc}
	% 70	33,77 ± 0,14 ^{abc}
	% 100	33,33 ± 0,16 ^{cd}
<i>P</i>		0,000

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden Tukey testine göre farklıdır ($P<0,05$).

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma da, yeşil ve kırmızı mercimek (*Lens culinaris*), bakla (*Vicia faba*) ve bezelye (*Pisum sativum*) tanelerine farklı genliklerde (%40, %70 ve %100) ultrases işlemi uygulayarak diğer ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla daha fazla verim elde etmek amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan tüm baklagil çeşitlerinde ultrases ile işlem görmüş örneklerin nişasta verimi kontrol örneklerin nişasta verimlerine kıyasla daha düşük bulunmuştur. Ayrıca uygulanan genlik artışıyla ters orantılı olarak nişasta veriminde düşüş belirlenmiştir. Ultrases işleminin nişasta ve kepek fraksiyonları arasında yapışmaya neden olup ayrımı güçleştirdiği ve buna bağlı olarak genlik arttıkça kepek fraksiyonunda kalan nişasta miktarının arttığı net bir şekilde tespit edilmiştir. Ultrases uygulamasında genlik artışıyla nişasta hasarının da orantılı bir şekilde arttığı yapılan enzimatik analiz tekniği ile belirlenmiş olup, SEM görüntüleriyle de bu sonuçlar desteklenmiştir.

Amiloz miktarı % 40,67–49,35 arasında değişmekte olup baklagil çeşitleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür. Tüm baklagil çeşitleri için amiloz içeriği %100 genlikte işlem görmüş ultrases örnekleri için kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Ne baklagil çeşidinin ne de ultrases işleminin nişastaların su ve yağ bağlama kapasitesi üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Ultrases dalgalarına maruz bırakılan baklagil nişasta granüllerinin yüzeyinde çok sayıda çizik varken kontrol nişasta granül yüzeylerinin oldukça pürüzsüz olduğu görülmüştür. Bununla birlikte ultrases genlik artışıyla nişasta granülünde meydana gelen hasarında arttığı gözlemlenmiştir. Baklagil çeşitlerinin geçiş sıcaklıklarına etkisi önemliyken diğer yandan ultrases işleminin etkisi önemsiz bulunmuştur. Bir döngü olmadan işlem süreleri (35, 25 ve 15 dakika) ve açığa çıkan güç değerleri (100-110, 200-250, 400-460 W) hesaplandığında baklagil nişastalarının kristal yapısını değiştirmek için yeterince güçlü olmadığı sonucuna varılmıştır.

Bezelye ve kırmızı mercimek nişastalarında diğer nişastalara göre daha fazla yapışkanlık özelliği varken yeşil mercimekte en az yapışkanlık özelliği mevcuttur. Öte yandan baklagil çeşitlerinin bağlayıcılık ve elastikiyet üzerindeki etkisi önemsizken ultrases işlem koşullarının etkisi önemli bulunmuştur.

Bakliyat çeşidi etkisi bakımından yeşil mercimek nişastası; en düşük dirençli nişasta miktarı, en yüksek dondurma-çözündürme kapasitesi, en yüksek şişme gücü, en düşük amiloz içeriği, en yüksek sertlik ve en düşük yapışkanlık gibi özellikleri ile diğer bakliyat nişastalarından ayrılmaktadır.

Besinsel içeriği bakımından büyük öneme sahip olan baklagillerden daha fazla yararlanmaya yönelik çalışmalar son yıllarda giderek artmaktadır. Nişastaların bebek mamaları ve pasta gibi ürünlerde kıvam verici olarak kullanılması da araştırmacıları farklı nişasta kaynaklarına yönlendirmiştir. Dünya üzerinde nişasta genel olarak mısır, pirinç, buğday, patatesten üretilir. Son yıllarda bakliyalardan nişasta üretimi ise hızla artmaktadır. Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar (GDO) olmaması ve gluten içermemesi nedeniyle özel bazı gıdaların hazırlanmasında bakliyat nişastaları kullanılmaktadır. Baklagil nişastalarını değerlendirmek ve nişasta fonksiyonelliğini arttırmak üzere farklı izolasyon metot çalışmaları yapılmaktadır. Bu anlamda baklagillerden nişasta izolasyonu sağlamak amacıyla ultrases işleminin kullanılması diğer yöntemlere kıyasla beklenen verimi sağlamamıştır. Ultrases işleminin nişasta verimini düşürdüğü, ayrıca nişasta fonksiyonelliğini arttırıcı çarpıcı değişikliklere neden olmadığı söylenebilir. Baklagillerden nişasta ekstraksiyonu amacıyla ultrases işlemi yerine farklı ekstraksiyon metotları denenmesi önerilebilir. Bununla birlikte nişasta süspansiyonlarına sonik ses dalgaları uygulanacak yeni çalışmalarda işlem koşullarında yapılacak değişikliklerle (genlik, süre vb.) farklı denemeler yapılabilir. Bu tez çalışmasında yapılan analizlere genel olarak bakıldığında tercih edilen genlik değerleri arasında %40 ve %70 genlikte uygulanan ultrases işleminin, %100 genlikte uygulanan ultrases işlemine göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Aynı şekilde literatürde ki çalışmalarda da araştırmacılar düşük genliklerde kısa süre ultrases işlemi uygulamışlardır. Bu nedenle ultrases uygulamasıyla nişastanın fonksiyonel özelliklerine ultrases işleminin etkisini belirlemek amacıyla yapılacak yeni araştırmalarda daha düşük genliklerde ve daha kısa işlem süresi önerilebilir.

Fonksiyonel bir lif kaynağı olarak görülen EDN'nin miktarını arttırmaya yönelik çalışmalar da gün geçtikçe artmakta ve araştırmacıların bu alanda yaptıkları çalışmalar önem kazanmaktadır. Birçok çalışmada otoklavlama, pişirme, dondurma ve kızartma gibi işlemlerin EDN miktarını arttırdığı tespit edilmiştir. Ultrases uygulamasının çalışılan baklagil çeşitlerinde EDN miktarı üzerine etkisi önemli bulunmasına rağmen genlik değişimine bağlı olarak tutarlı bir eğilim göstermemiş olup, ultrases uygulamasının bazı baklagil nişasta örneklerinin EDN miktarında azalışa neden olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle EDN miktarını arttırmaya yönelik yapılacak çalışmalarda ultrases işleminin farklı süre ve genliklerde denenmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

- AACC, 2000. American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of American Association of Cereal Chemists*, (10th ed.). Minnesota, USA.
- Aggarwal V., Singh N., Kamboj S.S., Brar P.S., 2004. Some Properties of Seeds and Starches Separated from Different Indian Pea Cultivars. *Food Chemistry*, 85: 585-590.
- Ak K., 2005. Asit Modifiye Nişasta Üretimi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Türkiye.
- Anonim, 2014. Yemeklik Baklagil Çalıştayı. 26 Mart 2016, <http://www.tarim.gov.tr/BUGEM/Belgeler/Duyurular/YEMEKLİK%20BAKLAGİL%20CALISTAYI%20WEB%20i%C3%A7in%20Son.pdf>
- Barichello V., Yada R.Y., Coffin R.H., Stanley D.W., 1990. Low Temperature Sweetening in Susceptible and Resistant Potatoes: Starch Structure and Composition. *Journal of Food Science*, 55 (4): 1054-1059.
- Bednar G.E., Patil A.R., Murray S.M., Grieshop C.M., Merchen N.R., Fahey G.C., 2001. Starch and Fiber Fractions in Selected Food and Feed Ingredients Affect Their Small Intestinal Digestibility and Fermentability and Their Large Bowel Fermentability In Vitro in a Canine Model. *The Journal of Nutrition*, 131 (2): 276-286.
- Benmoussa M., Hamaker B.R., 2011. Rapid Small-Scale Starch Isolation Using a Combination of Ultrasonic Sonication and Sucrose Density Separation. *Starch/Starke*, 63: 333-339.
- Beuchat L.R., 1977. Functional and Electrophoretic Characteristics of Succinylated Peanut Flour Protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25 (2): 258-261.
- Boschin G., Arnoldi A., 2011. Legumes are Valuable Sources of Tocopherols. *Food Chemistry*, 127: 1199-1203.
- Cameron D.K., Wang Y.J., 2006. Application of Protease and High-Intensity Ultrasound in Corn Starch Isolation from Degermed Corn Flour. *Cereal Chemistry*, 83 (5): 505-509.

- Chan H.T., Bhat R., Karim A.A., 2010. Effects of Sodium Dodecyl Sulphate and Sonication Treatment on Physicochemical Properties of Starch. *Food Chemistry*, 120: 703-709.
- Chemat F., Huma Z., Khan M. K., 2011. Applications of Ultrasound in Food Technology: Processing, Preservation and Extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18: 813-835.
- Chung H.J., Liu Q., Donner E., Hoover R., Warkentin T.D., Vandenberg B., 2008. Composition, Molecular Structure, Properties, and In Vitro Digestibility of Starch from Newly Released Canadian Pulse Cultivars. *Cereal Chemistry*, 85 (4): 471-479.
- Dalgetty D.D, Baik B.K, 2003. Isolation and Characterization of Cotyledon Fibers from Peas, Lentils, and Chickpeas. *Cereal Chemistry*, 80(3): 310-315.
- Demirdöven A., Baysal T., 2009. The Use of Ultrasound and Combined Technologies in Food Preservation. *Food Reviews International*, 25: 1-11.
- Duranti M., 2006. Grain Legume Proteins and Nutraceutical Properties. *Fitoterapia*, 77: 76-82.
- Ergün A.R., Baysal T., Bozkır H., 2013. Ultrases Yöntemi ile Karotenoitlerin Ekstraksiyonu. *Gıda*, 38 (4): 239-246.
- Ertaş N., 2007. Yemeklik Baklagiller ve Antibesinsel Faktörler. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (41): 85-95.
- Ertaş N., 2013. Baklagil ve Baklagil Ürünlerinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı. *Ulusal KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu*, Konya.
- FAO, 2012. Food and Agriculture Organization Statistics. 26 Mart 2016, <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- Gonçalves P.M., Norena C.P.Z., Silveira N.S., Brandelli A., 2014. Characterization of Starch Nanoparticles Obtained from *Araucaria Angustifolia* Seeds by Acid Hydrolysis and Ultrasound. *Food Science and Technology*, 58:21-27.
- Herceg I.L., Jambrak A.R., Subaric D., Brncic M., Brncic S.R., Badanjak M., Tripalo B., Jezek D., Novotni D., Herceg Z., 2010. Texture and Pasting Properties of Ultrasonically Treated Corn Starch. *Czech Journal of Food Science*, 28 (2): 83-93.

- Hoover R., Ratnayake W.S., 2002. Starch Characteristics of Black bean, Chick pea, Lentil, Navy bean and Pinto bean Cultivars Grown in Canada, *Food Chemistry*, 78: 489-498.
- Hoover R., Hughes T., Chung H.J., Liu Q., 2010. Composition, Molecular Structure, Properties, and Modification of Pulse Starches: A Review. *Food Research International*, 43: 399-413.
- Hu A., Li L., Zheng J., Lu J., Meng X., Liu Y., Rehman R., 2014. Different-Frequency Ultrasonic Effects on Properties and Structure of Corn Starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94: 2929-2934.
- Huang Q., Li L., Fu X., 2007. Ultrasound Effects on the Structure and Chemical Reactivity of Cornstarch Granules. *Starch/Stärke*, 59: 371-378.
- Iqbal A., Khalil I.A., Ateeq N., Khan M.S., 2006. Nutritional Quality of Important Food Legumes. *Food Chemistry*, 97: 331-335.
- Jambrak A.R., Herceg Z., Subaric D., Babic J., Brncic M., Brncic S.R., Bosiljkov T., Cvek D., Tripalo B., Jurica Gelo J., 2010. Ultrasound Effect on Physical Properties of Corn Starch. *Carbohydrate Polymers*, 79: 91-100.
- Jane J.L., 2009. Structural Features of Starch Granules II. In J. BeMiller J., R. Whistler Eds. *Starch: Chemistry and Technology*, Elsevier Inc., 193-212 p.
- Jiang G., Liu Q., 2002. Characterization of Residues from Partially Hydrolyzed Potato and High Amylose Corn Starches by Pancreatic α -Amylase. *Starch/Stärke* 54: 527-533.
- Kaya F., 2010. Ülkemizde Yetiştirilen Bazı Mercimek Çeşitlerinin Bileşimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Türkiye.
- Lee H.J., 2008. The Isolation and Characterisation of Starches from Legume Grains and Their Application in Food Formulations. RMIT University. Applied Sciences, Australia. 147p.
- Li J.Y., Yeh A.I., 2001. Relationships Between Thermal, Rheological Characteristics and Swelling Power for Various Starches. *Journal of Food Engineering*, 50: 141-148.

- Luo Z., Fu X., He X., Luo F., Gao Q., Yu S., 2008. Effect of Ultrasonic Treatment on the Physicochemical Properties of Maize Starches Differing in Amylose Content. *Starch/Starke*, 60: 646-653.
- Mahadevamma S., Tharanathan R.N., 2004. Processing of Legumes: Resistant Starch and Dietary Fiber Contents. *Journal of Food Quality*, 27: 289-303.
- Majzoobi M., Seifzadeh N., Farahnaky A., Mesbahi G., 2015a. Effects of Sonication on Physical Properties of Native and Cross-linked Wheat Starches. *Journal of Texture Studies*, 46: 105-112.
- Majzoobi M., Hedayati S., Farahnaky A., 2015b. Functional Properties of Microporous Wheat Starch Produced by α -amylase Andsonication. *Food Bioscience*, 11: 79-84.
- Manchun S., Nunthanid J., Limmatvapirat S., Sriamornsak P., 2012. Effect of Ultrasonic Treatment on Physical Properties of Tapioca Starch. *Advanced Materials Research*, 506: 294-297.
- Mason W.R., 2009. Starch Use in Foods. In: BeMiller J., Whistler R., Eds. *Starch: Chemistry and Technology*. Elsevier Inc., Burlington, USA, 749 p.
- Oomah B.D., Patras A., Rawson A., Singh N., Vega R.C., 2011. Chemistry of Pulses. In: Tiwari B.K., Gowen A., McKenna B., Eds. *Pulse Foods: Processing Quality and Nutraceutical Applications*. Elsevier Inc, USA. 9-57.
- Pan Z., Qu W., Ma H., Atungulu G.G., McHugh T.H., 2011. Continuous and Pulsed Ultrasound-Assisted Extractions of Antioxidants from Pomegranate Peel. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18: 1249-1257.
- Park D.J, Han J.A., 2016. Quality Controlling of Brown Rice by Ultrasound Treatment and Its effect on Isolated Starch. *Carbohydrate Polymers*, 137: 30-38.
- Patist, A., Bates D., 2008. Ultrasonic Innovations in the Food Industry: From the Laboratory to Commercial Production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 147-154.
- 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.

- Piecyk M., Druzynska B., Worobiej E., Wolosiak R., Ligeza E.O., 2013. Effect of Hydrothermal Treatment of Runner bean (*Phaseolus coccineus*) Seeds and Starch Isolation on Starch Digestibility, *Food Research International*, 50: 428-437.
- Pietrasik Z., Janz J.A.M., 2010. Utilization of Pea Flour, Starch-Rich and Fiber-Rich Fractions in Low Fat Bologna. *Food Research International*, 43: 602-608.
- 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.
- Sango D.M., Abela D., McElhatton A., Valdramidis V.P., 2014. Assisted Ultrasound Applications for the Production of Safe Foods. *Journal of Applied Microbiology*, 116: 1067-1083.
- Sasaki T., Yasui T., Matsuki J., 2000. Effect of Amylose Content on Gelatinization, Retrogradation and Pasting Properties of Starches from Waxy and Non-Waxy Wheat and Their F1 Seeds. *Cereal Chemistry*, 77: 58-63.
- Sit N., Misra S., Deka S.C., 2014a. Yield and Functional Properties of Taro Starch as Affected by Ultrasound. *Food Bioprocess Technol*, 7: 1950-1958.
- Sit N., Deka S.C., Misra S., 2014b. Combined Effect of Ultrasound and Enzymatic Pretreatment on Yield and Functional Properties of Taro (*Colocasia esculenta*) Starch. *Starch/Starke*, 66: 959-967.
- Singh N., Singh J., Kaur L., Sodhi N.S., Gill B.S., 2003. Morphological, Thermal and Rheological Properties of Starches from Different Botanical Sources. *Food Chemistry*, 81: 219-231.
- Singh N., Sandhu K.S., Kaur M., 2004. Characterization of Starches from Indian Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars, *Journal of Food Engineering*, 63: 441-449.
- Soria A.C., Villamiel M., 2010. Effect of Ultrasound on the Technological Properties and Bioactivity of Food: A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 21: 323-331.
- Sujka M., Jamroz J., 2013. Ultrasound-Treated Starch: SEM and TEM Imaging, and Functional Behavior. *Food Hydrocolloids*, 31: 413-419.
- Şimşek S., Tülbek M.Ç., Yao, Y., Schatz, B., 2009. Starch Characteristics of Dry Peas (*Pisum sativum* L.) Grown in the USA, *Food Chemistry*, 115: 832-838.

- Tao Y., Sun D.W., 2015. Enhancement of Food Processes by Ultrasound: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55: 570-594.
- Tharanathan R.N., Mahadevamma S., 2003. Grain Legumes — A Boon to Human Nutrition. *Trends in Food Science and Technology*, 14: 507-518.
- Tovar J., Melito Y., 1996. Steam-Cooking and Dry Heating Produce Resistant Starch in Legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (9): 2642-2645.
- TÜİK, 2015. 2 Nisan 2016. (http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001).
- Türkmen F., 2012. Yüksek Güçlü Ultrases İşleminin Sütün Fizikokimyasal ve Jelleşme Özelliklerine. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Ulusoy K., Karakaya M., 2011. Gıda Endüstrisinde Ultrasonik Ses Dalgalarının Kullanımı. *Gıda*, 36 (2): 113-120.
- Vasic M.A., Tepic A.N., Mihailovic V.M., Mikic A.M., Gvozdanovic-Varga1 J.M., Sumic Z.M., Todorovic V.J., 2012. Phytic Acid Content in Different Dry Bean and Faba bean Landraces and Cultivars. *Romanian Agricultural Research*, 29: 79-85.
- Vojtiskova P., Svec P., Kracmar S., 2013. Content of Amino Acids and Minerals in Selected Sorts of Legumes. *Scientific Journal for Food Industry*, 7 (1): 13-140.
- Wang L., Wang Y.J., 2004a. Rice Starch Isolation by Neutral Protease and High-Intensity Ultrasound. *Journal of Cereal Science*, 39: 291-296.
- Wang L., Wang Y.J., 2004b. Application of High-Intensity Ultrasound and Surfactants in Rice Starch Isolation. *Cereal Chemistry*, 81 (1): 140-144.
- Wang N., Hatcher D.W., Toews R., Gawalko E.J., 2009. Influence of Cooking and Dehulling on Nutritional Composition of Several Varieties of Lentils (*Lens culinaris*). *Food Science and Technology*, 42: 842-848.
- Xu B.J., Chang S.K.C., 2007. A Comparative Study on Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Legumes as Affected by Extraction Solvents. *Journal of Food Science*, 72 (2): 159-166.

- Yu S., Zhang Y., Ge Y., Zhang Y., Sun T., Jiao Y., Zheng X. Q., 2013. Effects of Ultrasound Processing on the Thermal and Retrogradation Properties of Nonwaxy Rice Starch. *Journal of Food Process Engineering*, 36: 793-802.
- Zhang Z., Niu Y., Eckhoff S.R., Feng H., 2005a. Sonication Enhanced Corn Starch Separation. *Starch/Starke*, 57: 240-245.
- Zhang Z., Feng H., Niu Y., Eckhoff, S.R., 2005b. Starch Recovery from Degermed Corn Flour and Hominy Feed Using Power Ultrasound. *Cereal Chemistry*, 82 (4): 447-449.
- Zhu J., Li L., Chen L., Li X., 2012. Study on Supramolecular Structural Changes of Ultrasonic Treated Potato Starch Granules. *Food Hydrocolloids*, 29: 116-122.
- Zuo J.Y., Knoerzer K., Mawson R., Kentish S., Ashokkumar M., 2009. The Pasting Properties of Sonicated Waxy Rice Starch Suspensions. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16: 462-468.
- Zuo Y.Y.J., Hebraud P., Hemar Y., Ashokkumar M., 2012. Quantification of High-Power Ultrasound Induced Damage on Potato Starch Granules using Light Microscopy. *Ultrasonics Sonochemistry*, 19: 421-426.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Melis KARAMAN

Doğum Yeri : Şişli/İSTANBUL

Doğum Tarihi : 18/06/1992

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

1. Uluslararası 15 th International Cereal and Bread Congress’ de bir adet sözlü ve iki adet uluslararası bildirim bulunmaktadır.

c) Katıldığı Projeler

1. Ultrases uygulamasının bazı bakliyat çeşitlerinde nişasta üretimine, yapısına ve kepek bileşenlerine etkisinin incelenmesi ve bakliyat kepeklerinin erişte üretiminde kullanım olanaklarının araştırılması. TÜBİTAK (213O095)

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : -

İLETİŞİM

E-posta Adresi : karamanmelis@hotmail.com