



**T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**AT KESTANESİ VE MEŞE PALAMUDUNDAN FARKLI
YÖNTEMLER İLE NİŞASTA ÜRETİMİ VE ÜRETİLEN
NİŞASTALARIN ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ**

ZEYNEP İNATÇI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Dr. Öğr. Üyesi Ali CİNGÖZ

TOKAT-2023



**Bu tez çalışması;
Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2022/27 nolu proje ile
desteklenmiştir.**

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Ali CİNGÖZ danışmanlığında hazırlamış olduğum “**At Kestanesi ve Meşe Palamudundan Farklı Yöntemler ile Nişasta Üretimi ve Üretilen Nişastaların Özelliklerinin Tespiti**” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

07/11/2023
Zeynep İNATÇI

JÜRİ KABUL VE ONAY

Zeynep İNATÇI tarafından hazırlanan “**At Kestanesi ve Meşe Palamudundan Farklı Yöntemler ile Nişasta Üretimi ve Üretilen Nişastaların Özelliklerinin Tespiti**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 07/11/2023 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzası

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ali CİNGÖZ (Danışman) :

Üye : Doç. Dr. Abdulvahit SAYASLAN

Üye : Doç. Dr. Mustafa BAYRAM

ONAY

...../...../.....

Doç. Dr. Yusuf TEMÜR
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında yardımını ve katkılarını esirgemeyerek sabır ve anlayışla bana destek olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ali CİNGÖZ'e en içten dileklerle teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tüm bu çalışmalar boyunca maddi manevi desteklerini eksik etmeyen ve her daim yanımda olan anneme, babama, eşime ve kardeşlerime teşekkürlerimi sunarım.

ZEYNEP İNATÇI

07/11/2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AT KESTANESİ VE MEŞE PALAMUDUNDAN FARKLI YÖNTEMLER İLE NİŞASTA ÜRETİMİ VE ÜRETİLEN NİŞASTALARIN ÖZELLİKLERİNİN TESPİTİ

ZEYNEP İNATÇI

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ ALİ CİNGÖZ)

Park ve bahçe atığı olan at kestanesi (*Aesculus hippocastanum*) meyvelerinin ve orman atığı olan meşe (*Quercus ithaburensis*)'nin meyvesi olan palamudunun ekonomiye kazandırılması ve katma değeri yüksek ürün elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda toplanan at kestanelerinden alkali ve ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi, meşe palamudundan ise klasik ve ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi ile nişasta üretimi gerçekleştirilmiştir. Nişasta üretimi çok değişkenli cevap yüzey yöntemi D-optimal tasarımı kullanılarak optimize edilmiştir. Optimum noktada üretilen nişastaların kimyasal (toplam nişasta, protein, yağ, kül, glikozit vb.), fonksiyonel (su ve yağ tutma, şişme, bulanıklık, sediment hacmi vb) ve termal (FT-IR, XRD spektrumları, TGA, SEM görüntüleri) özellikleri tespit edilmiştir. At kestanesinden ultrason destekli nişasta ekstraksiyon yönteminin yağ ve su tutma kapasitelerinde, şişme gücünde ve sediment hacminde artışa neden olduğu ayrıca ultrason destekli yöntemin ışık geçirgenliği ve sineresis değerlerinde artışa donma çözünme stabilitesinde ise azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Alkali yöntem ile üretilen nişastalar minimum %6 konsantrasyonda jel oluştururken, ultrason destekli yöntem ile üretilen nişastalar minimum %12 konsantrasyonda jel oluşturmaktadır. Alkali ve ultrason destekli yöntemler nişastaların termal özelliklerinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Ayrıca ultrason destekli yöntem nişastaların molekül boyutlarını küçültmüş ve birbirlerine yapışık hale getirmiştir. Meşe palamudundan ultrason destekli nişasta ekstraksiyon yönteminin yağ ve su tutma kapasitelerinde, şişme gücünde ve sediment hacminde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ultrason destekli yöntemin ışık geçirgenliği değerlerinde artışa, donma çözünme stabilitesinde ise azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Klasik yöntem ile üretilen nişastalar minimum %18 konsantrasyonda jel oluştururken, ultrason destekli yöntem ile üretilen nişastalar minimum %14 konsantrasyonda jel oluşturmaktadır. Bu çalışma ile nişasta üretiminde alternatif hammadde kaynağı belirlenmiştir. Ayrıca üretilen nişastaların model gıda sistemleri içinde kullanımı içinde temel oluşturma niteliğindedir.

2023, 57 SAYFA

Anahtar Kelimeler: At kestanesi, Meşe palamudu, Nişasta, Termal özellikler

ABSTRACT

MASTER THESIS

PRODUCTION OF STARCH FROM HORSE CHESTNUT AND ACORN WITH DIFFERENT METHODS AND DETERMINATION OF THE PROPERTIES OF THE STARCHES PRODUCED

ZEYNEP İNATÇI

**TOKAT GAZİOSMANPAŞA UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASST. PROF. DR. ALİ CİNGÖZ)

It was aimed to economize the fruits of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*), which is park and garden waste, and acorns, which are the fruits of oak (*Quercus ithaburensis*), which is forest waste, and to obtain high value-added products. For this purpose, alkaline and ultrasound-assisted extraction methods were used for starch production from horse chestnuts and classical and ultrasound-assisted extraction methods were used for starch production from acorns. Starch production was optimized using the multivariate response surface method D-optimal design. Chemical (total starch, protein, fat, ash, glycoside, etc.), functional (water and oil retention, swelling, turbidity, sediment volume, etc.) and thermal (FT-IR, XRD spectra, TGA, SEM images) properties of starches produced at the optimum point were determined. It was determined that the ultrasound-assisted starch extraction method from horse chestnut caused an increase in oil and water retention capacities, swelling power and sediment volume, and the ultrasound-assisted method caused an increase in light transmittance and cineresis values and a decrease in freeze-thaw stability. Starches produced by the alkaline method formed gels with a minimum concentration of 6%, while starches produced by the ultrasound-assisted method formed gels with a minimum concentration of 12%. Alkaline and ultrasound-assisted methods did not cause a significant change in the thermal properties of starches. In addition, the ultrasound-assisted method reduced the molecular size of the starches and made them stick to each other. It was determined that the ultrasound-assisted starch extraction method from acorns caused an increase in oil and water retention capacities, swelling power and sediment volume. It was also found that the ultrasound-assisted method caused an increase in light transmittance values and a decrease in freeze-thaw stability. While starches produced with the classical method formed gels with a minimum concentration of 18%, starches produced with the ultrasound-assisted method formed gels with a minimum concentration of 14%. With this study, an alternative raw material source in starch production was determined. It is also a basis for the use of starches produced in model food systems.

2023, 57 PAGE

Keywords: Horse chestnut, Acorns, Starch, Thermal properties

İÇİNDEKİLER

ETİK SÖZLEŞME.....	ii
JÜRİ KABUL VE ONAY	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLO LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Nişasta.....	3
2.2. Gıda Endüstrisinde Nişasta ve Kullanım Alanları	5
2.3. At Kestanesi (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	5
2.3.1. At Kestanesinde Bulunan Bileşikler	6
2.4. Meşe Palamudu (<i>Quercus ithaburensis</i>).....	7
2.4.1. Meşe Palamudunun Besin Değeri.....	8
2.5. Yapılan Çalışmalar	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM	12
3.1. Materyal.....	12
3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. Kimyasal Analiz	12
3.2.2. Nişasta Ekstraksiyonu.....	12
3.2.3. Deneysel Tasarım ve Cevap Yüzey Metodu (Response Surface Methodology RSM) ile Ekstraksiyon Koşullarının Optimizasyonu	15
3.2.4. Kurumadde Analizi.....	15
3.2.5. Kül Analizi.....	16
3.2.6. Yağ Analizi	16
3.2.7. Protein Analizi	16
3.2.8. pH Ölçümü.....	16
3.2.9. Renk Değerlerinin Ölçümü	16
3.2.10. Su ve Yağ Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi	17
3.2.11. Minimum Jel Oluşturan Konsantrasyonun (MJOK) Belirlenmesi	17
3.2.12. Saponin Varlığı Analizi	18

3.2.13. Glikozit Varlığı Analizi	18
3.2.14. Kütle Yoğunluğu.....	18
3.2.15. Bulanıklık.....	18
3.2.16. Sediment Hacmi.....	18
3.2.17. Işık Geçirgenliği	19
3.2.18. Sineresis	19
3.2.19. Donma Çözünme Stabilitesi	19
3.2.20. Nişastanın Granül Yapısının Belirlenmesi	19
3.2.21. Spesifik Özgül Çevirme.....	19
3.2.22. Şişme Gücü ve Çözünürlük	20
3.2.23. Nişastaların Termoplastik Özelliklerinin Tespiti.....	20
3.3. İstatistiksel Analiz.....	22
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	23
4.1. At Kestanesi Nişastasının Özellikleri	23
4.2. Meşe Palamudu Nişastasının Özellikleri	34
5. SONUÇ.....	47
6. KAYNAKLAR.....	49
7. ÖZGEÇMİŞ.....	57

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Amilozun yapısı.....	4
Şekil 2.2 Amilopektinin yapısı.....	4
Şekil 4.1 At keşanesi nişastası üretim verilerini tahmin etmek için yanıt yüzey grafikleri.....	25
Şekil 4.2 At keşanesi nişastasının FTIR spektrumları (A-HCS: Alkali yöntemle elde edilmiş nişasta, U-HCS: Ultrason destekli yöntemle elde edilmiş nişasta).....	31
Şekil 4.3 At keşanesi nişastasının TGA kurveleri.....	32
Şekil 4.4 At keşanesi nişastasının XRD spektrumları.....	33
Şekil 4.5 At keşanesi nişastasının mikroskopik görüntüsü.....	33
Şekil 4.6 At keşanesi nişastalarının kırılma yüzeylerinin SEM mikrografları.....	34
Şekil 4.7 Meşe palamudu nişastası optimizasyon verileri.....	37
Şekil 4.8 Meşe palamudu nişastası optimizasyon verileri.....	38
Şekil 4.9 Meşe palamudu nişastasının FTIR spektrumları (A-HCS: Alkali yöntemle elde edilmiş nişasta, U-HCS: Ultrason destekli yöntemle elde edilmiş nişasta).....	44
Şekil 4.1 Meşe palamudu nişastasının TGA kurveleri.....	44
Şekil 4.11 Meşe palamudu nişastasının XRD spektrumları	45
Şekil 4.12 Meşe palamudu nişastasının mikroskopik görüntüsü.....	45
Şekil 4.13 Meşe palamudu nişastalarının kırılma yüzeylerinin SEM mikrografları.....	46

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 Bazı bitkisel kaynakların nişasta içerikleri.....	4
Tablo 2.2 Nişastanın Farklı Sektörlerde Bazı Kullanım Alanları.....	5
Tablo 2.3 At keşanesinin ortalama bileşimi.....	6
Tablo 2.4 Meşe palamudunun ham besin maddeleri içeriği.....	8
Tablo 4.1 At keşanesi ve meşe palamutlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	23
Tablo 4.2 At keşanesi nişasta verimi için varyans analizi sonuçları.....	24
Tablo 4.3 At keşanesinden nişasta ekstraksiyonunun deneysel tasarım analiz sonuçları.....	25
Tablo 4.4 At keşanesi nişastasının kimyasal bileşimi.....	27
Tablo 4.5 At keşanesi nişastasının fonksiyonel özellikleri.....	28
Tablo 4.6 At keşanesi nişastasının ışık geçirgenliği, donma/çözünme stabilitesi ve sineresis değeri.....	29
Tablo 4.7 At keşanesi nişastasının minimum jel oluşturma konsantrasyon değeri.....	30
Tablo 4.8 Meşe palamudu nişastası verimi için varyans analizi.....	35
Tablo 4.9 Meşe palamudundan nişasta ekstraksiyonunun deneysel tasarımına ait analiz sonuçları.....	36
Tablo 4.10 Meşe palamudu nişastasının kimyasal bileşimi.....	38
Tablo 4.11 Meşe palamudu fonksiyonel özellikleri.....	39
Tablo 4.12 Meşe palamudu nişastasının ışık geçirgenliği, donma/çözünme stabilitesi ve sineresis değeri.....	41
Tablo 4.13 Meşe palamudu nişastasının minimum jel oluşturma konsantrasyon değeri.....	43

SİMGELER VE KISALTMALAR

FDA : Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi

FTIR : Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi

GI : Glikoz indeks

RS : Dirençli nişasta

SEM : Taramalı elektron mikroskobu

TGA : Termal Gravimetrik Analiz

XRD : X ışını difraksiyonu

YSN : Sindirilebilir nişasta

WHO : Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve daralan tarım arazileri nedeniyle hammadde sorunu yaşanmaktadır. Orman ürünlerinin katma değerinin arttırılması, atık ve artıkların geri dönüşüme kazandırılması her geçen gün önem kazanmaktadır (Hafizoğlu, 1982). Bitki florası olarak zengin bir coğrafyada bulunan ülkemizin mevcut otsu ve odunsu bitki sayısı 9000'e kadar ulaşmakta olup biyoçeşitlilik açısından önemli bir konumda yer almaktadır (Yaltırık, 1988). Bu çeşitlilik yeni hammadde kaynakları sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Fonksiyonel gıdalara olan talebin artması, tüketicilerin bilinçlenmesi ve bilgi ağının büyümesi gibi nedenler alternatif ürün arayışını hızlandırmaktadır. Ayrıca biyoaktif bileşence zengin hammadde kaynaklarına yönelim artmaktadır (Rahim ve Ova, 2017).

Ülkemizde at kestanesi ve meşe palamutları sıklıkla bulunan hammadde kaynaklarıdır. At kestanesi gürgen ailesinden olan bir ağaç türü olup bu ağacın meyvesi sert bir kabukla kaplı ve içinde yenilebilir bir tohum bulundurmaktadır. Meşe palamudu ise meşe ağaçlarının meyvesi olan sert kabuklu tohumlardır. Meşe ağaçları yaprak döken ağaçlar olup dünya genelinde birçok farklı türü bulunmaktadır. Meşe palamudu, bu ağaçların meyvesi olan ve toprak altında büyüyen tohumlar olarak nitelendirilmiştir (Çizgen ve ark., 2018). Meşe palamutları yaban hayvanları için de önemli bir besin kaynağıdır ve doğal yaşam alanlarında yaygın olarak bulunmaktadır. İnsanlar tarafından meşe palamutları, yemeklerde veya atıştırılabilirlik olarak tüketilmektedir. At kestanesi ve meşe palamudu nişasta açısından zengin meyvelerdir (Polat ve ark., 2017; Takahashi ve ark., 2017)

Nişasta, yeşil bitkilerde fotosentez sonucunda üretilen ve enerji rezervi olarak hayati bir öneme sahip bir bileşendir. Ayrıca insan tüketimi için önemli bir karbonhidrat kaynağıdır (Torrence ve Barton, 2016). Başlıca tahıllardan, köklerden ve yumrulardan elde edilmektedir. Dünyada 2022 yılında yaklaşık 134 milyon ton nişasta üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2023). Mısır (*Zea mays*), buğday (*Triticum aestivum*), çavdar (*Secale cereale*), arpa (*Hordeum vulgare*), pirinç (*Oryza sativa*) gibi tahıllar ve bezelye (*Pisum sativum*) gibi baklagil türleri nişasta üretiminin ana kaynakları olarak

değerlendirilmektedir. Ayrıca nişasta patateslerden (*Solanum tuberosum*) ve manyoktan (*Manihot esculenta*) elde edilmektedir. Tahılların % 60-80 arasında; kök ve yumru bitkilerin % 60-90 arasında; baklagillerin ise % 25-50 arasında nişasta içeriğine sahip olduğu rapor edilmektedir (Karagöl, 2018; Kılınççeker, 2019).

Nişasta, gıda endüstrisinde donmuş gıdalarda, çorbalarda, soslarda, hamur işlerinde kullanıldığı gibi çeşitli endüstriyel amaçlar doğrultusunda kaplama malzemesi olarak geniş bir uygulama alanına sahiptir (Egharevba, 2019). Özellikle kâğıt üretim sektöründe, dayanıklılığı arttırmada ve baskı kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır (Sharma ve ark., 2020). İlaç endüstrisinde ise kapsül ve tabletlerin suda çözünmesinde (Porwal ve ark., 2022), inşaat sektöründe çimentonun katkı maddesi olarak, boyalarda ve yangına dayanıklı duvar kağıtlarında dayanıklılığı artırıcı madde olarak kullanılmaktadır (Afroz, 2018).

Meşe palamudu (*Quercus ithaburensis*) ve at kestanesinden (*Aesculus hippocastanum*) nişasta üretimi ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Bu tez kapsamında meşe palamudu (*Q. ithaburensis*) ve at kestanesinden (*A. hippocastanum*) iki farklı yöntemle nişasta üretilmesi, nişasta üretiminin optimizasyonun yapılması ve ideal üretim koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla meşe palamudu (*Quercus ithaburensis*) ormanlık alanlardan ve at kestanesi (*A. hippocastanum*) ise park ve bahçelerden toplanmış ve alkali, klasik ve ultrasonik destekli olmak üzere 3 farklı yöntemle nişasta üretimi ve üretim koşullarının optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen nişastaların kimyasal, fonksiyonel ve termal özellikleri tespit edilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Nişasta

Nişasta glikoz ünitelerinin bir araya gelmesi ile oluşan dallı yapıdaki bir polisakkarittir. Tüm yeşil bitkiler tarafından üretilen beyaz, granüler, organik bir kimyasal olan nişasta soğuk su, alkol veya diğer çözücülerde çözünmeyen, yumuşak, beyaz, tatsız bir toz şeklindedir. Bir nişasta molekülünün temel kimyasal formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ şeklinde gösterilmektedir. Enerji depolama polisakkarit formu olarak moleküler yapısı amiloz ve amilopektin adı verilen iki ana bileşenden oluşmaktadır (Visakh ve ark., 2012). Bitki hücrelerinde fotosentez sonucu üretilen glikoz moleküllerinin bir araya gelmesi ile nişasta sentezi gerçekleşmektedir. Nişasta sentezi iki spesifik organel olan yeşil yapraklardaki kloroplastlarda ve köklerdeki amiloplastlarda gerçekleşmektedir (Tester ve ark., 2004). Kloroplastta nişasta üretimi günlük olarak gerçekleşmekte ve kullanılmaktadır. Amiloplastlar tarafından üretilen nişastalar ise depolanmaktadır. Tahıllarda nişasta sentezinin ve depolanmasının ana yeri endospermdir (Smith, 2001).

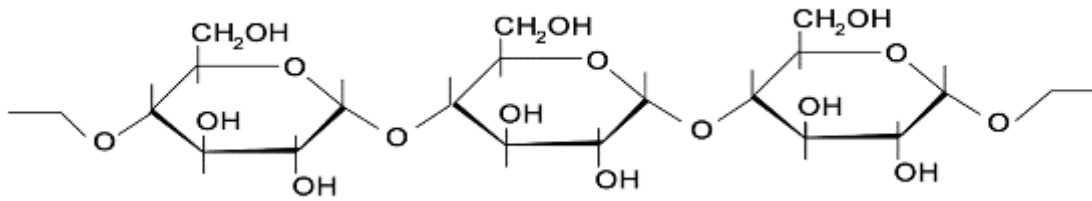
Başlıca nişasta kaynakları, tahıllar (% 40-90), kökler (% 30-70), yumrular (% 65-85), baklagiller (% 25-50) ve muz veya mango gibi bazı olgunlaşmamış meyvelerdir (Santana ve ark., 2014). Nişastanın kaynaklarının çeşitliliği nedeniyle farklı iklimlerde ve toprak tiplerinde yetişen bitkilerden elde edilmektedir. Nişastanın bazı bitkisel kaynaklarındaki içeriği Tablo 2.1’de sunulmuştur (Santana ve ark., 2014).

Farklı bitki dokularındaki nişasta granüllerinin düzeni, biçimi, boyutu, yapısı ve bileşimi her bitki türü için farklıdır (Smith, 2001). Bitki hücreleri tarafından üretilen nişasta, amilopektin ve amiloz olmak üzere iki tür polimer içermektedir. Amilopektin, α -1,4 glikozidik bağlarla bağlı düz zincir yapıya α -1,6 bağlarla bağlanan dallanan bir yapıya sahiptir. Tipik bir nişasta molekülünün % 70-85’ini oluşturmaktadır (Durrani ve ark., 1995). Amiloz; α -1,6 dallanma noktalarına sahip doğrusal bir α -1,4 glukoz zinciri olup nişastanın % 15-30’unu oluşturmaktadır (Jenkins ve ark., 1993).

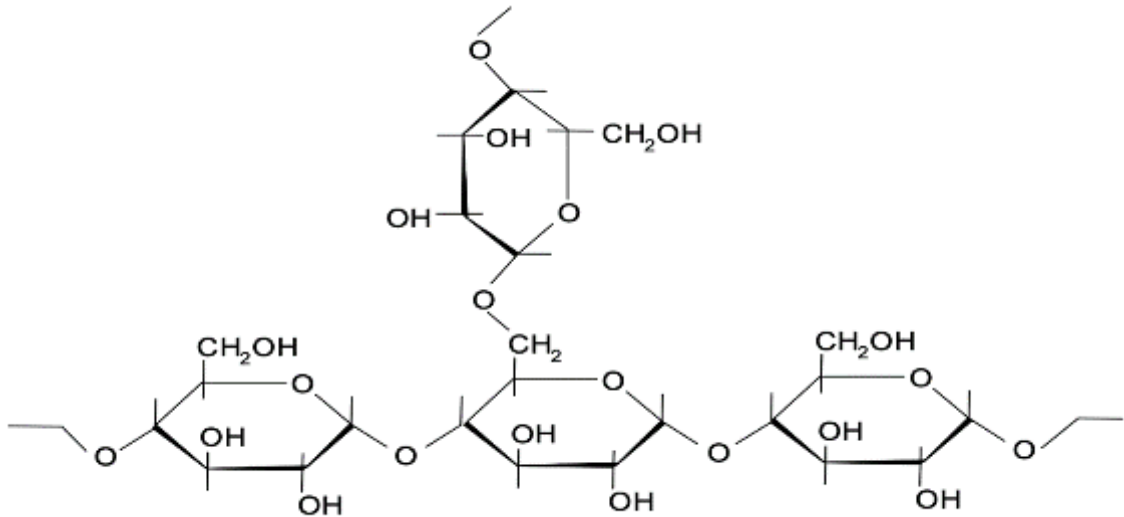
Tablo 2.1. Bazı bitkisel kaynakların nişasta içerikleri.

Kaynak	Tür ismi	Nişasta içeriği (% kuru ağırlık)
Buğday	<i>Triticum aestivum</i>	65.03
Mısır	<i>Zea mays</i>	70.30
Çavdar	<i>Secale cereale</i>	56.00
Arpa	<i>Hordeum vulgare</i>	55.00
Pirinç	<i>Oriza. sativa</i>	87.70
Patates	<i>S. tuberosum</i>	23.65
Bezelye	<i>P. sativum</i>	40.00
Kassava	<i>M. esculenta</i>	84.00

Amiloz ve amilopektin yapısal formülü Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Amilozun yapısı (Gök, 2008)



Şekil 2.2. Amilopektinin yapısı (Gök, 2008)

2.2. Gıda Endüstrisinde Nişasta ve Kullanım Alanları

Nişasta, gıda endüstrisinde ürünlerin kıvamını, dokusunu ve besin içeriğini iyileştirmek ve optimize etmek için kullanılan önemli bir bileşendir. Nişastanın farklı sektörlerde bazı kullanım alanları Tablo 2.2’de sunulmuştur.

Tablo 2.2. Nişastanın Farklı Sektörlerde Bazı Kullanım Alanları (Gönül, 1978)

Sektör	Ürün/Materyal	Kaynak
Gıda	Dondurulmuş yiyecekler, mayonezler ve soslar, bebek mamaları, unlu mamuller, alkolsüz içecekler, süt ürünleri, konserveler	Ölçer ve Akın, 2008; Singh ve ark., 2010
Plastik	Az yoğunlukta, biyolojik olarak parçalanabilir plastikler	Santelia ve ark., 2011; Kılınççeker, 2019
Eczacılık-Kozmetik	Tabletler, toz pudra, kremler	Ölçer ve Akın, 2008; Kılınççeker, 2019
İnşaat	Beton ve yanmaya dayanıklı duvar kâğıdı	Ölçer ve Akın, 2008
Tekstil	Kumaş, iplik, dokuma ve baskı	Ölçer ve Akın, 2008; Kılınççeker, 2019
Kâğıt	Oluklu mukavva, karton, yapıştırıcı ve çocuk bezi	Ölçer ve Akın, 2008
Petrol	Sondaj işleminde viskozite ayarlama ve sürtünmeyi azaltma	Kılınççeker, 2019

2.3. At Kestanesi (*Aesculus hippocastanum*)

At kestanesi (*Aesculus hippocastanum*), akçaağaçgiller (Sapindaceae) familyasından bir ağaç türüdür. Cins adı olarak *Aesculus* terimi latince besin anlamına gelen "esca" sözcüğünden köken almaktadır (Pavlovic ve ark., 2017). Genellikle büyük yapraklı ağaçlar arasında sınıflandırılmaktadır. Geniş yaprakları, dikkat çekici çiçek ve meyve özellikleri ile tanınmaktadır (Savill, 2019). At kestanesinin yaprakları geniş ve avuç içine benzer bir yapıya sahip olup 5-7 büyük yaprakçıktan oluşmakta ve yapraklar parlak yeşil renkte, kenarları dişli şekildedir. Büyük ve hoş kokulu beyaz çiçekler

taşımakta, uzun salkımlar halinde bulunmakta ve genellikle ilkbaharda açmaktadır (Press, 2016). *A. hippocastanum* türünün “kestane” olarak bilinen meyveleri dikenli kapsüller şeklindedir. Kestane şeklindeki tohumlar kahverengi renkte ve parlak bir yüzeye sahiptir. Yaklaşık 1-4 cm çapta bulunmaktadır (Serdar ve ark., 2014; Akyüz ve ark., 2020). Yetişkin bir at kestanesi ağacı genellikle 20-30 metre yüksekliğe ulaşmaktadır. *A. hippocastanum*, ılıman iklim bölgelerinde yaygın olarak bulunmakla birlikte Orta ve Doğu Avrupa, Batı Asya ve Kuzeybatı İran’da doğal olarak yetişmekte olup anavatanı Hindistan’dır (Musolin ve ark., 2022).

2.3.1. At Kestanesinde Bulunan Bileşikler

At kestanesinin köklerinde, tohum kısımlarında, yapraklarında ve çiçeklerinde önemli biyoaktif bileşenlerin içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir. Bu biyoaktif bileşenlerin en başında “aescin” olup ağaç kabuğunda bulunmaktadır. Çiçek kısımlarında kumarin, esculin, aescultein, allantoin, kuersetin gibi glikozitler bulunmaktadır. Tohumları ise rutin, kuersitrin, aescin, kolin gibi bileşikler içermektedir (Karatoprak, 2019; Bielarska ve ark., 2022). Bunların yanı sıra at kestanesi bitkisinin içeriğinde 200’ün üzerinde biyoaktif bileşenin bulunduğu bildirilmektedir. Bunlardan en baskın grup flavon grubu olup bu grup içerisinde yer alan rutin bulunmaktadır. Glikozit grubundan aesculin ve esculin, saponinler grubundaki aescin ve escin, vitaminlerden B1 vitamini, C vitamini ve K vitamini içeriğin yapısının daha da zenginleşmesini sağlamıştır (Nemethy ve ark., 2020; Owczarek-Januszkiewicz ve ark., 2023). At kestanesinin ortalama bileşimi Tablo 2.3’te sunulmuştur.

Tablo 2.3. At kestanesinin ortalama bileşimi

Bileşenler	Oran (%)
Protein	5.7-6
Nişasta	30-40
Yağ	5.5-7.7

2.4. Meşe Palamudu (*Quercus ithaburensis*)

2012 yılı itibariyle Türkiye'deki ormanlık alan miktarı 21.7 milyon hektara ulaşarak toplam arazi alanının %27.7'sini oluşturduğu bildirilmiştir. Meşe, kayın, gürgen, kestane, kızılğaç gibi ağaç türlerini içeren yapraklı ormanlar, tüm ormanlık alanın %35'ini oluşturmaktadır (Inanç ve Ayaz, 2018). Kızılçam, karaçam, sarıçam, sedir, köknar, ardıç gibi ağaç türlerinin de içinde bulunduğu iğne yapraklı ormanlar % 54'ü, karışık iğne yapraklı ormanlar ise geri kalan % 11'i oluşturduğu rapor edilmiştir (Inanç ve ark., 2018). Bu ormanlık bölgeler arasında meşe ağaçları en büyük ikinci dağılım alanına sahip türdür (Nixon, 2006). Kayacık (1977) tarafından bildirildiği üzere, Türkiye'de *Quercus L.* cinsine ait 30'dan fazla taksonu ormanlık alanları içerisinde barındırmaktadır.

Türkiye ormanlarında yaygın olan *Quercus L.* (meşe) türü, kuzey yarımkürenin ılıman ve tropik bölgelerindeki yüksek dağlık bölgelerde iki yüzden fazla tür, çok sayıda alt tür, varyete ve doğal hibrit barındıran geniş ormanlık bölgelerde gelişmektedir. Dünyada 450 meşe türü bulunurken, Türkiye dördü endemik olmak üzere 18 meşe türüne ev sahipliği yapmaktadır (Yaltırık, 1984; Özer, 1998). Türkiye'de meşeler beyaz, kırmızı ve dökmeyen meşeler olarak üç ana gruba ayrılmaktadır (Kayacık, 1977). Orman genel müdürlüğü 2022 verilerine göre Türkiye'de meşe ormanlarının dağılımı genel alan içerisinde 6.7 milyon hektar olup, bu miktarın 2.6 milyon hektarı normal kapalı koru, 4.1 milyon hektarı boşluklu kapalı koru ormanı niteliğinde olduğu belirtilmektedir.

Meşeler, odun anatomileri, meyvelerin olgunlaşma süresi, yaprak ve kabuk özelliklerine göre üç grupta sınıflandırılmaktadır. Akmeşe grubu, saplı meşe (*Quercus robur*), sapsız meşe (*Quercus petraea*), Istranca meşesi (*Quercus hartwissiana*), Macar meşesi (*Quercus frainetto*), kasnak meşesi (*Quercus Vulcanica*), doğu karadeniz meşesi (*Quercus pontica*), mazı meşesi (*Quercus infectoria*), tüylü meşe (*Quercus pubescens*) ve İspir meşesi (*Quercus macranthera*) gibi türlerden oluşur. Kırmızı meşeler ise, Lübnan meşesi (*Quercus libani*), Makedonya meşesi (*Quercus trojana*), saçlı meşe (*Quercus cerris*), İran palamut meşesi (*Quercus brantii*) ve Anadolu palamut meşesinden (*Quercus ithaburensis*) meydana gelmektedir (Umachigi ve ark., 2008).

Quercus ithaburensis olarak bilinen palamut meşesi, geçmişte insanların beslenmesinde önemli bir rol üstlenmekte ve günümüzde hala insanlar ve hayvanlar tarafından yaygın şekilde tüketilen bir besin maddesi olarak ön plana çıkmaktadır.

2.4.1. Meşe Palamudunun Besin Değeri

Meşe palamut meyvelerinin kimyasal bileşen içerikleri türlere göre farklılık göstermekle birlikte ortalama % 31-59 nişasta, % 2.75-8.44 protein ve % 0.7-9 yağ içermektedir (Korus ve ark., 2015; Makhlouf ve ark., 2018; Vinha ve ark., 2020). Ayrıca meşe palamutlarının oleik ve linoleik asit (Li ve ark., 2015), kalsiyum, magnezyum, fosfor ve potasyum, A, B₁, B₂ ve B₃ vitaminlerini de içerdiği bildirilmiştir (Rybicka ve Gliszczynska-Świgło, 2017). Yapılan çalışmalar meşe palamudunun zengin bir biyoaktif bileşen kaynağı olduğunu göstermektedir (Vinha ve ark., 2016; Makhlouf ve ark., 2018).

Tablo 2.4. Meşe palamudunun ham besin maddeleri içeriği (Kökten ve ark., 2017)

	Kurumadde (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Nişasta (%)
Taze kabuklu	60.3	3.5	2.0	1.6	50.4
Kuru kabuklu	86.9	6.2	3.7	2.6	69.9
Kuru soyulmuş	85.3	6.0	4.0	2.1	76.4

Son yıllardaki yapılan araştırmalar, meşe palamudunun ekmeklerde, keklerde, bisküvilerde, muffinlerde ve tatlı çeşitleri gibi çeşitli fırın ürünlerinde ayrıca kahve, sıcak çikolata ve likör gibi içecek türlerinde ve yağ üretim endüstrisinde kullanım alanı olduğunu göstermektedir (Korus ve ark., 2017; Szablowska ve Tańska, 2021; Castro ve ark., 2022). Meşe palamudunun meyveleri, polifenoller, gallik asit, tanenler gibi biyolojik olarak aktif bileşikler içermektedir. Bu nedenle fonksiyonel gıdaların hazırlanmasında katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Gezici, 2019). Endüstriyel olarak genellikle deri sektöründe kullanılan meşe palamudu, özellikle “Valeks” olarak

bilinen deri sepileme maddesi üretiminde önemli bir işlev görmektedir. Aynı zamanda meşe palamudu, köylerde yakacak olarak kullanılmakla birlikte büyükbaş hayvancılıkta yem olarak değerlendirilmektedir (Örnek, 2006; Çırakoğlu, 2008).



2.5. Yapılan Çalışmalar

Kuru meşe palamudunun besin içeriğinin belirlendiği çalışmada kabuklu palamutlarda nişasta oranının % 69.9 olduğu, soyulmuş palamutlarda ise % 76.4 olduğu tespit edilmiştir (Akyıldız, 1986). Ergül (1997) tarafından taze meşe palamudunda kabuk kısmının nişastasının miktarının % 49.3, kuru meşe palamutlarının ise kabuk kısmının % 70.6 ve iç kısımlarının nişastasının miktarının % 77.2 oranında olduğu belirtilmiştir.

Cappai ve ark., (2013) yaptığı araştırmada, *Q. ilex*, *Q. pubescens* ve *Q. suber* türlerine ait meşe palamutlarının nişasta içeriğinin sırasıyla % 52.7, % 51.2 ve % 53.5 olarak tespit etmişlerdir. Aynı araştırmada üç türe özgü morfolojik özellikler SEM görüntüleriyle gösterilerek *Q. ilex* türüne ait ¹³C-NMR spektrumu incelenmiştir. Yapılan analizlerin sonucu olarak 13 farklı tür meşe palamutlarının özelliklerinin de farklılıklar bulunduğu rapor edilmiştir.

Pasqualone ve ark., (2019) Cezayir'in doğu bölgesinde bulunan üç farklı meşe türünden (*Quercus ilex* L., *Quercus suber* L. ve *Quercus coccifera* L.) elde ettikleri unları kullanarak bisküvi üretimi gerçekleştirmiş ve üretilen bisküvilerin fizikokimyasal ve duyuşsal özelliklerini incelemişlerdir. Bisküvi üretiminde meşe palamudu unu kullanımının biyoaktif bileşen içeriğini arttırdığını ve duyuşsal özelliklerinde iyileşmelere neden olduğunu bildirmişlerdir.

Correia ve ark., (2009) *Q. suber* ve *Q. rotundifolia* türlerinin meyvelerinin kurutma aşamasında sıcaklığa bağlı olarak nişasta da meydana gelen değişimleri incelediği çalışmada kurutma sıcaklığının nişastanın morfolojik yapısını ve amiloz içeriğini değiştirdiğini rapor etmişlerdir.

İran'da yapılan bir araştırmada meşe palamudu unu ilave edilerek üretilen bisküvilerin antioksidan kapasitesinde artış ve peroksit değerlerinde azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Parsai ve ark., 2017).

Kestane ve meşe palamutlarından farklı yöntemler ile nişasta ekstraksiyonu yapılan çalışmada, dört farklı yöntem kullanılmış ve en etkili yöntemin alkali ekstraksiyon olduğu rapor edilmiştir. Bu yöntemin nişastanın özelliklerinin korumasını sağlayarak gıda üretim sistemlerinde kullanımının uygun olduğunu belirtmişlerdir (Correia ve Beirao-da-Costa, 2010). Benzer bir çalışmada kestane ve meşe palamutlarından hafif alkali ve enzimatik ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak nişasta üretimi sağlanmış ve hafif alkali ekstraksiyon yönteminin daha etkin olduğu belirlenmiştir (Correia ve ark., 2012).

Orman ürünü olan meşe palamudundan hidroksipropillenmiş nişasta üretimi üzerine yapılan çalışmada farklı parametrelerin optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve üretilen nişastaların kimyasal, termal vb. özellikleri incelenmiştir (Gönül, 2019).

Boukhelkhal ve Moulai-Mostefa (2017) yaptıkları çalışmada Cezayir’de yetişen meşe palamutlarından ekstrakte edilen nişastaların fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini belirlemişlerdir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemelerine göre nişasta granüllerinin çoğunlukla küresel veya oval bir şekil sergilediğini, bazen de yarım küre şeklinde olduğunu rapor etmişlerdir. Termal özelliklerine bakıldığında ve FT-IR incelemesinde nişastada OH, C-H, C-OH ve C-O-C gruplarının varlığını bildirmişlerdir.

Meşe palamutlarının kimyasal bileşiminin incelendiği çalışmada beş farklı meşe palamudunun nişasta içeriğinin % 60-68.1 arasında değiştiği bildirilmiştir. İncelenen türler arasında en yüksek nişasta içeriğine sahip türün ise *Q. infectoria* olduğu rapor edilmiştir (Kaya, 2012). Hint at kestanelerinin bileşimlerinin belirlendiği çalışmada kurutulmuş at kestanelerinin % 64.20 nişasta içerdiği rapor edilmiştir (Pradeep ve ark., 2019).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada nişasta ekstraksiyonu için at kestanesi (*A. hippocastanum*) ve meşe palamudu (*Q. ihaburensis*) kullanılmıştır. At kestanesi İstanbul ilinde park ve bahçelerden, meşe palamudu Diyarbakır ili Silvan ilçesi Bayrampaşa ve Karacalar köylerinden toplanmıştır. Örnekler kullanılıncaya kadar geçen sürede -18°C’de depolanmıştır. Kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır. Bu çalışmada kullanılan tüm kimyasallar Sigma Chemical Company (MO, ABD) veya Merck KGaA (Almanya) veya Alfa Aesar GmbH & Co KG (Almanya) firmalarından temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kimyasal analiz

Örneklerin nem ve kül içeriği sırasıyla AACC Standart Yöntem No. 44-01.01 ve 08-01.01’e göre belirlenmiştir (AACC, 2004). Toplam nişasta, Megazyme (Megazyme Ireland Ltd., Co.) K-TSTA kitleri kullanılarak AACC yöntemleri 76.13’e göre belirlenmiştir. Azot içeriğini belirlemek için mikro-kjeldahl yöntemi kullanılmıştır (AOAC, 2000). Ham yağ, kurutulmuş numunenin petrol eteri ekstraksiyonundan sonra Filtre Torbası XT4 tekniği kullanılarak bir Ankom XT10 ekstraksiyon sisteminde gravimetrik olarak belirlenmiştir (Ankom Technology inc., Macedon, NY) (Ankom, 2009). Her bir nişasta süspansiyonunun pH değeri dijital pH metre (Hanna, ABD) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.2. Nişasta ekstraksiyonu

Nişasta ekstraksiyonu öncesi at kestanesi ve meşe palamutlarına ön işlem uygulanmıştır. At kestanesi ve meşe palamutları kabuğundan ayrılmış ardından 3-4 mm kalınlığında parçalar halinde doğranmış ve % 0.5 potasyum metabisülfid ve % 1 sitrik asit çözeltisinde 30 dakika bekletilmiş ve 70°C’de 12 saat kurutulmuştur (Singh ve ark., 2008).

3.2.2.1. Alkali yöntemle ekstraksiyon

Nişasta üretiminde, dilimlenmiş ve kurutulmuş 100 g at keşanesi örneği, farklı hacimlerde (1:1, 1:2, 1:3) ve farklı NaOH oranlarında (% 0.25, % 0.50, % 1) ayarlanmış bazık su ile karıştırılmış ve +4°C’de farklı sürelerde (3-6-12 saat) ekstrakte edilmiştir. Süre sonunda karışım yüksek hızlı öğütücüde 5 dakika boyunca parçalanmış, 60 mikron gözenek boyutuna sahip çelik elekten süzölmüştür. Elek üştü 2-3 kez saf su ile yıkandıktan sonra elde edilen süzöntü 3000 rpm’de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi dört kez tekrarlanmış ve her tekrardan sonra distile su ile yıkanmıştır. Son santrifüj işleminden sonra elde edilen süpernatant büyük bir cam kaba alınmış, 40-50°C’de 24 saat boyunca etüvde kurutulmuş ve ardından öğütölerek kapalı kaplarda saklanmıştır (Rafiq ve ark., 2015). Verim aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Verim} = m_0/m \times 100$$

m_0 = g cinsinden kurutulmuş nişasta ağırlığı

m = g cinsinden kurutulmuş örneğ ağırlığı

3.2.2.2. Ultrason destekli yöntem ile ekstraksiyon – at keşanesi

At keşanesinden ultrasonik destekli nişasta ekstraksiyonu ultrasonik su banyosunda (Elmasonic, Almanya) gerçekteşirmiştir. Ultrasonun kaynağını gücü 37W’da sabit tutulmuştur. Nişasta üretiminde dilimlenmiş ve kurutulmuş 100 g örneğ farklı hacimlerde (1:1, 1:2, 1:3) ve farklı NaOH oranı (% 0.25, % 0.50, % 1) ile ayarlı bazık su ile karıştırılmış ve 40°C’de farklı sürelerde (30-60-90 dk) ekstrakte edilmiştir. Süre sonunda hazırlanan karışım yüksek hızlı parçalayıcıda 5 dk parçalandıktan sonra 60 mikron gözenek boyutuna sahip çelik elekten süzölmüş ve elek üştü 2-3 defa destile su ile yıkanmıştır. Elde edilen süzöntü 3000 rpm’de 15 dk santrifüje edilmiştir. Santrifüj işlemi 4 defa tekrarlanacak her tekrardan sonra saf su ile yıkama işlemi yapılmıştır. Son santrifüj işleminden sonra elde edilen süpernatant geniş bir cam kaba alınarak 40-50°C’lik etüvde 24 saat kurutulmuş ve ardından öğütölerek kapalı kaplarda depolanmıştır (Rafiq ve ark., 2015). Verim aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Verim} = m_0/m \times 100$$

m_0 = g cinsinden kurutulmuş nişasta ağırlığı

m = g cinsinden kurutulmuş örneğ ağırlığı

3.2.2.3. Klasik yöntemle ekstraksiyon

Meşe palamutlarından nişasta üretiminde, dilimlenmiş ve kurutulmuş 100 g meşe palamudu örneği, farklı hacimlerde (1:2, 1:3, 1:5) ve farklı sıcaklıklarda (+4, +25, +45°C) ve farklı sürelerde (3-6-12 saat) ekstrakte edilmiştir. Süre sonunda karışım yüksek hızlı öğütücüde 5 dakika boyunca parçalanmış, 60 mikron gözenek boyutuna sahip çelik elekten süzölmüştür. Elek üstü 2-3 kez distile su ile yıkandıktan sonra elde edilen süzöntü 3000 rpm’de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi dört kez tekrarlanmış ve her tekrardan sonra distile su ile yıkanmıştır. Son santrifüj işleminden sonra elde edilen süpernatant büyük bir cam kaba alınmış, 40-50°C’de 24 saat boyunca etüvde kurutulmuş ve ardından öğütölerek kapalı kaplarda saklanmıştır (Rafiq ve ark., 2015). Verim aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Verim} = m_0/m \times 100$$

m_0 = g cinsinden kurutulmuş nişasta ağırlığı

m = g cinsinden kurutulmuş örnek ağırlığı

3.2.2.4. Ultrason destekli yöntem ile ekstraksiyon – meşe palamudu

Meşe palamudundan ultrasonik destekli nişasta ekstraksiyonu ultrasonik su banyosunda (Elmasonic, Almanya) gerçekleştirmiştir. Nişasta üretiminde dilimlenmiş ve kurutulmuş 100 g örnek farklı hacimlerde (1:2, 1:3, 1:5), farklı ultrason kaynağı gücünde (25, 37, 45W) ve farklı sürelerde (30-60-120 dk) ekstrakte edilmiştir. Süre sonunda hazırlanan karışım yüksek hızlı parçalayıcıda 5 dk parçalandıktan sonra 60 mikron gözenek boyutuna sahip çelik elekten süzölmüş ve elek üstü 2-3 defa distile su ile yıkanmıştır. Elde edilen süzöntü 3000 rpm’de 15 dk santrifüje edilmiştir. Santrifüj işlemi 4 defa tekrarlanacak her tekrardan sonra saf su ile yıkama işlemi yapılmıştır. Son santrifüj işleminden sonra elde edilen süpernatant geniş bir cam kaba alınarak 40-50°C’lik etüvde 24 saat kurutulmuş ve ardından öğütölerek kapalı kaplarda depolanmıştır (Rafiq ve ark., 2015). Verim aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Verim} = m_0/m \times 100$$

m_0 = g cinsinden kurutulmuş nişasta ağırlığı

m = g cinsinden kurutulmuş örnek ağırlığı

3.2.3. Deneyisel tasarım ve cevap yüzey metodu (Response Surface Methodology RSM) ile ekstraksiyon koşullarının optimizasyonu

Tüm ekstraksiyon yöntemleri için optimizasyon çalışması yapılmıştır. Optimizasyon çalışmasında bağımsız değişkenler örnek/çözücü oranı, süre, çözücü NaOH oranı ve ultrasonik güç olarak belirlenmiştir. Bağımlı değişken ise nişasta verimi olarak alınmıştır. At kestanesinde alkali yöntemle nişasta ekstraksiyonunda bağımsız değişkenlerin örnek/çözücü oranı (1:1, 1:2, 1:3), çözücü NaOH oranı (% 0.25, % 0.50, % 1) ve süre (3-6-12 saat), ultrason destekli ekstraksiyon yönteminde ise bağımsız değişkenlerin örnek/çözücü oranı (1:1, 1:2, 1:3), çözücü NaOH oranı (%0.25, %0.50, %1) ve süre (30, 60, 90 dk) bakımından optimize edilmiştir. Meşe palamudundan klasik yöntemle nişasta ekstraksiyonunda bağımsız değişkenlerin örnek/çözücü oranı (1:2, 1:3, 1:5), ekstraksiyon sıcaklığı (+4, 25 ve 45°C) ve süre (3-6-12 saat), ultrason destekli ekstraksiyon yönteminde ise bağımsız değişkenlerin örnek/çözücü oranı (1:2, 1:3, 1:5), Ultrason gücü (25, 37 ve 45W) ve süre (30, 60, 90 dk) bakımından optimize edilmiştir. Optimizasyon için bir yanıt yüzey yöntemi olan D-optimal tasarımı kullanılmıştır. Elde edilen verilerin regresyon ve grafiksel analizi için Design- Expert V7 (Stat-Ease Inc., Minneapolis) programı kullanılmıştır. Fischer's testi model eşitliğini elde etmek için Student's t-test regresyon katsayılarının istatistiksel önemini bulmak için kullanılmıştır.

3.2.4. Kurumadde analizi

Nişasta örneklerinin kurumadde oranları gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Darası alınmış paslanmaz çelik kaplara (G₂) ikişer gram örnek (G₁) tartılarak 105±2°C'lik hava akımlı etüvde (Mettler 100-800, Schwabach, Almanya) 4 saat bekletilmiştir. Süre sonunda kaplar desikatöre alınıp sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiş ve ağırlıkları (G₃) belirlenerek yüzde (%) kurumadde miktarları aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (AACC, 2004).

$$\% \text{ Kurumadde} = [(G_3 - G_2) / G_1] \times 100$$

3.2.5. Kül analizi

Kül miktarının belirlenmesi örneklerin kül fırınında (Protherm PLF 115 M, Ankara, Türkiye) yakılmasıyla gerçekleştirilmiştir (AACC, 2004).

3.2.6. Yağ analizi

Nişasta örneklerinin yağ oranlarının belirlenmesi için 1-2 g örnek (G₃) darası alınmış kartuşlar içerisine tartılarak ağız kısımları yapıştırılmış ve yağ ekstraksiyon cihazının (Ankom XT10 Extractor, NJ, Amerika Birleşik Devletleri) haznesine konularak petrol eter ile 95°C’de 60-90 dakika süre ile ekstraksiyona bırakılmıştır. Ekstraksiyonu tamamlanan örnekler etüve alınarak 105±2°C’de kalıntı çözücünden arındırılmış ve desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır (G₁). Örneklerin % yağ içerikleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir (AOAC, 2000).

$$\% \text{ Yağ} = [(G_2 - G_1) / G_3] \times 100$$

3.2.7. Protein analizi

Elde edilen örneklerin protein içerikleri mikro kjeldahl yöntemi ile (AOAC, 2000) belirlenmiştir.

3.2.8. pH ölçümü

1 g nişasta örneği üzerine 25 mL destile su ilave edilmiş ve 10 dk manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra pH metre (Hanna HI-2020, ABD) ile ölçüm gerçekleştirilmiştir (Rafiq ve ark., 2015).

3.2.9. Renk değerlerinin ölçümü

Örneklerin L* (açıklık-koyuluk), a* (kırmızı-yeşil) ve b* (sarı-mavi) değerleri kolorimetre (Minolta, CR-300, NJ, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılarak ölçülmüştür. Cam petri içerisine 1 cm kalınlığında örnek yayılmış ve üç farklı noktadan ölçüm gerçekleştirilmiştir (Singh ve ark., 2009).

3.2.10. Su ve yağ tutma kapasitesinin belirlenmesi

Nişasta örneklerinin su ve yağ tutma kapasiteleri Wani ve ark. (2014) tarafından bildirilen yöntemle göre saptanmıştır. Su tutma kapasitesi için 0.5 g örnek üzerine 4 mL saf su ilave edilmiş ve hazırlanan karışım toplam 70 dakika süre ile her 10 dakikada bir 30 saniye baget yardımıyla karıştırılmıştır. Süre sonunda örnekler 25°C ve 2000xg'de 15 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneklerin sıvı fazı uzaklaştırıldıktan sonra tüplerin ağız kısmı zeminle 45'lik açı oluşturacak şekilde yerleştirilerek 10 dakika boyunca sıvı fazın süzülmesi sağlanmıştır. Sıvı fazdan arındırılmış olan katı kısım tartılarak ağırlık artışı belirlenmiştir. Sonuçlar g su/g örnek olarak ifade edilmiştir.

Yağ tutma kapasitesinde ise 0.5 g örnek üzerine 3 mL ticari ayçiçeği yağı ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım toplam 30 dakika süre ile her 5 dakikada bir 30 saniye boyunca baget kullanılarak karıştırılmıştır. Karıştırılan örnekler 25°C'de 1600xg'de 25 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneklerin sıvı fazı uzaklaştırıldıktan sonra tüpler ters çevrilerek 5 dakika boyunca sıvı fazın süzülmesi sağlanmıştır. Sıvı fazdan arındırılmış olan katı kısım tartılarak ağırlık artışı belirlenmiştir. Sonuçlar g yağ/g örnek olarak ifade edilmiştir.

3.2.11. Minimum jel oluşturan konsantrasyonun (MJOK) belirlenmesi

Örneklerin jelleşme özellikleri Coffmann ve Garcia (1977) tarafından belirtilen yöntemle göre minimum jel oluşturan konsantrasyon şeklinde belirlenmiştir. 1-14 g/100 mL konsantrasyon aralığında tüplere hazırlanan örnek dispersiyonları (pH 7.0) 1 saat süre ile 95°C'lik su banyosunda bekletilmiştir. Örnekler su banyosundan alınıp hızla buzlu su yardımıyla 4°C'ye soğutulmuş ve 2 saat süre ile 4°C bekletilmiştir. Daha sonra örnek tüpleri ters çevrilerek jelleşme düzeyi gözlemlenmiştir. Jelleşme gösteren tüpler + olarak işaretlenerek her bir örnek için üç tüp hazırlanmış ve sonuçlar aşağıda belirtildiği şekilde değerlendirilmiştir.

+++ veya ++-	jelleşme var
+- - veya ---	jelleşme yok

3.2.12. Saponin varlığı analizi

Nişasta örneklerinden 0.5 g alınıp üzerine 0.5 mL saf su eklenerek çalkalanmış ve 15 dakika beklenmiştir. Tp içerisinde yaklaşık 0.25 cm köpük oluşumu olup olmadığı gözlenmiştir. Köpük oluşumu gözlenmişse saponin varlığı pozitif olarak değerlendirilmiştir (Janarthanan ve ark., 2012).

3.2.13. Glikozit varlığı analizi

Nişasta örneklerinden 1 g alınıp üzerine 1,5 mL kloroform ve % 10'luk amonyak damla damla eklenmiştir. Pembe renk oluşumu olup olmadığı gözlenmiştir. Pembe renk oluşumu var ise glikozit varlığı pozitif olarak değerlendirilmiştir (Janarthanan ve ark., 2012).

3.2.14. Kütle yoğunluğu

10 mL silindirik kabın boş ağırlığı alındıktan sonra nişasta ile doldurulmuş ve dolu kabın ağırlığı tartılmıştır. Kütle yoğunluğu aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$D=m/V$$

3.2.15. Bulanıklık

pH 7'de %1'lik nişasta çözeltisi 30 dk boyunca kaynar su banyosunda bekletilmiştir. Bekleme esnasında her 10 dakikada bir karıştırma işlemi yapılmıştır. Ardından süspansiyon 25°C'ye soğutulmuş ve % transmittance değeri 650 nm'de suya karşı okunmuştur (Rafiq ve ark., 2015).

3.2.16. Sediment hacmi

1 g nişasta üzerine 95 mL saf su ilave edilmiş ve kaynar su banyosunda 15 dk bekletilmiştir. Ardından karışımın pH değeri 7'ye ayarlanarak 100 mL'lik mezre aktarılmış ve saf su ile tamamlanmıştır. 24 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra nişasta granüllerinin hacmi mL olarak ölçülmüştür (Rafiq ve ark., 2015).

3.2.17. Işıık geçirgenliği

Hazırlanan %1’lik nişasta çözeltisi 1 saat boyunca kaynar çalkalamalı su banyosunda bekletilmiştir. Ardından karışım 1 saat içinde 30°C’ye soğutulmuş ve 4°C’de depolanmıştır. Depolanan örneklerin 0, 24, 48, 72, 96 ve 120. saat sonunda 640 nm’de % transmittance değerleri okunmuştur (Wani ve ark., 2012).

3.2.18. Sineresis

%6’lık nişasta özeltisi 90°C’de 30 dk boyunca çalkalamalı kaynar su banyosunda bekletilmiştir. Soğutulan rnekler 4°C’de depolanmış ve 0, 24, 48, 72, 96 ve 120. saat boyunca bekletilmiştir (her saat için ayrı ayrı santrifüj tüplerine örnek alınmıştır). Ardından 3000×g’de 10 dk santrifüj edildikten sonra ayrılan su miktarı % olarak tespit edilmiştir (Wani ve ark., 2010).

3.2.19. Donma özünme stabilitesi

%6’lık nişasta özeltisi 90°C’de 30 dk boyunca çalkalamalı kaynar su banyosunda bekletilmiştir. Kaynayan karışım 4°C’de 16 saat bekletilmiş ve ardından -18°C’de dondurulmuştur. Bu sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra 25°C’de 6 saat boyunca özündürölmüş ve ardından tekrar -18°C’de 24 saat dondurulmuştur. Bu döngü toplam 5 defa olmak üzere tekrar edilmiştir. Her özündürmeden sonra tüpler 1000*g’de 10°C’de 20 dk santrifüj edilerek ayrılan su miktarı tespit edilmiştir (Hoover ve Ratnayeke, 2002).

3.2.20. Nişastanın granöl yapısının belirlenmesi

Nişasta rneklerinin %1’lik çözeltileri hazırlanmış ve granöler yapıları ışık mikroskobu (Olympus, Japonya) altında görüntölenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir (Canon 80D, Japonya).

3.2.21. Spesifik özgöl evirme

Spesifik çevirme açısı polarimetre (Atago, AP-100, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür (Polavarapu, 2002). Spesifik rotasyon $[\alpha]_{D20}$, aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\alpha = a \times 100 / (L \times C)$$

α = spesifik dönme derecesi

a= gözlemlenen dönme açısı

L= desimetre cinsinden tüp uzunluğu

C= 100 mililitrede gram cinsinden konsantrasyonu

20 değeri= çözelti sıcaklığı

D= ışık kaynağının sodyum (sodyum lambası) olduğunu belirtmektedir (Polavarapu, 2002).

3.2.22. Şişme gücü ve çözünürlük

Nişasta numunesi (0.2 g) 10 mL distile su ile önceden tartılmış santrifüj tüplerine alınmıştır. Nişasta süspansiyonları daha sonra her 5 dakikada bir vorteks ile karıştırılarak 30 dakika boyunca 90°C’de su banyosunda inkübe edilmiştir. Numuneler oda sıcaklığına soğutulduktan sonra tüpler 5000×g’de 15 dakika santrifüjlenmiştir. Süpernatant önceden tartılmış nem kaplarına boşaltılmıştır. Santrifüj tüplerinin ağırlığındaki artış şişme indeksi olarak ifade edilmiştir. Nem kapları 12 saat boyunca 110°C’de kurutulmuş ve ardından bir desikatörde oda sıcaklığına soğutulmuştur. Nem kaplarının ağırlığındaki artış çözünürlük indeksi olarak ifade edilmiştir (Wani ve ark., 2014).

3.2.23. Nişastaların termoplastik özelliklerinin tespiti

3.2.23.1. FT-IR analizi

Tüm nişasta örneklerinin FT-IR spektrumları Jasco FT-IR 4700 spektrometresinde 400-4000 cm⁻¹ aralığında kaydedilmiştir. Tüm spektrumlar Jasco Spectra Manager Version 2 yazılımı (v 2.14.05) kullanılarak analiz edilmiştir (Akkaya, 2020).

3.2.23.2. Termogravimetrik analiz (TGA)

Tüm nişasta örnekleri TA Instruments SDT Q600 TG/DSC (ABD) tipi bir termogravimetrik analizör ile analiz edilmiştir. Nişasta örnekleri açık alümina krozeler kullanılarak 30 ila 900°C arasında ısıtılmıştır. 10.0 mg örnek miktarı, 10°C/dk ısıtma hızında 100 mL/dk sentetik hava akışında kullanılmıştır (Wendlandt, 1986).

3.2.23.3. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi

Tüm nişastalarının yapısal ve morfolojik özellikleri incelemek amacıyla SEM görüntüsü çekilmiştir. SEM analizi JEOL JSM-7001F Schottky SEM (Japonya) ile gerçekleştirilmiştir. Görüntüler $\times 1000$ boyutunda kaydedilmiştir.

3.2.23.4. X-Işını kırınımı (XRD) analizi

Nişastalarının XRD analizleri Panalytical Empyrean Yüksek Performanslı Difraktometre (Hollanda) cihazında gerçekleştirilmiştir. Örnekler $2\theta = 3^\circ - 80^\circ$ arasında Ni filtreli bir Cu X-ışını tüpünde 1 derece/dakika tarama hızında analiz edilmiştir.

3.3. İstatistiksel Analiz

SPSS istatistiksel bilgisayar programı sonuçları analiz etmek amacıyla kullanılmış ve (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir. Deneylerde bulunan değerler, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Park ve bahçe atıklarından toplanan ve nişasta üretiminde kullanılan at kestanelerinin ve orman atığı olan meşe palamutlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Çalışmanın hedef noktası olan nişasta içerikleri incelendiğinde at kestanelerinin % 30.21, meşe palamutlarının ise % 55.00 toplam nişasta içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Her iki hammadde de düşük protein ve yüksek nişasta içeriği ile ön plana çıkmaktadır. At kestanesi tohumlarının % 0.39-7.78 protein, % 1.12-3.27 yağ, % 1.93-3.16 kül ve % 35.0-38.3 nişasta içerdiği bildirilmiştir (Cukanovic ve ark., 2011; Hassan ve ark., 2021; Rafiq ve ark., 2015; Rafiq ve ark., 2021; Shah ve ark., 2016). Meşe palamutlarının ise kabuk kısmının nişastasının miktarının % 49.3, kuru meşe palamutlarının ise kabuk kısmının % 70.6 ve iç kısımlarının nişastasının miktarının % 77.2 oranında olduğu belirtilmiştir (Ergül, 1997). Diğer çalışmalarda ise % 50-68 arasında değiştiği belirtilmiştir (Akyıldız, 1986; Cappai ve ark., 2013; Kaya, 2012; Pradeep ve ark., 2019). Çalışmamızda kullanılan hammaddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri literatür ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 4.1. At kestanesi ve meşe palamutlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri

	At kestanesi	Meşe palamudu
Tohum ağırlığı (g)	16.01±2.09	5.45±0.54
Kalınlık (cm)	2.44±0.25	1.54±0.32
Kuru madde (%)	78.78±0.16	74.66±0.21
Protein (%)	1.92±0.03	3.26±0.08
Yağ (%)	2.06±0.17	1.90±0.06
Kül (%)	4.85±0.17	1.82±0.14
Toplam nişasta (%)	30.21±0.46	55.00±0.82

4.1. At Kestanesi Nişastasının Özellikleri

Alkali ve ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak ön işlemden geçirilmiş at kestanelerinden, klasik ve ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak at kestanelerinden nişasta üretimi gerçekleştirilmiştir. Ultrason destekli

ekstraksiyon, bileşiklerin yapısal ve moleküler özelliklerini korurken bitkilerden hedeflenen bir maddenin ekstraksiyonu için modern bir yöntemdir. Bu yöntem solvent ve enerji tüketimini azaltmakta, zaman kazandırmakta ve süreci basitleştirmektedir (Amiri ve ark., 2019). Nişasta üretiminde genellikle geleneksel yöntemler kullanılmaktadır. Zaman ve kimyasal tüketimi açısından dezavantajları olan geleneksel ekstraksiyon uygulamalarının popülaritesi her geçen gün azalmaktadır. Ayrıca geleneksel yöntemler, ekstraksiyon parametrelerinin sinerjik etkilerinin göz ardı edilmesine neden olmaktadır. Tüm bu dezavantajların üstesinden gelmek için çok değişkenli yüzey yanıt metodolojisi (RSM) tercih edilmektedir. RSM deneysel çalışma sayısını azaltması, enerji ve hammadde tasarrufu sağlaması ve zamanı kısaltması gibi önemli avantajlara sahiptir (Amiri ve ark., 2019). Çalışmada nişasta üretimi D-optimal tasarımı kullanılarak optimize edilmiştir. Optimum noktası belirlenen noktada toplu üretim yapılarak üretilen nişastaların özellikleri tespit edilmiştir. At kestanesinde nişasta üretimine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir. At kestanesinde alkali yöntem ile nişasta ekstraksiyonunda 2FI yanıt yüzey modeli seçilmiştir. Anova verileri incelendiğinde modelin önemli düzeyde uyumlu olduğu görülmektedir (p-value <0.0001).

Tablo 4.2. At kestanesi nişasta verimi için varyans analizi sonuçları

Source	Sum of Squares		Degrass of freedom		Mean Square		F Value		p-value	
	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂
Model	1077.99	925.25	9	9	119.78	102.81	16.04	8.25	< 0.0001	0.0006
X ₁	67.56	55.90	1	1	67.56	55.90	9.05	4.49	0.0109	0.0557
X ₂	12.19	49.67	1	1	12.19	49.67	1.63	3.99	0.2255	0.0690
X ₃	735.85	683.67	2	2	367.93	341.83	49.27	27.44	< 0.0001	< 0.0001
X ₁ X ₂	18.55	3.24	1	1	18.55	3.24	2.48	0.26	0.1410	0.6194
X ₁ X ₃	113.25	51.94	2	2	56.62	25.97	7.58	2.08	0.0074	0.1671
X ₂ X ₃	10.32	1.93	2	2	5.16	0.96	0.69	0.08	0.5199	0.9260
Residual	89.62	149.46	12	12	7.47	12.46				
Lack of Fit	62.02	80.04	7	7	8.86	11.43	1.61	0.82	0.3114	0.6075
Pure Error	27.60	69.43	5	5	5.52	13.89				
Total	1167.61	1074.72	21	21						
R ²	0.92	0.86								

Y₁=Alkali işlem görmüş at kestanesi nişastası, Y₂= Ultrason destekli at kestanesi nişastası X₁=Süre (saat), X₂=NaOH (%), X₃=Örnek/Çözgen (g/g)

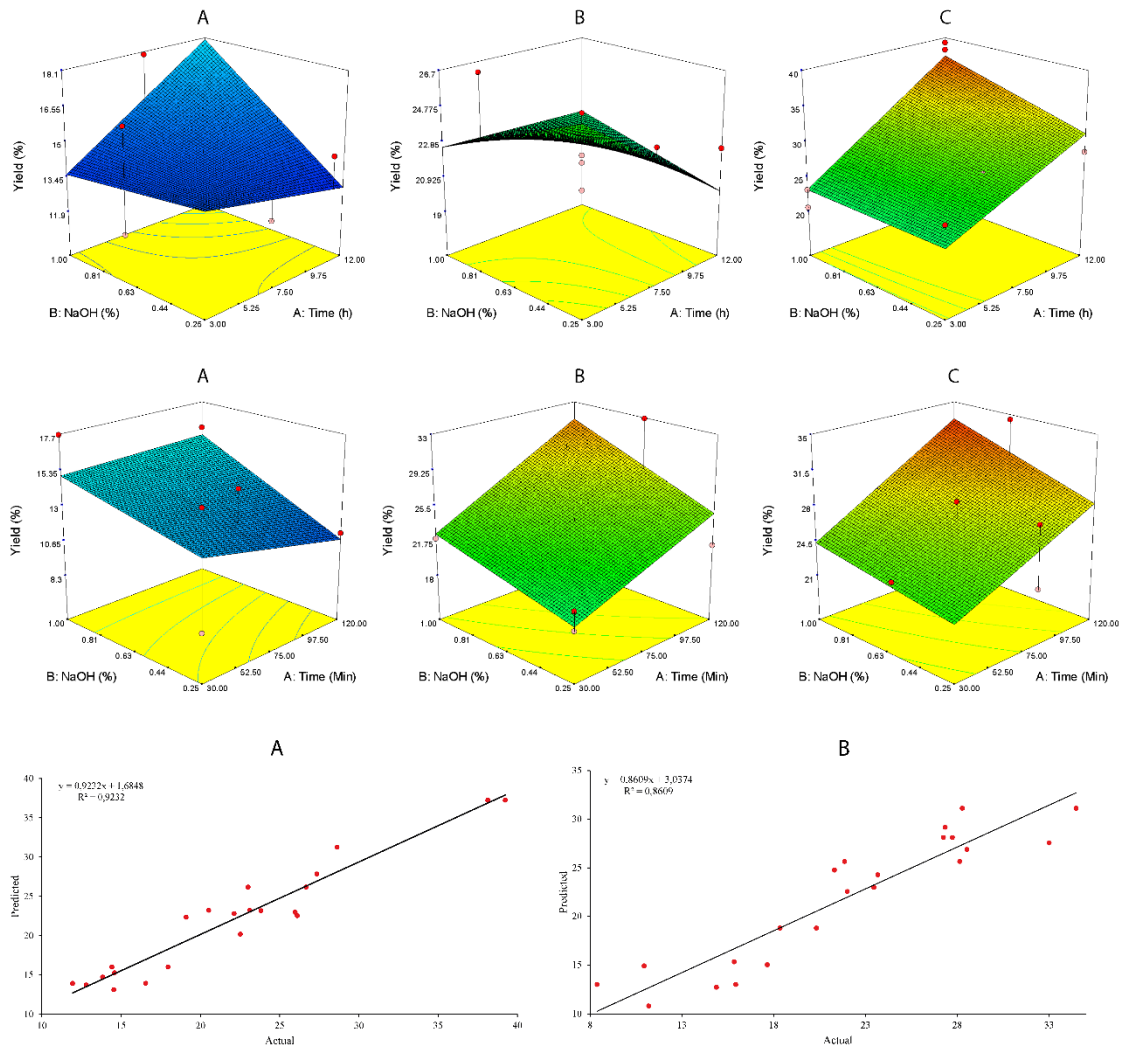
Verim özelliklerinin tespiti üzerine at kestanesi ekstratlarından elde edilen nişastaların deneysel tasarım sonuçları Tablo 4.3'te gösterilmiştir. Alkali yöntemle nişasta ekstraksiyonunda en yüksek verim % 1'lik NaOH oranı, 12 saat ekstraksiyon süresi ve 1:3 örnek çözgen oranında tespit edilmiştir. Ultrason destekli ekstraksiyon yönteminde en yüksek verim ise % 0.68'lik NaOH oranı, 120 dakika ekstraksiyon süresi ve 1:3 örnek çözgen oranında belirlenmiştir.

Tablo 4.3. At kestanesinden nişasta ekstraksiyonunun deneysel tasarım analiz sonuçları

	Alkali					Ultrason destekli				
	Değişkenler			Sonuçlar		Değişkenler			Sonuçlar	
	X ₁	X ₂	X ₃	Gerçek verim (%)	Tahmin edilen verim (%)	X ₄	X ₅	X ₆	Gerçek verim (%)	Tahmin edilen verim (%)
1	7.39	0.63	1:1	13.83	14.71	30	0.25	1:2	20.33	18.81
2	7.90	1.00	1:1	14.42	15.99	82.38	0.25	1:3	28.13	25.66
3	3	1.00	1:3	23.12	23.21	68.38	1.00	1:3	27.24	28.12
4	11.30	0.25	1:1	14.54	13.10	30	0.57	1:3	23.45	22.99
5	7.08	0.25	1:1	12.80	13.72	30	1.00	1:2	22.01	22.55
6	12	0.25	1:2	22.52	20.17	75	0.61	1:3	28.52	26.89
7	12	1.00	1:3	38.13	37.24	30	1.00	1:1	17.65	15.03
8	12	1.00	1:2	19.10	22.33	75	0.94	1:1	10.94	14.93
9	3	0.66	1:1	11.94	13.91	68.38	1.00	1:3	27.74	28.12
10	3	0.25	1:2	26.67	26.17	75	0.62	1:2	23.66	24.29
11	7.50	0.43	1:3	27.34	27.85	120	0.68	1:3	28.27	31.12
12	3	1.00	1:3	20.53	23.21	82.38	0.25	1:3	21.86	25.66
13	7.50	0.62	1:2	22.13	22.82	30	0.25	1:1	8.38	13.01
14	7.90	1.00	1:1	17.96	15.99	120	0.68	1:3	34.47	31.12
15	3	0.25	1:2	23.01	26.17	120	0.25	1:2	21.30	24.77
16	5.25	1.00	1:2	26.11	22.53	118.59	0.60	1:2	33.00	27.57
17	3	0.66	1:1	16.55	13.91	120	1.00	1:1	15.85	15.34
18	12	0.25	1:3	28.62	31.25	106.13	0.93	1:2	27.34	29.18
19	7.50	0.25	1:2	23.82	23.17	75.00	0.44	1:1	14.88	12.72
20	3	0.25	1:3	25.98	22.96	120	0.25	1:1	11.19	10.79
21	12	0.59	1:1	14.58	15.27	30	0.25	1:2	18.34	18.81
22	12	1.00	1:3	39.24	37.24	30	0.25	1:1	15.93	13.01

X₁=Süre (saat), X₂=NaOH (%), X₃=Örnek/Çözgen (g/g), X₄=Süre (dakika), X₅=NaOH (%), X₆=Örnek/Çözgen (g/g)

Correia ve Beirão-da-Costa (2012) tarafından yapılan kestane ve meşe palamudu nişastası izolasyonu için alkali pH'ta art arda üç elek (A3S) kullanılarak ve düşük kesme hızında (ENZ) enzimatik işlem uygulanmıştır. Her iki yöntem içinde elde edilen kestane nişastaları için gerçek ve tahmini verimler sırasıyla % 83.9 ve % 79.9 olduğu rapor edilmiştir. At kestanesinde nişasta üretiminde verimi tahmin etmek için kullanılan yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.1'de verilmiştir. Ultrason destekli yöntem ekstraksiyon süresini 12 saatten 2 saate düşürdüğü ve kullanılan NaOH oranının düşmesine neden olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2. At kestanesi nişastası üretim verilerini tahmin etmek için yanıt yüzey grafikleri

At keşanesinden üretilen nişastaların kimyasal bileşimleri Tablo 4.4’de gösterilmektedir. Alkali işlem görmüş at keşanesi nişastasında kuru madde miktarı % 93.70 ± 0.15 ; kül miktarı % 0.37 ± 0.05 ; protein miktarı % 0.34 ± 0.07 ; yağ miktarı % 0.12 ± 0.08 ; pH’ı 9.94 ± 0.07 olduğu belirlenmiştir. Ultrason destekli at keşanesi nişastasında kuru madde miktarı % 90.18 ± 0.08 ; kül miktarı % 0.56 ± 0.01 ; protein miktarı % 0.36 ± 0.02 ; yağ miktarı % 0.18 ± 0.01 ; pH’ı 10.44 ± 0.02 olduğu belirlenmiştir. Alkali işlem görmüş ve ultrason destekli at keşanesi nişastalarında saponin ve glikozit tespit edilememiştir. Renk parametrelerine bakıldığında alkali işlem görmüş at keşanesi nişastasında L* değeri 93.61 ± 0.81 , a* değeri -1.21 ± 0.11 , b* değeri 7.86 ± 0.24 ; ultrason destekli at keşanesi nişastasında L* değeri 87.79 ± 0.71 , a* değeri -2.55 ± 0.14 , b* değeri 18.14 ± 0.70 olarak saptanmıştır.

Tablo 4.4. At keşanesi nişastasının kimyasal bileşimi

Parametre	Alkali	Ultrason destekli
Kuru madde (%)	93.70 ± 0.15^a	90.18 ± 0.08^b
Kül (%)	0.37 ± 0.05^b	0.56 ± 0.01^a
Protein (%)	0.34 ± 0.07^a	0.36 ± 0.02^a
Yağ (%)	0.12 ± 0.08^a	0.18 ± 0.01^a
pH	9.94 ± 0.07^b	10.44 ± 0.02^a
Saponin	Tespit edilemedi	Tespit edilemedi
Glikozit	Tespit edilemedi	Tespit edilemedi
L*	93.61 ± 0.81^a	87.79 ± 0.71^b
a*	-1.21 ± 0.11^a	-2.55 ± 0.14^b
b*	7.86 ± 0.24^b	18.14 ± 0.70^a

Rafiq ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada at keşanesi nişastasında % 10.97 nem, % 0.31 protein, % 0 yağ ve % 0.29 kül içerdiğini rapor etmişlerdir. L* değeri 96.2; a* (kırmızı/yeşil) ve b* (sarı/mavi) değerleri ise sırasıyla -2.43 ve 2.77 olarak bildirmişlerdir. Rafiq ve ark., (2021) Hindistan’ın Keşmir bölgesinden temin edilen at keşanelerinden nişasta ekstrakte etmiş ve üretilen nişastaların % 9.71 ± 1.23 nem, % 7.78 ± 1.19 protein, % 3.27 ± 0.39 yağ, % 6.34 ± 0.22 lif, % 3.16 ± 0.05 kül değerine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada nişastaların renk değerleri L* değeri

92.07±0.49, a* değeri 3.47±0.21, b* değeri 13.70±0.26 olarak bildirilmiştir. Singh ve ark., (2009) nişasta içeriğindeki değişikliklerin botanik kökene bağlı olduğunu bildirmekle birlikte büyüme sırasındaki iklim koşullarından ve toprak tipinden de etkilendiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen veriler literatür ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 4.5. At kestanesi nişastasının fonksiyonel özellikleri

Parametre	Alkali	Ultrason destekli
Yağ tutma kapasitesi (g/g)	175.26±4.47 ^b	189.05±4.23 ^a
Su tutma kapasitesi (g/g)	234.60±1.23 ^b	329.00±13.42 ^a
Şişme gücü (%)	273.87±3.23 ^b	481.35±18.54 ^a
Çözünürlük (%)	8.82±0.04 ^a	2.67±0.10 ^b
Kütle yoğunluğu	0.48±0.03 ^a	0.51±0.01 ^a
Sediment hacmi (mL)	10.00±0.01 ^b	17.33±2.31 ^a
Bulanıklık (%T)	6.24±2.92 ^a	0.72±0.19 ^b
Spesifik çevirme açısı (α)	59.90	21.75

At kestanesi nişastaların fonksiyonel özellikleri Tablo 4.5'te gösterilmiştir. Alkali işlem görmüş at kestanesi nişastasında yağ tutma kapasitesi 175.26±4.47 g/g; su tutma kapasitesi 234.60±1.23 g/g; şişme gücü % 273.87±3.23; çözünürlüğü % 8.82±0.04; yağın kütlesi 0.48±0.03; sediment hacmi 10.00±0.01 mL; bulanıklığı 6.24±2.92; spesifik çevirme açısı 59.90° olarak saptanmıştır. Ultrason destekli at kestanesi nişastasında yağ tutma kapasitesi 189.05±4.23 g/g; su tutma kapasitesi 329.00±13.42 g/g; şişme gücü 481.35±18.54; çözünürlüğü % 2.67±0.04; yağın kütlesi 0.51±0.01; sediment hacmi 17.33±2.31 mL; bulanıklığı 0.72±0.19; spesifik çevirme açısı 21.75° olarak saptanmıştır. Nişastanın sulu süspansiyonu jelatinizasyon sıcaklığının üzerine ısıtıldığında, nişastanın kristal yapısı bozulmaktadır. Jelatinizasyon durumunda su molekülleri ile amiloz ve amilopektinin açıkta kalan hidroksil grupları hidrojen bağıyla bağlanmaktadır. Meydana gelen bu reaksiyonda nişasta moleküllerinin şişmesine ve çözünürlüğünün artmasına neden olmaktadır (Singh ve ark., 2006). Ultrason destekli nişasta ekstraksiyon yöntemi kullanıldığında uygulanan ultrason gücü nedeniyle

nişastaların yağ ve su tutma kapasiteleri ile şişme gücünde artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Nişastaların gıda sektöründe özellikle puding, dondurma gibi ürünlerde kullanılmaktadır. Bu tip ürünlerde donma/çözünme stabilitesi ve sineresis özellikleri önem arz etmektedir. At kestanesi nişastalarının ışık geçirgenliği, donma/çözünme stabilitesi ve sineresis değerleri Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6. At kestanesi nişastasının ışık geçirgenliği, donma/çözünme stabilitesi ve sineresis değerleri

Parametre	Alkali	Ultrason destekli
Işık Geçirgenliği (%)		
0. saat	37.31±6.80 ^a	25.33±1.34 ^b
24. saat	66.02±0.89 ^a	33.97±2.93 ^b
48. saat	68.90±1.26 ^a	38.48±1.33 ^b
72. saat	62.40±1.63 ^a	39.37±3.45 ^b
96. saat	55.95±22.45 ^a	38.47±1.26 ^b
120. saat	22.74 ± 34.11 ^a	13.63±8.54 ^b
Donma-Çözünme Stabilitesi (%)		
0. Döngü	0.00±0.00 ^b	0.22±0.00 ^a
1. Döngü	0.18±0.01 ^b	1.48±0.02 ^a
2. Döngü	2.40±0.04 ^b	5.85±0.07 ^a
3. Döngü	10.31±0.07 ^b	10.55±0.12 ^a
4. Döngü	33.65±0.18 ^b	37.41±0.12 ^a
Sineresis (%)		
0. saat	76.6±0.8 ^a	72.7±1.3 ^b
24. saat	80.0±1.9 ^a	74.2±2.3 ^b
48. saat	82.7±1.2 ^a	73.5±1.8 ^b
72. saat	84.7±0.7 ^a	73.7±1.5 ^b
96. saat	85.0±1.4 ^a	72.4±1.8 ^b
120. saat	83.2±0.3 ^a	66.7±0.4 ^b

Alkali işlem görmüş at kestanesi nişastasında ışık geçirgenliği en yüksek % 68.90 ile 48. saatte elde edilmiş; ultrason destekli at kestanesi nişastasında ise % 39.37 ile 72.

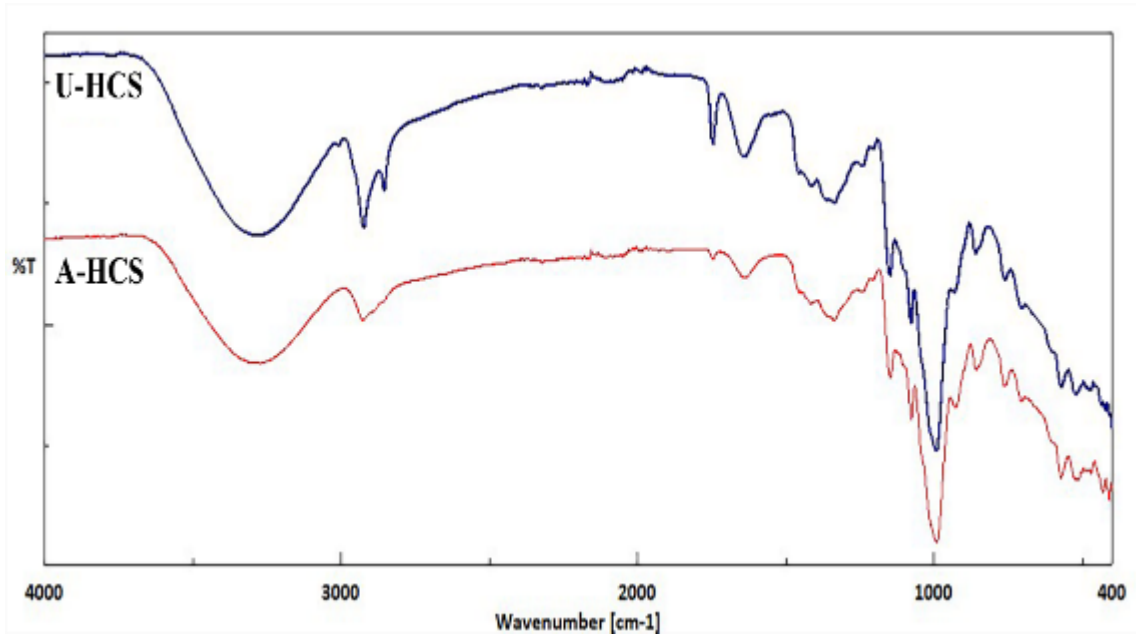
saatte elde edilmiştir. En düşük değerler ise her iki grupta da 120 saatte elde edilmiştir (% 22.74; % 13.63). Donma-Çözünme stabilitesi açısından değerlendirildiğinde 0. döngüde her iki grupta en yüksek olduğu (% 33.65; % 37.41) ve 4. döngüye doğru azaldığı belirlenmiştir. Sineresis alkali işlem görmüş at kestanesi nişastasında en yüksek 96. saatte % 85.0 ve ultrason destekli at kestanesi nişastasında ise 24. saatte % 74.2 olduğu tespit edilmiştir. En düşük ise alkali işlem görmüş at kestanesi nişastasında % 76.6 ile 0. saatte; ultrason destekli at kestanesi nişastasında % 66.7 ile 120. saatte olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.7. At kestanesi nişastasının minimum jel oluşturma konsantrasyon değerleri

Konsantrasyon (%)	Alkali			Ultrason destekli		
	1	2	3	1	2	3
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	+	-	-	-
6	+	+	+	-	-	-
7	+	+	+	-	-	-
8	+	+	+	-	-	-
9	+	+	+	-	-	-
10	+	+	+	-	-	-
11	+	+	+	-	-	-
12	+	+	+	+	+	+
13	+	+	+	+	+	+
14	+	+	+	+	+	+

Alkali işlem görmüş at kestanesi nişastasında minimum jel oluşturma konsantrasyonunun % 6; ultrasonik destekli meşe palamudu nişastasında ise % 12 olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.7). Rafiq ve ark., (2016) tarafından at kestaneleriyle yapılan çalışmada nişastanın jel sertliği ısı neminde artış, asit muamelesinde ise azalma gözlemlendiği bildirilmiştir. Wang ve ark., (2020) tarafından at kestanesinde yapılan çalışmada ise doğal ve tek işlem görmüş nişastalara göre ultrasonik işlem görmüşlerde ciddi yüzey hasarı, zayıf çift kırılma, düşük bağlı kristallik ve jelatinleşme entalpisi sergilediği ortaya çıkarılmıştır.

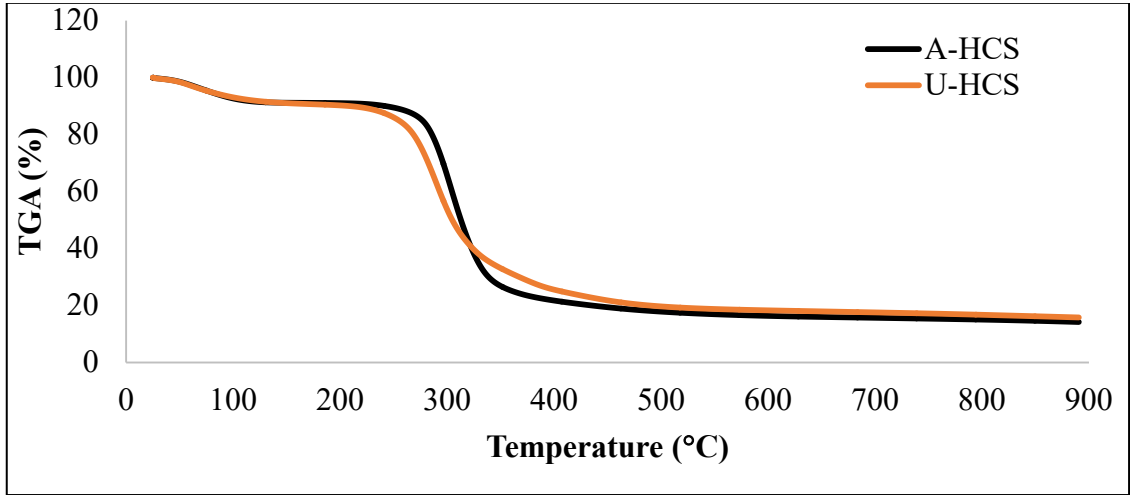
At keşanesi nişastaların FT-IR spektrumları şekil 4.2’de gösterilmiştir. 16 farklı pozisyonda pik elde edilen spektrumda alkali yöntemle elde edilmiş nişasta için 408.835-3271.64 cm^{-1} , ultrason destekli yöntemle elde edilmiş nişastalar içinse 422.334-3271.64 cm^{-1} dalga boylarında pik elde edilmiştir. En yoğun pik eldesi 1746.23 cm^{-1} ve 1744.30 cm^{-1} dalga boylarında tespit edilmiştir. FT-IR spektrumu bulgularına göre hem alkali işlem görmüş hem de ultrason destekli at keşanesi nişastalarının benzer özellikler gösterdiği belirlenmiştir.



şekil 4.3. At keşanesi nişastasının FT-IR spektrumları (A-HCS: Alkali yöntemle elde edilmiş nişasta, U-HCS: Ultrason destekli yöntemle elde edilmiş nişasta)

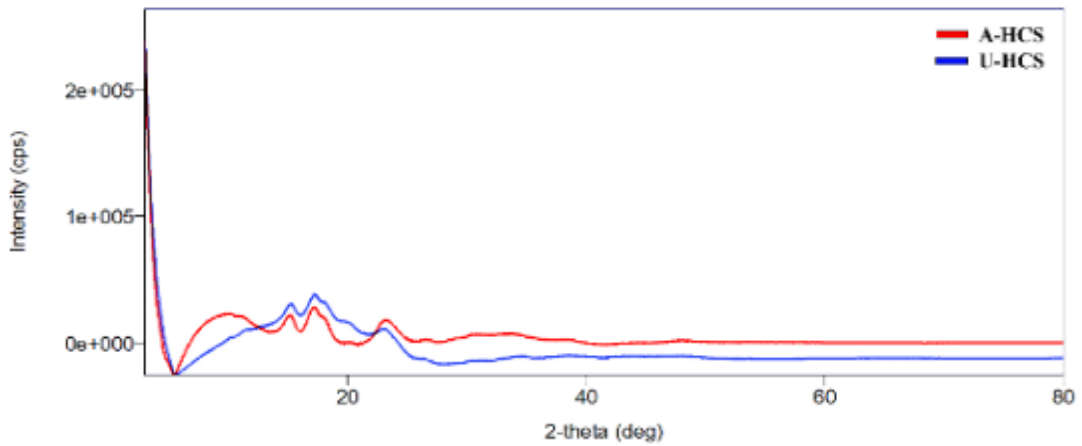
Termal zellikler, granler bozulma, nişastanın çift sarmal ve kristal yapısının kaybı olarak tanımlanan jelatinleşme davranışıyla ilişkilidir (Rincn-Londoņo ve ark., 2016). Daha yüksek geçiş sıcaklıkları, yapısal stabiliteyi arttıran ve granülü jelatinleşmeye karşı daha dirençli hale getiren yüksek derecede kristalliğin bir sonucu olarak bildirilmektedir (Barichello ve ark., 1990). Nişastanın granl boyutu, formu, dağılımı ve granülün misel açı ile diğer bileşenleri arasındaki bağlanmanın geçiş sıcaklıklarındaki değişikliklerden sorumlu olduğu belirtilmiştir (Xu ve ark., 2019). Alkali işlemleri ile ultrason destekli etkileşimlerin benzer olması nişastaların birbiriyle jelatinleşme davranışlarında farkın önemsiz olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra farklı botanik

kaynaklardan elde edilen nişastalarda bileşim bakımından farklılık gösterebileceği, farklı geçiş sıcaklıkları ve jelatinleşme entalpileri sergileyeceği bildirilmiştir (Singh ve ark., 2003). Şekil 4.3'te alkali ve ultrason destekli at kestanesi nişastalarının termogravimetrik özellikleri gösterilmektedir.



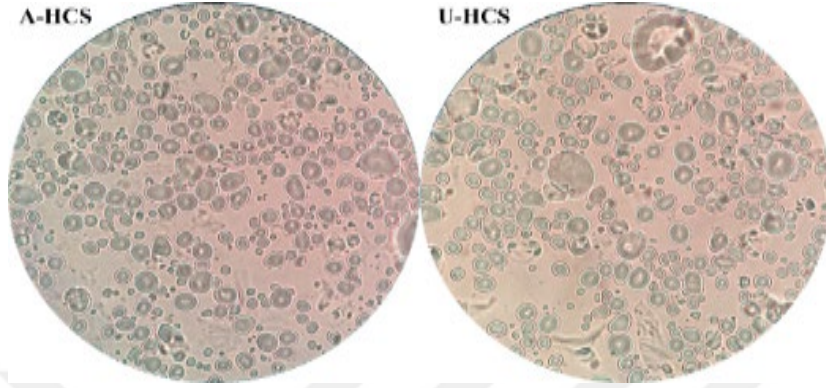
Şekil 4.4. At kestanesi nişastasının TGA kurveleri

At kestanesi nişastaların XRD spektrumları Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Alkali yöntemle elde edilen nişastalar 25° ve ultrason destekli yöntemle elde edilen nişastalar ise 26° 'den sonra spektrum oluşturmamıştır. XRD spektrumları benzerlik gösterse de ultrason uygulamasının 14° 'ye spektrumu etkilediği belirlenmiştir. Ultrason uygulamasının nişasta granül yapısında meydana getirdiği değişikliklerin termal özelliklere etki ettiği varsayılmaktadır.



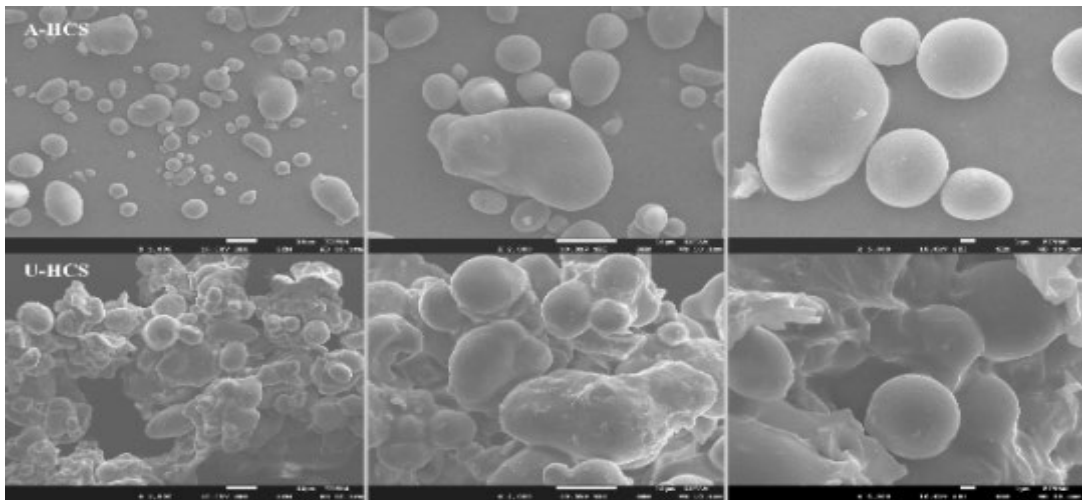
Şekil 4.5. At kestanesi nişastasının XRD spektrumları

At keşanesinden elde edilen nişastaların mikroskopik görüntüleri şekil 4.5’de gösterilmiştir.



şekil 4.6. At keşanesi nişastasının mikroskopik görüntüsü

Işık mikroskopundan elde edilen görüntülere göre hem alkali işlem görmüş hem de ultrason destekli at keşanesi nişastalarının boyutlarında farklılık olduğu ultrason destekli yöntemle üretilen nişastaların daha fazla parçalanarak boyutunun k   ld ğu tespit edilmiştir. Mikroskopik çalışmalarda at keşanesindeki nişasta granüllerinin eliptik veya küresel şekilli olduğu belirtilmiş ve az sayıda prizmatoid gran l de gözlendiği belirtilmiştir (Singh ve ark., 2009; Kaur ve ark., 2023). At keşanesi nişastaların kırılma yüzeylerinin SEM mikrografları şekil 4.6’da gösterilmiştir.



şekil 4.7. At keşanesi nişastalarının kırılma yüzeylerinin SEM mikrografları

SEM mikrografları irdelendiğinde alkali işlem görmüş at kestanesi nişastaların ortalama çaplarının ultrason destekli at kestanesi nişastalarına göre daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Alkali işlem görmüş nişasta, granüllerin yapısı üzerinde ihmal edilebilir bir etki göstermiştir çünkü alkali esas olarak amorf alanları yok ederken, nişasta granüllerinin kristal bölgesi üzerinde küçük bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer durum Cai ve ark. (2016) ve Kaur ve ark. (2023) tarafından da tespit edilmiştir. Ultrason destekli nişasta granüllerinde amorf yapı daha fazla görülmüş ve alkali işlem görenlere nazaran daha fazla etkiye neden olmuştur.

4.2. Meşe Palamudu Nişastasının Özellikleri

Klasik ve ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak ön işlemden geçirilmiş meşe palamutlarından nişasta üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada nişasta üretimi D-optimal tasarımı kullanılarak optimize edilmiştir. Optimum noktası belirlenen noktada toplu üretim yapılarak üretilen nişastaların özellikleri tespit edilmiştir. Meşe palamudu nişasta üretimine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.8’de sunulmuştur. Meşe palamudundan klasik yöntem ile nişasta ekstraksiyonda 2FI yanıt yüzey modeli seçilmiştir. Anova verileri incelendiğinde modelin önemli düzeyde uyumlu olduğu görülmektedir (p-value <0.0001).

Tablo 4.8. Meşe palamudu nişastası verimi için varyans analizi

Source	Sum of Squares		Degrass of freedom		Mean Square		F Value		p-value	
	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₁	Y ₂
Model	977.41	803.97	9	9	108.60	89.33	441.54	290.88	< 0.0001	< 0.0001
X ₁	6.27	348.08	1	1	6.27	348.08	25.47	1133.42	0.0003	< 0.0001
X ₂	4.70	92.00	1	1	4.70	92.00	19.13	299.58	0.0009	< 0.0001
X ₃	735.50	268.48	2	2	367.75	134.24	1495.16	437.12	< 0.0001	< 0.0001
X ₁ X ₂	0.10	1.05	1	1	0.10	1.05	0.42	3.42	0.5291	0.0893
X ₁ X ₃	158.98	1.23	2	2	79.49	0.62	323.18	2.01	< 0.0001	0.1772
X ₂ X ₃	5.38	0.33	2	2	2.69	0.16	10.94	0.54	0.0020	0.5981
Residual	2.95	3.69	12	12	0.25	0.31				
Lack of Fit	1.88	1.82	7	7	0.27	0.26	1.26	0.70	0.4128	0.6796
Pure Error	1.07	1.86	5	5	0.21	0.37				
Cor Total	980.36	807.66	21	21						
R ²	0.99	0.99								

Y₁=Alkali işlem görmüş at kestanesi nişastası, Y₂= Ultrason destekli at kestanesi nişastası X₁=Süre (saat), X₂=NaOH (%), X₃=Örnek/Çözgen (g/g)

Verim özelliklerinin tespiti üzerine meşe palamut ekstratlarından elde edilen nişastaların deneysel tasarım sonuçları Tablo 4.3'te gösterilmiştir. Klasik yöntemle nişasta ekstraksiyonunda en yüksek verim 45°C ekstraksiyon sıcaklığı, 3 saat ekstraksiyon süresi ve 1:3 örnek çözgen oranında tespit edilmiştir. Ultrason destekli ekstraksiyon yönteminde en yüksek verim ise 45W ultrason gücünde, 30 dakika ekstraksiyon süresi ve 1:2 örnek çözgen oranında belirlenmiştir. Meşe palamudu ekstratlarından elde edilen nişastaların deneysel tasarımına ait analiz sonuçları Tablo 4.9'de sunulmuştur.

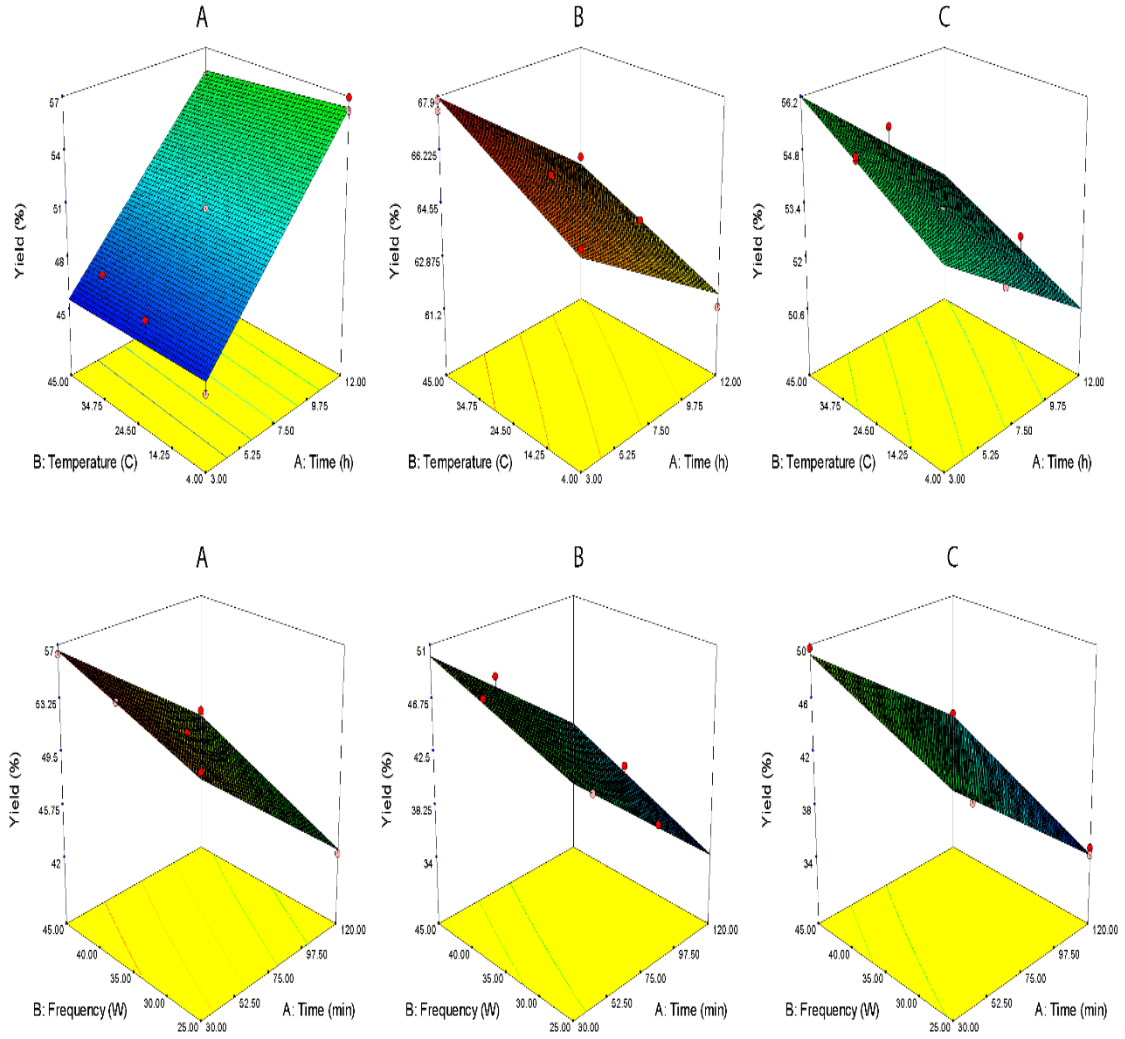
Tablo 4.9. Meşe palamudundan nişasta ekstraksiyonunun deneysel tasarımına ait analiz sonuçları

	Ultrason-Desteli					Klasik				
	Değişkenler			Sonuçlar		Değişkenler			Sonuçlar	
	X ₁	X ₂	X ₃	Gerçek verim (%)	Tahmin edilen verim (%)	X ₄	X ₅	X ₆	Gerçek verim (%)	Tahmin edilen verim (%)
1	120.00	25.00	1:5	34.14	34.20	12.00	45.00	1:2	55.26	56.38
2	67.85	45.00	1:3	45.12	45.77	12.00	21.07	1:5	51.76	51.74
3	41.25	25.00	1:5	43.13	43.40	3.00	45.00	1:3	67.46	68.03
4	120.00	37.00	1:3	37.25	37.57	8.22	45.00	1:5	53.49	54.56
5	73.59	37.00	1:3	42.30	43.16	7.37	24.50	1:5	53.28	53.58
6	82.56	25.00	1:3	39.26	39.08	12.00	45.00	1:3	64.12	64.46
7	75.00	37.00	1:5	42.22	42.59	3.00	45.00	1:3	67.78	68.03
8	30.00	45.00	1:5	49.70	49.28	8.22	45.00	1:5	54.56	54.56
9	120.00	37.00	1:3	38.12	37.57	3.00	4.00	1:2	45.21	45.95
10	32.80	37.00	1:2	54.63	54.77	6.73	4.00	1:5	52.41	52.53
11	41.25	25.00	1:3	44.37	44.42	12.00	21.07	1:5	51.16	51.74
12	120.00	45.00	1:2	47.69	47.75	5.66	24.50	1:3	65.89	65.61
13	120.00	25.00	1:2	42.23	42.58	12.00	4.00	1:3	61.24	61.76
14	67.85	45.00	1:3	46.61	45.77	3.28	22.16	1:2	46.80	46.26
15	120.00	45.00	1:2	48.12	47.75	11.58	24.50	1:3	63.06	63.28
16	120.00	25.00	1:5	34.68	34.20	3.00	28.06	1:5	55.23	55.33
17	30.00	25.00	1:2	53.12	52.75	12.00	4.00	1:2	56.93	56.46
18	120.00	45.00	1:5	39.73	40.09	7.50	24.50	1:2	50.77	51.18
19	30.00	37.00	1:3	48.72	48.42	3.00	4.00	1:3	65.47	65.28
20	30.00	45.00	1:2	56.33	56.61	3.00	28.06	1:5	55.32	55.33
21	75.00	37.00	1:2	50.46	50.37	12.00	4.00	1:2	56.21	56.46
22	120.00	45.00	1:5	40.25	40.09	4.12	39.88	1:2	46.96	47.23

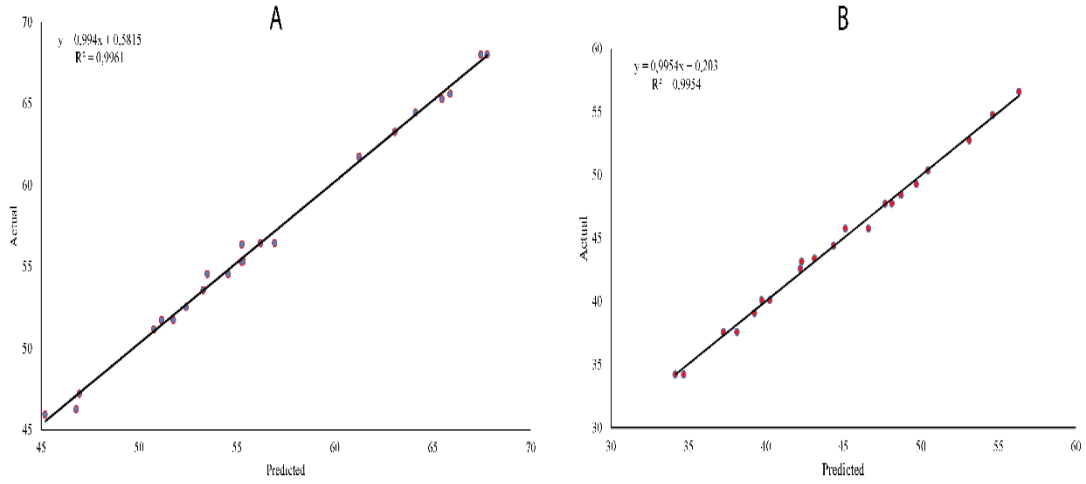
X₁=Süre (saat), X₂=NaOH (%), X₃=Örnek/Çözgen (g/g), X₄=Süre (dakika), X₅=NaOH (%), X₆=Örnek/Çözgen (g/g)

Taib ve Bouyazza (2021) meşe palamudu nişastasının veriminin ortalama % 55 olduğunu; Stevenson ve ark. (2006) ve Correia ve Beirão-da-Costa (2012) tarafından yapılan araştırmalarda ise % 48.93-89.83 aralığında verim elde edildiği belirtilmiştir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde alkali işlem görmüş meşe palamudundaki verim, ortalama verime uymakta iken ultrason destekli meşe palamudu nişastasındaki verim ortalamanın üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Meşe palamudu ekstraktlarından elde edilen nişastaların optimizasyonuna ait veriler Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de sunulmuştur.



Şekil 4.8. Meşe palamudu nişastası optimizasyon verileri



Şekil 4.9. Meşe palamudu nişastası optimizasyon verileri

Meşe palamudu ekstratlarından elde edilen nişastaların kimyasal bileşimine ait bulgular Tablo 4.10’da sunulmuştur.

Tablo 4.10. Meşe palamudu nişastasının kimyasal bileşimi

Parametre	Klasik	Ultrasonik
Kuru madde (%)	91.88±0.14 ^b	93.14±0.31 ^a
Kül (%)	0.10±0.01 ^a	0.06±0.01 ^b
Protein (%)	1.91±0.09 ^a	1.89±0.15 ^a
Yağ (%)	0.77±0.05 ^b	1.04±0.10 ^b
pH	5.63 ^b	5.75 ^a
Saponin	Tespit edilemedi	Tespit edilemedi
Glikozit	Tespit edilemedi	Tespit edilemedi
L*	87.62±1.46 ^a	89.51±1.29 ^a
a*	0.20±0.03 ^a	0.12±0.02 ^b
b*	11.65±0.82 ^a	9.26±0.45 ^b

Tablo 4.10’a göre klasik işlem görmüş meşe palamudu nişastasında kuru madde miktarı % 91.88±0.14; kül miktarı % 0.10±0.01; protein miktarı % 1.91±0.09; yağ miktarı % 0.77±0.05; pH’ı 5.63 olduğu belirlenmiştir. Ultrason destekli meşe palamudu nişastasında kuru madde miktarı % 93.14±0.31; kül miktarı % 0.06±0.01; protein miktarı % 1.89±0.15; yağ miktarı % 1.04±0.10; pH’ı 5.75 olduğu belirlenmiştir. Klasik

işlem görmüş ve ultrason destekli meşe palamudu nişastalarında saponin ve glikozit tespit edilmemiştir. Renk parametrelerine bakıldığında L* değeri 89.51±1.29, a* değeri 0.12±0.07, b* değeri 9.26±0.45 olarak saptanmıştır.

Meşe palamudu nişastanın nem içeriği farklı meşe palamudu kaynaklarından elde edilen değerlere göre %7.22-15.91 aralığında olduğu (Boukhelkhal ve ark., 2017; Irinislimane ve ark., 2017; Soni ve ark., 1993); protein içerikleri % 0.01 ile % 6.7 arasında değiştiği (Boukhelkhal ve ark., 2017; Yoo ve ark., 2012; Soni ve ark., 1993); yağ miktarının %0.23-2.64 arasında değiştiği (Boukhelkhal ve ark., 2017; Yoo ve ark., 2012; Soni ve ark., 1993); kül miktarının % 0.01-1.41 arasında (Boukhelkhal ve ark., 2017; Yoo ve ark., 2012; Soni ve ark., 1993) olduğu belirtilmiştir. Araştırmada elde edilen bulgular literatür ile benzerlik göstermektedir. Bitki çeşitleri, yetiştirme iklimi, olgunlaşma aşaması ve kullanılan ekstraksiyon yöntemi gibi birçok faktöre bağlı olarak kimyasal yapı değişmektedir. Benzer şekilde Zarroug ve ark., (2020) meşe palamudu ununun karbonhidrat, protein, kül ve nem içeriği sırasıyla % 64.43, % 8, %1.62 ve %15.95 olduğunu belirtmiş ve meşe palamudu nişastasından elde ettiği renk değerlerini sırasıyla L değeri 85.03±0.09; a* değeri 0.52±0.01, b* değeri 10.2±0.15 olarak belirlemiştir. Çalışmamızda elde edilen veriler literatür ile benzerlik göstermektedir.

Meşe palamudu ekstratlarından elde edilen nişastaların fonksiyonel özelliklerine ait bulgular Tablo 4.11’de sunulmuştur.

Tablo 4.11. Meşe palamudu nişastasının fonksiyonel özellikleri

Parametre	Klasik	Ultrasonik
Yağ tutma kapasitesi (g/g)	169.38±0.57 ^b	174.30±3.06 ^a
Su tutma kapasitesi (g/g)	212.88±6.78 ^b	225.34±14.10 ^a
Şişme gücü (%)	570.16±15.49 ^a	566.68±18.69 ^a
Çözünürlük (%)	1.94±0.12 ^a	2.00±0.17 ^a
Kütle yoğunluğu	0.57±0.01 ^a	0.57±0.02 ^a
Sediment hacmi (mL)	27±2.65 ^b	42±0.10 ^a
Bulanıklık (T%)	2.94±0.36 ^b	3.56±0.39 ^a
Spesifik çevirme açısı (α)	-50.70 ^b	-41.50 ^a

Tablo 4.11'e göre klasik işlem görmüş meşe palamudu nişastasında yağ tutma kapasitesi 169.38 ± 0.57 g/g; su tutma kapasitesi 212.88 ± 6.78 g/g; şişme gücü % 570.16 ± 15.49 ; çözünürlüğü % 1.94 ± 0.12 ; yağın kütlesi 0.57 ± 0.01 ; sediment hacmi 27 ± 2.65 mL; bulanıklığı 2.94 ± 0.36 ; spesifik çevirme açısı -50.70° olarak saptanmıştır. Ultrason destekli meşe palamudu nişastasında yağ tutma kapasitesi 174.30 ± 3.06 g/g; su tutma kapasitesi 225.34 ± 14.10 g/g; şişme gücü 566.68 ± 18.69 ; çözünürlüğü % 2.00 ± 0.17 ; yağın kütlesi 0.57 ± 0.02 ; sediment hacmi 42 ± 0.10 mL; bulanıklığı 3.56 ± 0.39 ; spesifik çevirme açısı -41.50° olarak saptanmıştır. Ekstrakte edilen meşe palamudu nişastasının yağ tutma ve su tutma kapasiteleri literatürde şişme gücü değerleri 4 ila 20.76 g/g arasında; patates nişastası ise 56.2-64.7 g/g arasındadır (Zarroug ve ark., 2020; Vinha ve ark. 2016; 2020). Araştırma bulguları ise bu ortalama değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yağ tutma ve su tutma kapasiteleri yüksek olması şişme gücünde artışa neden olmakla birlikte (Kaur ve ark., 2006), nişasta molekülünün su tutma yeteneğine, hidrojen bağlanmasına ve kristallik derecesine bağlı gelişmektedir (Correia ve ark., 2012). Meşe palamudu ekstratlarından elde edilen nişastaların ışık geçirgenliği, donma/çözünme stabilitesi ve sineresis özelliklerine ait bulgular Tablo 4.12'de sunulmuştur.

Tablo 4.12. Meşe palamudu nişastasının ışık geçirgenliği, donma/çözünme stabilitesi ve sineresis değerleri

Parametre	Klasik	Ultrasonik
Işık Geçirgenliği (%)		
0. saat	11.26±2.30 ^b	19.72±1.66 ^a
24. saat	48.14±2.17 ^b	68.99±2.00 ^a
48. saat	51.11±1.15 ^b	60.08±2.66 ^a
72. saat	50.54±0.84 ^b	63.81±1.13 ^a
96. saat	54.48±2.14 ^a	46.02±3.4 ^b
120. saat	2.07±0.95 ^b	1.59±0.10 ^a
Donma-Çözünme Stabilitesi (%)		
0. Döngü	50.11±1.20 ^a	8.30±0.54 ^b
1. Döngü	14.23±0.84 ^a	7.53±0.87 ^b
2. Döngü	3.77±0.32 ^a	1.76±0.12 ^b
3. Döngü	0.18±0.02 ^a	0.05±0.01 ^b
4. Döngü	0.00±0.00	0.00±0.00
Sineresis (%)		
0. saat	61.98±2.43 ^a	61.77±1.44 ^a
24. saat	63.23±1.72 ^a	65.57±0.43 ^a
48. saat	64.10±1.35 ^a	65.56±1.66 ^a
72. saat	62.10±0.79 ^a	62.57±0.96 ^a
96. saat	61.57±1.44 ^a	63.87±0.96 ^a
120. saat	65.66±0.88 ^b	70.24±1.23 ^a

Tablo 4.12'ye göre klasik işlem görmüş meşe palamudu nişastasında ışık geçirgenliği en yüksek % 54.48±2.14 ile 96. saatte elde edilmiş; ultrason destekli meşe palamudu nişastasında ise % 68.99±2.00 ile 24. saatte elde edilmiştir. En düşük değerler ise her iki grupta 120. saatte elde edilmiştir (% 2.07±0.95; % 1.59±0.10).

Donma-Çözünme stabilitesi açısından değerlendirildiğinde 0. döngüde her iki grupta en yüksek olduğu (% 50.11±1.20; % 8.30±0.54) ve 4. döngüye doğru azaldığı belirlenmiştir. Sineresis klasik işlem görmüş meşe palamudu nişastasında en yüksek 120. saatte % 65.66±0.88 olduğu, ultrason destekli meşe palamudu nişastasında ise 120.

saatte % 70.24±1.23 olduğu tespit edilmiştir. En düşük sineresis ise klasik işlem görmüş meşe palamudu nişastasında % 61.57±1.44 ile 96. saatte; ultrason destekli at kestanesi nişastasında % 61.77±1.44 ile 0. saatte olduğu saptanmıştır.

Depolama sırasından nişasta moleküllerinde meydana gelen değişimler nedeniyle jellerde bulunan suyun bir kısmı yapının dışına çıkmaktadır (Ojogbo ve ark., 2020). Meşe palamudu nişastasının sineresinin hem soğutma (4°C) hem de dondurma (-20°C) koşullarında arttığı rapor edilmektedir (Zarroug ve ark., 2020). Ayrıca patates (% 20.1-31.0), mısır (% 22.4-32.5), taro (% 28.7-29.9) ve manyok (% 18.6-23.6) gibi yüksek amiloz içeriğine sahip nişastaların yüksek sineresis özelliği gösterdiği bildirilmiştir (Pérez-Pachecove ark., 2014).

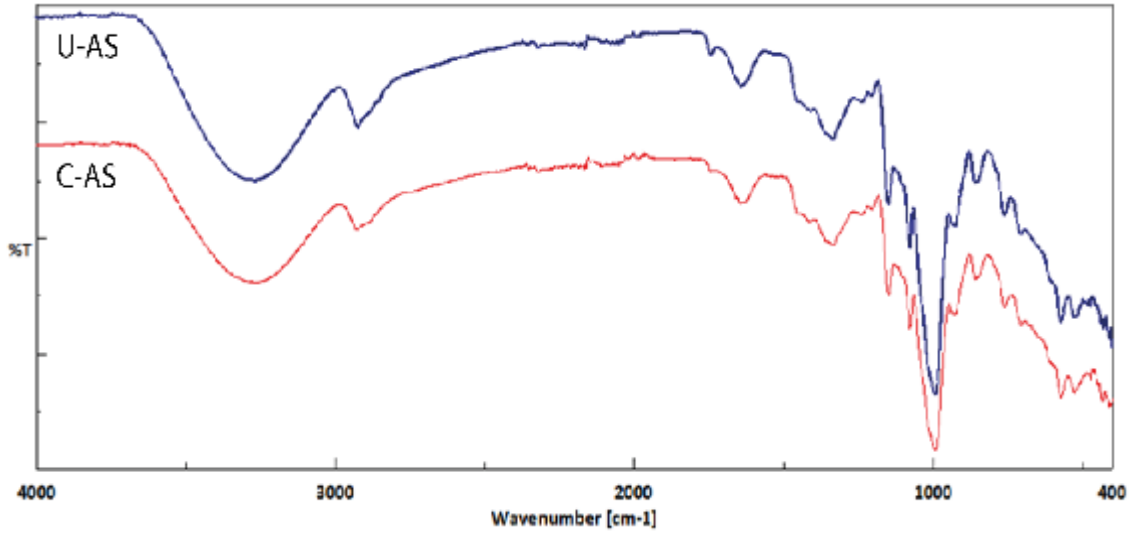
Meşe palamudu ekstratlarından elde edilen nişastaların minimum jel oluşturma konsantrasyonuna ait bulgular Tablo 4.13'te sunulmuştur.

Tablo 4.13. Meşe palamudu nişastasının minimum jel oluşturma konsantrasyon değerleri

Konsantrasyon(%)	Klasik			Ultrasonik		
	1	2	3	1	2	3
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	+	+	+
15	-	-	-	+	+	+
16	-	-	-	+	+	+
17	+	-	-	+	+	+
18	+	+	+	+	+	+
19	+	+	+	+	+	+
20	+	+	+	+	+	+

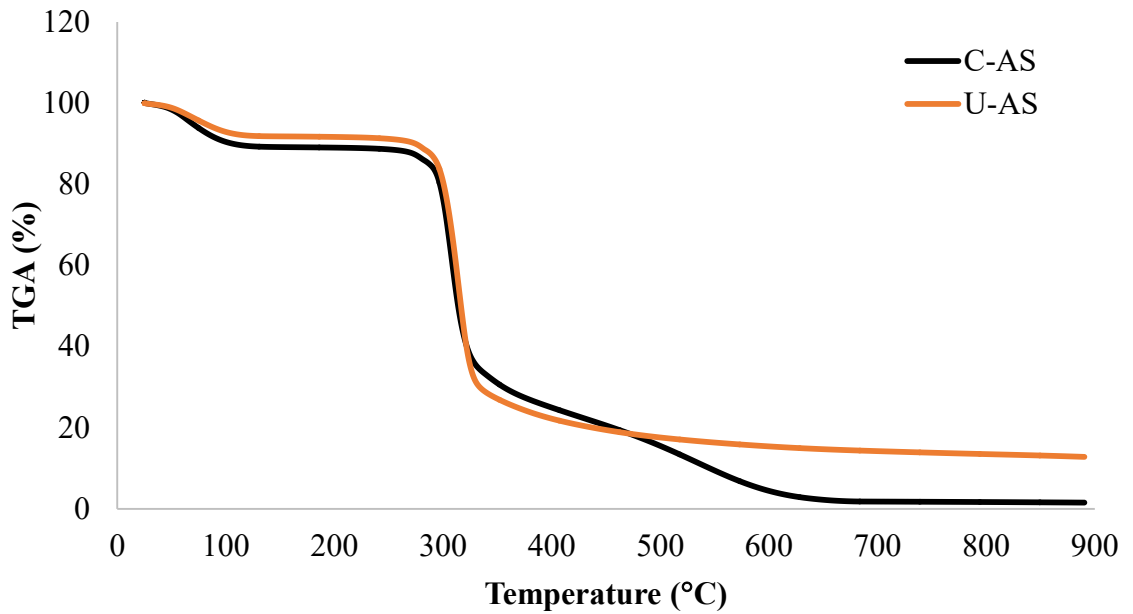
Çizelge 4.13'e göre alkali işlem görmüş meşe palamudu nişastasında minimum jel oluşturma konsantrasyonun % 18; ultrasonik destekli meşe palamudu nişastasında ise % 14 olduğu belirlenmiştir.

Meşe palamudu nişastaların FT-IR spektrumları Şekil 4.9'da gösterilmiştir. 14 farklı pozisyonda pik elde edilen spektrumda klasik yöntemle elde edilmiş nişasta için $430.048\text{--}3271.64\text{ cm}^{-1}$, 16 farklı pozisyonda pik elde edilen spektrumda ultrason destekli yöntemle elde edilmiş nişastalar içinse $408.835\text{--}3271.64\text{ cm}^{-1}$ dalga boylarında pik elde edilmiştir. En yoğun pik eldesi 1644.02 cm^{-1} ve 1743.30 cm^{-1} dalga boylarında tespit edilmiştir. FT-IR spektrumu bulgularına göre hem alkali işlem görmüş ayrıca ultrason destekli at kestanesi nişastalarının benzer özellikler gösterdiği belirlenmiştir.



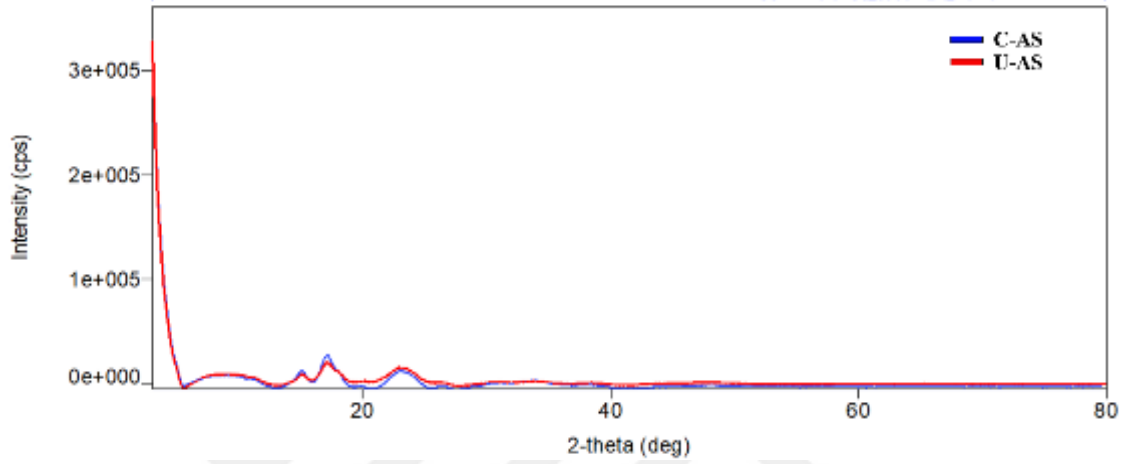
Şekil 4.10. Meşe palamudu nişastasının FT-IR spektrumları (C-AS: Klasik yöntemle elde edilmiş nişasta, U-AS: Ultrason destekli yöntemle elde edilmiş nişasta)

Şekil 4.10'a göre termogravimetrik özelliklerine göre hem klasik işlem görmüş ayrıca ultrason destekli meşe palamudu nişastalarının 340°C'ye kadar benzer özellik taşıdığı daha yüksek sıcaklıklarda ise farklılaştıkları tespit edilmiştir.



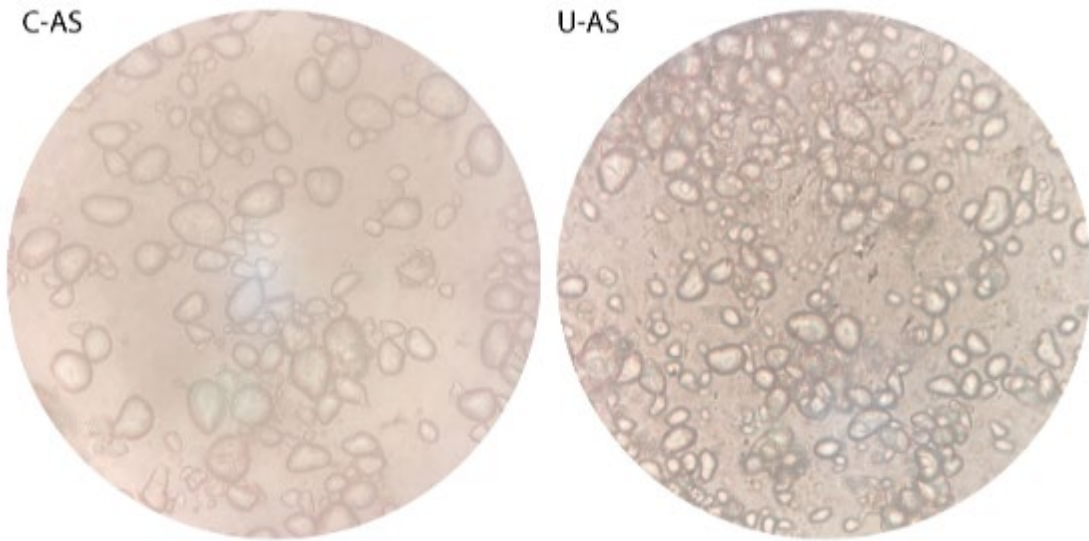
Şekil 4.11. Meşe palamudu nişastasının TGA kurveleri

Meşe palamudu nişastaların XRD spektrumları Şekil 4.11’te gösterilmiştir. Klasik yöntemle elde edilen nişastalar 24° ve ultrason destekli yöntemle elde edilen nişastalar ise 25° ’den sonra spektrum oluşturmamıştır. XRD spektrumlarının benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Meşe palamudu nişastasının XRD spektrumları

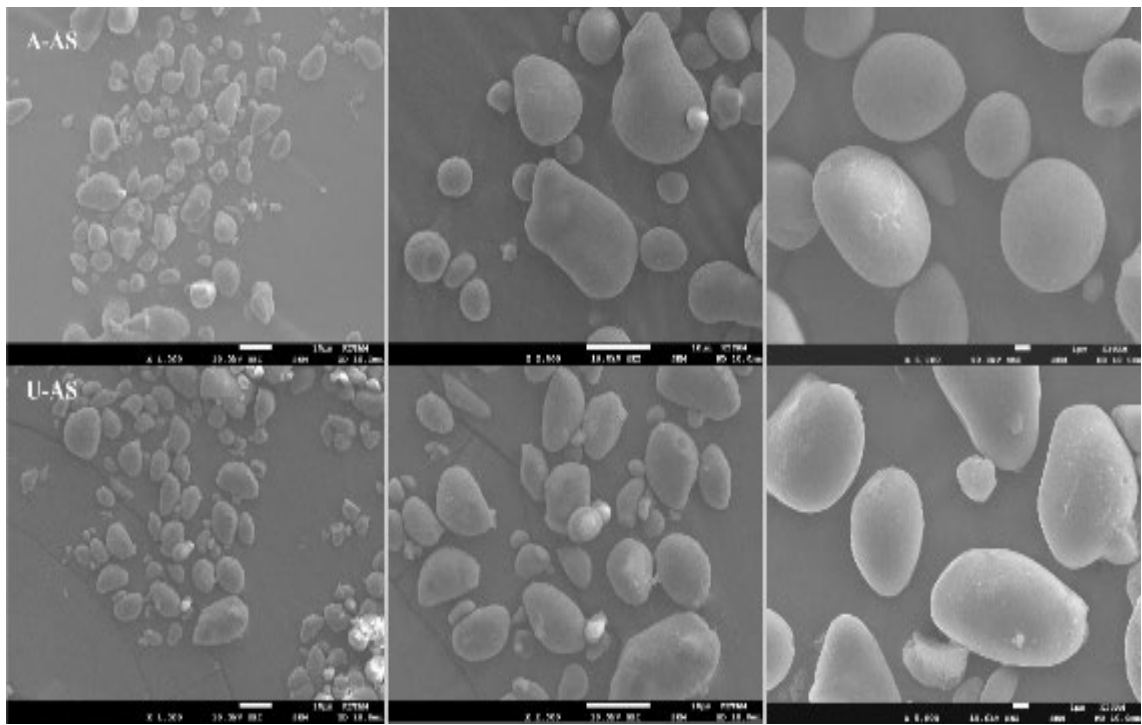
Meşe palamudu ekstratlarından elde edilen nişastaların mikroskopik görüntülerine ait bulgular Şekil 4.12’de sunulmuştur.



Şekil 4.12. Meşe palamudu nişastasının mikroskopik görüntüsü

Şekil 4.11'e göre ultrason destekli meşe palamudu nişastalarının daha parçalı, sayıca fazla ve belirgin özellikler taşıdığı; klasik işlem görmüş meşe palamudu nişastalarının ise büyük parçalı ve seyrek bir dağılım gösterdikleri tespit edilmiştir. Meşe palamudu nişastasası küresel, eliptik ve amorf yapıdadır (Li ve ark., 2015).

Meşe palamudu ekstratlarından elde edilen nişastaların kırılma yüzeylerinin SEM mikrograflarına ait bulgular Şekil 4.13'te gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Meşe palamudu nişastalarının kırılma yüzeylerinin SEM mikrografları

Şekil 4.13'e göre meşe palamudu nişastalarının kırılma yüzeylerinin SEM mikrografları bulgularındaki ortalama çapların birbirine benzer olduğu belirlenmiştir. Çatlakların olmaması, ekstrakte edilen nişastaların nispeten saf olduğunu düşündürdüğü bildirilmektedir (Boukhelkhal ve Moulai-Mostefa, 2017).

5. SONUÇ

Başta gıda sanayi olmak üzere birçok farklı sektörde kullanım alanına sahip olan nişasta katma değeri yüksek bir ürün kategorisindedir. Yaşanan iklim sorunları, küresel çapta meydana gelen belirsizlikler, artan nüfus gibi nedenlerden dolayı ticari nişasta hammaddelerine ulaşımında sorunlar meydana gelmeye başlamaktadır. Alternatif ve ekonomik nişasta kaynak arayışı her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmanın amacı başta park ve bahçe atığı olan at kestanesi ile orman atığı olan meşe palamudunun değerlendirilmesi ve katma değeri yüksek ürün elde edilmesidir. Bu amaçla at kestanelerinden alkali ve ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi ile meşe palamutlarından ise klasik ve ultrason destekli yöntemler ile nişasta üretimi gerçekleştirilmiştir. At kestanesi ve meşe palamutları farklı sıcaklık, süre, ultrason kaynağı gücü, örnek/çözgen oranı ile ekstraksiyon işlemine maruz bırakılmıştır. Cevap yanıt yüzey metodu kullanılarak nişasta üretimi optimize edilmiş ve optimum noktada toplu üretim yapılarak analizlerde kullanılmıştır.

At kestanesi ve meşe palamudundan çok değişkenli yüzey yanıt metodolojisi D-optimal tasarımı kullanılarak 22 farklı deneme kurulmuştur. Deneme desenleri sonucunda üretilen nişasta verimleri göz önüne alındığında at kestanesinden alkali yöntemle nişasta ekstraksiyonunda en yüksek verim %1'lik NaOH oranı, 12 saat ekstraksiyon süresi ve 1:3 örnek çözgen oranında, ultrason destekli ekstraksiyon yönteminde en yüksek verim ise %0.68'lik NaOH oranı, 120 dakika ekstraksiyon süresi ve 1:3 örnek çözgen oranında belirlenmiştir. Meşe palamudundan klasik yöntemle nişasta ekstraksiyonunda en yüksek verim 45°C ekstraksiyon sıcaklığı, 3 saat ekstraksiyon süresi ve 1:3 örnek çözgen oranında tespit edilmiştir. Ultrason destekli ekstraksiyon yönteminde en yüksek verim ise 45W ultrason gücünde, 30 dakika ekstraksiyon süresi ve 1:2 örnek çözgen oranında belirlenmiştir. Optimum noktada üretilen nişastaların kimyasal, fonksiyonel ve termal özellikleri tespit edilmiştir.

Meşe palamudunun içerdiği renk maddelerinin bazik ortamda koyu mavi-siyah tonlarında renk vermesi nedeniyle alkali yöntemin yerine klasik (su ile) yöntem tercih edilmiştir. At kestanesi nişastalarında ortalama %1.15 protein ve %0.47 yağ içerdiği meşe palamudu nişastalarının ise %1.90 protein ve %0.91 yağ içerdiği belirlenmiştir.

Bütün nişasta örneklerinde saponin ve glikozit varlığı tespit edilememiştir. At kestanesinden ultrason destekli nişasta ekstraksiyon yönteminin yağ ve su tutma kapasitelerinde, şişme gücünde ve sediment hacminde artışa neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ultrason destekli yöntemin ışık geçirgenliği ve sineresis değerlerinde artışa donma çözünme stabilitesinde ise azalmaya neden olduğu gösterilmiştir. Alkali yöntem ile üretilen nişastalar minimum %6 konsantrasyonda jel oluştururken, ultrason destekli yöntem ile üretilen nişastalar minimum %12 konsantrasyonda jel oluşturmaktadır. Alkali ve ultrason destekli yöntemler nişastaların termal özelliklerinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Ayrıca ultrason destekli yöntem nişastaların molekül boyutlarını küçültmüş ve birbirlerine yapışık hale getirmiştir. Meşe palamudundan ultrason destekli nişasta ekstraksiyon yönteminin yağ ve su tutma kapasitelerinde, şişme gücünde ve sediment hacminde istatistiki olarak önemli düzeyde artışa neden olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ayrıca ultrason destekli yöntemin ışık geçirgenliği değerlerinde artışa, donma çözünme stabilitesinde ise azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Yöntemler arası farklılık meşe palamudu nişastalarının sineresis değerlerini değiştirmemiştir. Klasik yöntem ile üretilen nişastalar minimum %18 konsantrasyonda jel oluştururken, ultrason destekli yöntem ile üretilen nişastalar minimum %14 konsantrasyonda jel oluşturmaktadır. Klasik ve ultrason destekli yöntemler nişastaların termal özelliklerinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Ayrıca ultrason destekli yöntem nişastaların molekül boyutlarını küçültmüş ve molekül şekillerini değiştirmiştir.

Literatürde at kestanesi ve meşe palamudundan nişasta üretimi ile ilgili çalışmalar bulunmakla beraber, farklı yöntemler kullanılarak nişasta üretimi, üretimin optimize edilmesi ve termal özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmalar mevcut değildir. Çalışma sonucunda elde edilen bilgi ve bulgular yukarıda bahsedilen literatürdeki boşlukları da dolduracaktır. Bu çalışma ile nişasta üretiminde alternatif hammadde önerisi sunulmuştur. Ayrıca çalışmamız üretilen nişastaların model gıda sistemleri içinde kullanımı içinde temel oluşturma niteliğindedir. Çalışmanın sonuçları ticarileştiğinde atık maddelerden önemli bir yan ürün üretilecek ve katma değeri yükseltilecektir.

6. KAYNAKLAR

- AACC, 2004. Approved method 44-15A (Moisture-air oven methods). The Association, St. Paul, MN.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. 17th Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16.
- Afroz, S. 2018. Potential of starch as bio-admixture for cementitious composites.(Master of Thesis). Bangladesh University of Engineering and Technology.
- Akbaş, H., 2020. Spectroscopic, crystallographic and thermal characterizations of monospiro (N/N) cyclotriphosphazenes with 9-ethyl-3-carbazolyl pendant arm. Journal of Molecular Structure, 1200, 127079.
- Akkaya, B., 2020. Endüstriyel odunların polimerizasyonu ile fiziksel özelliklerinin modifikasyonu (Master's thesis), Sakarya Üniversitesi.
- Akyıldız, A. R., 1986. Yemler bilgisi ve teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 974.
- Akyüz, B. ve Serdar, Ü., 2020. Bazı hibrit kestane genotiplerinin anaçlık potansiyelleri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 35(2), 185.
- Amiri, S., Shakeri, A., Sohrabi, M. R., Khalajzadeh, S. ve Ghasemi, E., 2019. Optimization of ultrasonic assisted extraction of fatty acids from Aesculus hippocastanum fruit by response surface methodology. Food Chemistry, 271, 762-766.
- Ankom, W. B., 2009. Leitlinie für die Qualitätssicherung von Verfahren zur Anrechnung beruflicher und außerhochschulisch erworbener Kompetenzen auf Hochschulstudiengänge. Hannover/Berlin: HIS and IIT.
- Anonim, 2023. Global Market for Starch and Starch Products. <https://www.gov.mb.ca/agriculture/markets-and-statistics/trade-statistics/pubs/starch-world-market.pdf>
- Barichello, V., Yada, R. Y., Coffin, R. H. ve Stanley, D. W., 1990. Low temperature sweetening in susceptible and resistant potatoes: starch structure and composition. Journal of Food Science, 55(4), 1054-1059.
- Bielarska, A. M., Jasek, J. W., Kazimierczak, R., ve Hallmann, E., 2022. Red horse chestnut and horse chestnut flowers and leaves: A potential and powerful source of polyphenols with high antioxidant capacity. Molecules, 27(7), 2279.
- Boukhelkhal, M. ve Moulai-Mostefa, N., 2017. Physicochemical characterization of starch isolated from soft acorns of holm oak (*Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp.) grown in Algeria. Journal of Food Measurement and Characterization, 11, 1995-2005.
- Burrell, M. M., 2003. Starch: the need for improved quality or quantity—an overview. Journal of Experimental Botany, 54(382), 451-456.

- Cai, J., Chiang, J. H., Tan, M. Y. P., Saw, L. K., Xu, Y. ve Ngan-Loong, M. N., 2016. Physicochemical properties of hydrothermally treated glutinous rice flour and xanthan gum mixture and its application in gluten-free noodles. *Journal of Food Engineering* 186: 1–9.
- Cappai, M. G., Wolf, P., Pinna, W., ve Kamphues, J., 2013. Pigs use endogenous proline to cope with acorn (*Quercus pubescens* Willd.) combined diets high in hydrolysable tannins. *Livestock Science*, 155(2-3), 316-322.
- Castro, L. M. G., Ribeiro, T. B., Machado, M., Alexandre, E. M. C., Saraiva, J. A. ve Pintado, M., 2022. Unraveling the Effect of Dehulling Methods on the Nutritional Composition of Acorn *Quercus* spp. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106, 104354.
- Coffmann, C. W. ve Garciaj, V. V., 1977. Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 12(5), 473-484.
- Correia, P. R., Leitão, A. E. ve Beirão-Da-Costa, M. L., 2009. Effect of drying temperatures on chemical and morphological properties of acorn flours. *International Journal Of Food Science and Technology*, 44(9), 1729-1736.
- Correia, P. R. ve Beirão-Da-Costa, M. L., 2010. Chestnut and acorn starch properties affected by isolation methods. *Starch-Stärke*, 62(8), 421-428.
- Correia, P. ve Beirão-Da-Costa, M. L., 2012. Effect of drying temperatures on starch-related functional and thermal properties of chestnut flours. *Food and Bioproducts Processing*, 90(2), 284-294.
- Correia, P. R., Nunes, M. C. ve Beirão-Da-Costa, M. L., 2012. The effect of starch isolation method on physical and functional properties of Portuguese nuts starches. I. Chestnuts (*Castanea sativa* Mill. var. Martinha and Longal) fruits. *Food Hydrocolloids*, 27(1), 256-263.
- Cukanović, J., Ninić-Todorović, J., Ognjanov, V., Mladenović, E., Ljubojević, M. ve Kurjakov, A., 2011. Biochemical composition of the horse chestnut seed (*Aesculus hippocastanum* L.). *Archives of biological sciences*, 63(2), 345-351.
- Çırakoğlu, S., 2008. Zn⁺²'nin valkes tanin reçinesiyle adsorpsiyonu ve geri kazanılması (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Çizgen, S., Tuttu, G., ve Ursavaş, S., 2018. Harvest amounts and economic value of the acorn in Turkey. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 109-113.
- Durrani, C. M. ve Donald, A. M., 1995. Physical characterisation of amylopectin gels. *Polymer Gels and Networks*, 3(1), 1-27.
- Egharevba, H. O., 2019. Chemical properties of starch and its application in the food industry. *Chemical Properties of Starch*, 9.
- Ergül, M., 1997. Yemler bilgisi ve teknolojisi. III. Baskı. EÜ Ziraat Fak. Yayınları, (487).
- Gezici, S., 2019. Meşe Palamudunun (*Quercus coccifera* L.) Farklı Kısımlarının A549, MCF-7 ve HeLa İnsan Kanseri Hücrelerine Karşı Antikanser, Antiproliferatif ve

- Laktat Dehidrojenaz Enzim Aktiviteleri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22, 374-381.
- Gök, M. K., 2008. Nişasta esaslı biyoyoumlu polimerlerin sentezi ve karakterizasyonu (Master's thesis), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gönül, M., 1978. Nişastanın gıda endüstrisinde kullanımı. Gıda, 3(3).
- Gönül, G., 2019. Meşe palamudundan nişasta eldesi, hidroksipropil palamut nişasta (HPAS) sentezi ve karakterizasyonu (Master's thesis), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hafizoğlu, H., 1982. Orman Ürünleri Kimyası, Cilt 1 Odun Kimyası. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın, (52).
- Hassan, I., Wani, I. A., Hussain, P. R. ve Dar, A. H., 2021. Physico-chemical properties of Indian horse chestnut (aesculus indica) starch films as affected by γ -irradiation. Journal of Packaging Technology and Research, 5(3), 175-184.
- Hoover, R. ve Ratnayake, W. S., 2002. Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. Food Chemistry, 78(4), 489-498.
- Inanç, S. ve Ayaz, H., 2018. The Impact of Forests in Climate Change. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology, 3(1), 239056.
- Irinislimane, H. ve Belhaneche-Bensemra, N., 2017. Extraction and characterization of starch from oak acorn, sorghum, and potato and adsorption application for removal of maxilon red GRL from wastewater. Chemical Engineering Communications, 204(8), 897-906.
- Janarthanan, U. K., Varadharajan, V. ve Krishnamurthy, V., 2012. Physicochemical evaluation, Phytochemical screening and chromatographic fingerprint profile of Aegle marmelos (L.) leaf extracts. World Journal of Pharmaceutical Research, 1(3), 813-837.
- Jenkins, P. J., Cameron, R. E. ve Donald, A. M., 1993. A universal feature in the structure of starch granules from different botanical sources. Starch-Stärke, 45(12), 417-420.
- Karagül, E. T., 2018. Türkiye Bakla, Bezelye ve Börülce Tarımına Bir Bakış. Yemeklik Tane Baklagil Çalıştayı. Adana. Çalıştay Kitabı, 166-180.
- Karatoprak, G. Ş., 2019. Horse Chestnut. In Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements (pp. 295-299). Academic Press.
- Kaur, L., Singh, J. ve Singh, N. (2006). Effect of cross-linking on some properties of potato (Solanum tuberosum L.) starches. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86(12), 1945-1954.
- Kaur, K., Kaur, G. ve Singh, A., 2023. Water chestnut starch: extraction, chemical composition, properties, modifications, and application concerns. Sustainable Food Technology, 1(2), 228-262.
- Kaya, E., 2012. Farklı meşe türünden elde edilen palamutların potansiyel beslemedeğeri. Yüksek lisans, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

- Kayacık, H., 1977. Türkiye meşe ormanlarına toplu bir bakış ve bunların geleceği hakkında düşünceler. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 27(2), 32-40.
- Kılınççeker, O., 2019. Bezelye (*Pisum sativum* L.) Nişastasının Gıda Sanayiinde Kullanımı. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 8(1), 52-58.
- Korus, J., Witeczak, M., Ziobro, R. ve Juszczak, L., 2015. The influence of acorn flour on rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread. European Food Research and Technology, 240, 1135-1143.
- Kökten, K., Kaplan, M., Turan, V., Kale, H., Çağan, E., Kardeş, Y. M. ve Tal, E., 2017. Farklı Meşe Palamudu Türlerinin (*Quercus* Sp.) Hayvan Besleme Özellikleri.
- Li, S., Zhou, Y., Liu, M., Zhang, Y. ve Cao, S., 2015. Nutrient composition and starch characteristics of *Quercus glandulifera* Bl. seeds from China. Food Chemistry, 185, 371-376.
- Makhlouf, F. Z., Squeo, G., Barkat, M., Trani, A. ve Caponio, F. 2018. Antioxidant activity, tocopherols and polyphenols of acorn oil obtained from *Quercus* species grown in Algeria. Food Research International, 114, 208-213.
- Musolin, D. L., Kirichenko, N. I., Karpun, N. N., Aksenenko, E. V., Golub, V. B., Kerchev, I. A. ve Selikhovkin, A. V., 2022. Invasive insect pests of forests and urban trees in Russia: Origin, pathways, damage, and management. Forests, 13(4), 521.
- Némethy, S., Takács, T., Szemethy, L., Lagerqvist, B., Barócsi, Z., Dinya, A. ve Peterffy, I., 2020. Collection, cultivation and processing of medical plants, herbs and spices in the Balaton Ecomuseum—herbal medicine as intangible cultural heritage. Ecocycles, 6(1), 52-87.
- Nixon, K. C., 2006. Global and neotropical distribution and diversity of oak (genus *Quercus*) and oak forests. In Ecology and conservation of neotropical montane oak forests (pp. 3-13). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü), 2022. Meşe Palamudu Eylem Planı 2022 – 2026, Tarım ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Ojogbo, E., Ogunsona, E. O. ve Mekonnen, T. H., 2020. Chemical and physical modifications of starch for renewable polymeric materials. Materials Today Sustainability, 7, 100028.
- Owczarek-Januszkiewicz, A., Kicel, A. ve Olszewska, M. A., 2023. *Aesculus hippocastanum* in the pharmaceutical industry and beyond—Phytochemistry, bioactivity, present application, and future perspectives. Industrial Crops and Products, 193, 116187.
- Ölçer, H. ve Akın, B., 2008. Starch: Biosynthesis, granule structure and genetic modifications. Journal of Science and Technology of Dumlupınar University, (016), 1-12.
- Örnek, A., 2006. Modifiye edilmiş meşe palamudu posası ile Pb, Zn ve Cd iyonlarının adsorpsiyonu (Master's thesis), Sakarya Üniversitesi.
- Özer, A. E., 1998. Meşe ve Meşe ağaçlandırması. TEMA.

- Parsai, A., Murgia, A. ve Demeyer, S., 2017. LittleDarwin: a feature-rich and extensible mutation testing framework for large and complex Java systems. In *Fundamentals of Software Engineering: 7th International Conference, FSEN 2017, Tehran, Iran, April 26–28, 2017, Revised Selected Papers 7* (pp. 148-163). Springer International Publishing.
- Pasqualone, A., Makhlouf, F. Z., Barkat, M., Difonzo, G., Summo, C., Squeo, G. ve Caponio, F., 2019. Effect of acorn flour on the physico-chemical and sensory properties of biscuits. *Heliyon*, 5(8).
- Pavlović, M., Rakić, T., Pavlović, D., Kostić, O., Jarić, S., Mataruga, Z. ve Mitrović, M., 2017. Seasonal variations of trace element contents in leaves and bark of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in urban and industrial regions in Serbia. *Archives of Biological Sciences*, 69(2), 201-214.
- Pérez-Pacheco, E., Moo-Huchin, V. M., Estrada-León, R. J., Ortiz-Fernández, A., May-Hernández, L. H., Ríos-Soberanis, C. R. ve Betancur-Ancona, D., 2014. Isolation and characterization of starch obtained from *Brosimum alicastrum* Swartz Seeds. *Carbohydrate Polymers*, 101, 920-927.
- Pradeep, B., Hemba, P., Jagadeesh, A. K., Ramakakanavar, C. G., Nayak, S. ve Rao, C. V., 2019. Biosynthesis of copper nanoparticles from areca nut extract and its antibacterial and antioxidant properties. *Agriculture and Natural Resources*, 53(4), 386-394.
- Press, B., 2016. *Green Guide to Trees of Britain and Europe*. Bloomsbury Publishing.
- Polat, R., Güner, B., Yüce Babacan, E. ve Çakılcioglu, U., 2017. Survey of wild food plants for human consumption in Bingöl (Turkey).
- Polavarapu, P. L., 2002. Optical rotation: recent advances in determining the absolute configuration. *Chirality*, 14(10), 768-781.
- Porwal, O., Malviya, R., Ameen, M. S., Anwar, E. T. ve Sharma, A., 2022. A review on effect of various parameters on the rheological behaviour, thermal properties and viscosity of potato starch. *Current Materials Science: Formerly: Recent Patents on Materials Science*, 15(1), 10-20.
- Rafiq, S. I., Jan, K., Singh, S. ve Saxena, D. C., 2015. Physicochemical, pasting, rheological, thermal and morphological properties of horse chestnut starch. *Journal of food science and technology*, 52, 5651-5660.
- Rafiq, S. I., Singh, S. ve Saxena, D. C., 2016. Effect of heat-moisture and acid treatment on physicochemical, pasting, thermal and morphological properties of Horse Chestnut (*Aesculus indica*) starch. *Food Hydrocolloids*, 57, 103-113.
- Rafiq, S. I., Muzaffar, K., Rafiq, S. M., Saxena, D. C. ve Dar, B. N., 2021. Underutilized horse chestnut (*Aesculus indica*) flour and its utilization for the development of gluten-free pasta. *Italian Journal of Food Science*, 33(SP1), 137-149.
- Rahim, S. C. ve Ova, G., 2016. İran ve Türkiye Safranları Kullanılarak Yapılan Pudinglerde Dokusal Kalite Özelliklerindeki Değişimlerin Objektif ve Subjektif Yöntemlerle İncelenmesi. *Akademik Gıda*, 14(4), 388-392.

- Rincón-Londoño, N., Vega-Rojas, L. J., Contreras-Padilla, M., Acosta-Osorio, A. A. ve Rodríguez-García, M. E., 2016. Analysis of the pasting profile in corn starch: Structural, morphological, and thermal transformations, Part I. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91, 106-114.
- Rybicka, I. ve Gliszczyńska-Świgło, A., 2021. Sugars in dairy products of different flavours. *International Dairy Journal*, 114, 104933.
- Santana, A. A., Oliveira, R. A. D., Kurozawa, L. E. ve Park, K. J., 2014. Microencapsulation of pequi pulp by spray drying: Use of modified starches as encapsulating agent. *Engenharia Agrícola*, 34, 980-991.
- Savill, P. S., 2019. The silviculture of trees used in British forestry. CABI.
- Serdar, U., Akyuz, B., Ceyhan, V., Hazneci, K., Mert, C., Er, R. ve Uylaşer, V., 2014. An overview of chestnut production in Turkey. *Acta Horti*, 1019, 211-214.
- Shah, U., Gani, A., Ashwar, B. A., Shah, A., Wani, I. A. ve Masoodi, F. A., 2016. Effect of infrared and microwave radiations on properties of Indian Horse Chestnut starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 84, 166-173.
- Sharma, M., Aguado, R., Murtinho, D., Valente, A. J., De Sousa, A. P. M. ve Ferreira, P. J., 2020. A review on cationic starch and nanocellulose as paper coating components. *International journal of biological macromolecules*, 162, 578-598.
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S. ve Gill, B. S., 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry*, 81(2), 219-231.
- Singh, N., Kaur, L., Sandhu, K. S., Kaur, J. ve Nishinari, K., 2006. Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. *Food Hydrocolloids*, 20(4), 532-542.
- Singh, G. D., Sharma, R., Bawa, A. S. ve Saxena, D. C., 2008. Drying and rehydration characteristics of water chestnut (*Trapa natans*) as a function of drying air temperature. *Journal of Food Engineering*, 87(2), 213-221.
- Singh, G. D., Bawa, A. S., Riar, C. S. ve Saxena, D. C., 2009. Influence of heat-moisture treatment and acid modifications on physicochemical, rheological, thermal and morphological characteristics of Indian water chestnut (*Trapa natans*) starch and its application in biodegradable films. *Starch-Stärke*, 61(9), 503-513.
- Smith, A. M., 2001. The biosynthesis of starch granules. *Biomacromolecules*, 2(2), 335-341.
- Soni, P. L., Sharma, H., Dun, D. ve Gharia, M. M., 1993. Physicochemical properties of *Quercus leucotrichophora* (Oak) starch. *Starch-Stärke*, 45(4), 127-130.
- Stevenson, D. G., Jane, J. L. ve Inglett, G. E., 2006. Physicochemical properties of pin oak (*Quercus palustris* Muenchh.) acorn starch. *Starch-Stärke*, 58(11), 553-560.
- Szablowska, E. ve Tańska, M., 2021. Acorn flour properties depending on the production method and laboratory baking test results: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 980-1008.
- Taib, M. ve Bouyazza, L., 2021. Composition, physicochemical properties, and uses of Acorn starch. *Journal of Chemistry*, 2021, 1-9.

- Takahashi, T., Tsurunaga, Y., Schmidt, W. F. ve Yoshino, K., 2017. Functional evaluation of horse chestnut seed and its application in the production of compounded paper for effective utilization of an untapped resource. *Journal of Wood Science*, 63(5), 484-495.
- Tester, R. F., Karkalas, J. ve Qi, X., 2004. Starch—composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science*, 39(2), 151-165.
- Torrence, R. ve Barton, H., 2016. Ancient starch research. Routledge.
- Umachigi, S. P., Jayaveera, K. N., Kumar, C. A., Kumar, G. S. ve Kumar, D. K., 2008. Studies on wound healing properties of *Quercus infectoria*. *Tropical journal of Pharmaceutical Research*, 7(1), 913-919.
- Vinha, A. F., Costa, A. S. G., Barreira, J. C., Pacheco, R. ve Oliveira, M. B. P., 2016. Chemical and antioxidant profiles of acorn tissues from *Quercus* spp.: Potential as new industrial raw materials. *Industrial Crops and Products*, 94, 143-151.
- Vinha, A. F., Barreira, J. C., Ferreira, I. C. ve Oliveira, M. B. P., 2020. Therapeutic, phytochemistry, and pharmacology of acorns (*Quercus* nuts): A review. *Bioactive compounds in underutilized fruits and nuts*, 273-287.
- Visakh, P. M., Mathew, A. P., Oksman, K. ve Thomas, S., 2012. Starch-Based Bionanocomposites: Processing and Properties. *Polysaccharide building blocks: A sustainable approach to the development of renewable biomaterials*, 287-306.
- Wani, I. A., Sogi, D. S. ve Gill, B. S., 2012. Physicochemical properties of acetylated starches from some Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(9), 1993-1999.
- Wani, I. A., Jabeen, M., Geelani, H., Masoodi, F. A., Saba, I. ve Muzaffar, S., 2014. Effect of gamma irradiation on physicochemical properties of Indian Horse Chestnut (*Aesculus indica* Colebr.) starch. *Food Hydrocolloids*, 35, 253-263.
- Wendlandt, W. W., 1986. The development of thermal analysis instrumentation. *Thermochimica Acta*, 100(1), 1-22.
- Wang, S., Chao, C., Cai, J., Niu, B., Copeland, L. ve Wang, S., 2020. Starch–lipid and starch–lipid–protein complexes: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(3), 1056-1079.
- Xu, X., Chen, Y., Luo, Z. ve Lu, X., 2019. Different variations in structures of A-and B-type starches subjected to microwave treatment and their relationships with digestibility. *LWT*, 99, 179-187.
- Yaltırık, F., 1984. Türkiye meşeleri: teşhis kılavuzu. Yenilik Basımevi.
- Yaltırık, F., 1988. Dendroloji Ders Kitabı, II. Angiospermae (Kapalı Tohumlular), Bölüm I, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 3509, 390.
- Yoo, S. H., Lee, C. S., Kim, B. S. ve Shin, M., 2012. The properties and molecular structures of gusiljatbam starch compared to those of acorn and chestnut starches. *Starch-Stärke*, 64(5), 339-347.
- Zarroug, Y., Boulares, M., Mejri, J., Slimi, B., Hamdaoui, G., Djebi, S. ve Kharrat, M., 2020. Extraction and characterization of Tunisian *Quercus ilex* starch and its

effect on fermented dairy product quality. International Journal of Analytical Chemistry.

