

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖLEVEZ NIŞASTASININ YAPISAL, FİZİKOKİMYASAL VE JELLEŞME
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

BURCU YAŞAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. MUHAMMET ARICI**

İSTANBUL, 2017

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖLEVEZ NİŞASTASININ YAPISAL, FİZİKOKİMYASAL VE JELLEŞME
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Burcu YAŞAR tarafından hazırlanan tez çalışması 30.05.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Muhammet ARICI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Muhammet ARICI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Ömer Said TOKER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK
Namık Kemal Üniversitesi

Bu alışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 1140391 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim süresince engin bilgisi, tecrübesi ve önerileri ile bana her zaman yardımcı olan, tez çalışmamın yürütülmesine destek veren değerli danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Muhammet ARICI' ya saygılarımı ve en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımnda materyal olarak kullandığım gölevez yumrularının teminini sağlayan Sayın Faruk ARICI'ya teşekkür ederim.

114O391 numaralı proje kapsamında tezime destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Araştırmalarımın çeşitli aşamalarında yardımları ve fikirleri ile çalışmalarımın gelişmesine katkı sağlayan, bilgilerini benimle paylaşan değerli hocalarım Yrd. Dç. Dr. Ömer Said TOKER, Arş. Gör. Ruşen Metin YILDIRIM ve Arş. Gör. Gökem ÖZÜLKÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım boyunca her türlü alt yapısından yararlandığım Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümüne teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince desteği, teşviki ve anlayışını bir an bile esirgemeyen değerli eşim Arş. Gör. Yusuf KAHRAMAN'a teşekkür ederim.

Son olarak, beni bu yola teşvik eden maddi ve manevi desteklerini, sevgilerini her zaman yanımda hissettiğim kıymetli annem Gülşen YAŞAR'a babam, Kenan YAŞAR'a ablam Buşra YARGICI'ya, eniştem Ahmet Ümit YARGICI'ya ve kardeşim Yuşa YAŞAR'a özel teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2017

Burcu YAŞAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	
LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1 Nişastanın Yapısı	4
2.2 Nişastanın Jelatinizasyonu	7
2.3 Gamlar ve Nişasta Jelatinizasyonuna Etkileri.....	9
2.4 Gölevez ve Özellikleri	12
2.4.1 Gölevezin Kullanım Olanakları	14
2.4.2 Gölevez Nişastası	15
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE METOT	17
3.1 Materyal.....	17
3.1.1 Gölevez Yumrusunun Temini.....	17
3.1.2 Çalışmada Kullanılan Kimyasallar	18

3.2	Metot	18
3.2.1	Gölevez Yumrusundan Nişasta Eldesi.....	18
3.2.2	Nişastanın Fizikokimyasal Analizleri	20
3.2.2.1	Nem Tayini	20
3.2.2.2	Kül Tayini	20
3.2.2.3	Protein Tayini	20
3.2.2.4	Yağ Tayini	21
3.2.2.5	Renk Tayini	21
3.2.3	Nişastanın Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	21
3.2.3.1	Su Tutma Kapasitesi ve Suda Çözünürlüğü	21
3.2.3.2	Donma - Çözünme Stabilesinin Belirlenmesi	22
3.2.3.3	Bulanıklık Özellikleri ve Stabilesinin Belirlenmesi.....	22
3.2.4	Jelleşme Özelliklerinin Belirlenmesi	22
3.2.5	Dirençli ve Toplam Nişasta Miktarı Analizi	23
3.2.6	Nişastanın Amiloz Miktarı Analizi	24
3.2.7	Nişastanın Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	25
3.2.8	Nişastanın X Işını Difraksiyon Dağılımı Özelliklerinin Belirlenmesi....	25
3.2.9	İstatistiksel Analizler	25
 BÖLÜM 4		
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA		26
4.1	Gölevez Nişastasının Fizikokimyasal Özellikleri	26
4.2	Gölevez Nişastasının Teknolojik Özellikleri.....	27
4.2.1	Su Tutma Kapasitesi ve Suda Çözünürlüğü.....	27
4.2.2	Donma - Çözünme Stabilesi	29
4.2.3	Bulanıklık Özellikleri ve Stabilesi	30
4.3	Gölevez Nişastasının Jelleşme Özellikleri.....	31
4.4	Dirençli ve Toplam Nişasta Miktarı	36
4.5	Gölevez Nişastasının Amiloz Miktarı.....	37
4.6	Gölevez Nişastasının Morfolojik Özellikleri	38
4.7	Gölevez Nişastasının X Işını Difraksiyon Dağılımı Özellikleri.....	39
 BÖLÜM 5		
SONUÇ VE ÖNERİLER		41
KAYNAKLAR.....		44
 EK-A		
AMİLOZ KALİBRASYON EĞRİSİ		51
ÖZGEÇMİŞ.....		52

SİMGE LİSTESİ

a^*	Kırmızılık
b^*	Sarılık
Cu	Bakır
$^{\circ}$	Derece
L^*	Parlaklık

KISALTMA LİSTESİ

AM	Amiloz
AMG	Amiloglukosidaz
AP	Amilopektin
DN	Dirençli Nişasta
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
g	Gram
GN	Gölevez Nişastası
GNX1	Gölevez Nişastası + %0,5 Ksantan Gam Karışımı
GNX2	Gölevez Nişastası + %1 Ksantan Gam Karışımı
GNG1	Gölevez Nişastası + %0,5 Guar Gam Karışımı
GNG2	Gölevez Nişastası + %1 Guar Gam Karışımı
GNXG1	Gölevez Nişastası + %0,5 Ksantan Gam - Guar Gam Karışımı
GNXG2	Gölevez Nişastası + %1 Ksantan Gam - Guar Gam Karışımı
HSN	Hızlı Sindirilen Nişasta
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
mL	Mililitre
mg	Miligram
nm	Nanometre
µg	Mikrogram
µm	Mikrometre
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
YSN	Yavaş Sindirilen Nişasta
XRD	X Işını Difraksiyon Dağılımı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Amiloz (a) ve amilopektinin (b) kimyasal yapısı.....	5
Şekil 2. 2 Farklı organizasyon seviyelerinde nişasta yapısı.....	6
Şekil 2. 3 Gölevez bitkisi	12
Şekil 2. 4 Gölevez yumrusu	12
Şekil 3. 1 Nişastaya işlenecek yumrular	17
Şekil 3. 2 Yumrunun iç yapısı	17
Şekil 3. 3 Nişasta üretim akış şeması.....	19
Şekil 3. 4 Elde edilen gölevez nişastasası.....	19
Şekil 4. 1 Gölevez nişastasının suda çözünürlüğü	28
Şekil 4. 2 Gölevez nişastasının su tutma kapasitesi.....	29
Şekil 4. 3 Gölevez nişastasının sinerezis değerlerinin günlere bağlı değişimi	30
Şekil 4. 4 Gölevez nişastasına ait bulanıklık değerlerinin günlere bağlı değişimi	30
Şekil 4. 5 Gölevez nişastasası - ksantan gam karışımına ait jelleşme grafiği	35
Şekil 4. 6 Gölevez nişastasası - guar gam karışımına ait jelleşme grafiği.....	35
Şekil 4. 7 Gölevez nişastasası - ksantan gam-guar gam karışımına ait jelleşme grafiği. 35	
Şekil 4. 8 Gölevez nişastasası ve %1 oranında eklenen gamlara ait jelleşme grafiği.....	36
Şekil 4. 9 Gölevez nişastasası SEM görüntüsü (5000 kat büyütme)	38
Şekil 4. 10 Gölevez nişastasası SEM görüntüsü (20000 kat büyütme)	39
Şekil 4. 11 Gölevez nişastasasının XRD paterni	40

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Gölevez yumrusunun bileşimi.....	14
Çizelge 3. 1 Jelatinizasyon analiz setleri	23
Çizelge 4. 1 Gölevez nişastasına ait kimyasal bileşenler ve renk değerleri	26
Çizelge 4. 2 Gölevez nişastasının su tutma kapasitesi ve suda çözünürlüğü	28
Çizelge 4. 3 Gölevez nişastasının sinerezis ve bulanıklık değerleri	31
Çizelge 4. 4 Nişasta örneklerine ait jelleşme parametreleri	32

GÖLEVEZ NİŞASTASININ YAPISAL, FİZİKOKİMYASAL VE JELLEŞME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Burcu YAŞAR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Muhammet ARICI

Gölevez (*Colocasia esculenta* L.Schott) Araceae familyasından, tek yıllık tropik- subtropik bir iklim bitkisi. Ülkemizde yaygın olarak Mersin ilinde yetiştirilip tüketilmektedir. Gölevez yumrusu, karbonhidrat, mineral ve diyet lifi açısından oldukça zengin bir üründür. Besinsel değeri yüksek bir ürün olmasından dolayı, gıda endüstrisinde kullanılması büyük önem arz etmektedir. Dünya çapında bakıldığında gölevez farklı ülkelerde değişik kullanım alanları bulmuştur. Gölevezin ülkemizde kullanımı ise çok yaygın olmayıp, genellikle yemek yapılarak tüketilmesi mevcuttur. Gölevezin kullanımının kısıtlı olması, başka ürünlerin formülasyonlarına ilave edilerek tüketimini daha geniş bir alana yayması gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca yumrudaki karbonhidratın büyük bir kısmını nişastanın oluşturması, yumrudan nişasta eldesini olanaklı kılmaktadır.

Bu çalışmada, gölevez yumrusundan nişasta eldesi gerçekleştirilmiş olup, elde edilen nişastanın fizikokimyasal, teknolojik ve jelleşme özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca hidrokolloidlerin nişastaların fonksiyonel özelliklerini geliştirmesi sebebiyle çeşitli konsantrasyonlardaki (%0,5 ve %1) farklı gıamların (ksantan gam, guar gam ve ksantan gam – guar gam karışımı) gölevez nişastasının jelatinizasyonuna etkileri incelenmiştir.

Gölevez nişastası Mersin'in Anamur ilçesinden temin edilen gölevez yumrularından izole edilmiştir. Yüksek saflıkta (%95,16) beyaz renkte elde edilen gölevez nişastasının toplam

nişasta içeriği % 84,29, dirençli nişasta içeriği % 3,14 ve amiloz içeriği % 9,92 olarak bulunmuştur. Gölevez nişastasının nem, protein, kül ve yağ içeriği sırasıyla %11,42, %1,29, %1,39 ve % 0,11 olarak tespit edilmiştir. Nişastanın L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 90,87, 2,19, 4,71 olarak bulunmuştur.

Gölevez nişastası granüllerinin morfolojik yapıları taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiş, düzensiz şekilli, çokgen bir yapıya sahip oldukları ve nişasta granüllerinin ortalama boyutunun 0,5 ile 3 μm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Nişastanın kristalografik yapısı incelendiğinde, A-tipi XRD paterni sergilediği belirlenmiştir. Nişastanın su tutma kapasitesi ve suda çözünürlüğü nişasta süspansiyonu 60°C den 90°C'ye ısıtıldığında giderek artış göstermiş ve 90°C'de bu değerler su tutma kapasitesi ve suda çözünürlüğü için sırasıyla 14,22 g/g ve %16,86 olarak kaydedilmiştir. Gölevez nişastasının bulanıklık ve sinerezis değerleri incelendiğinde günlere göre kararlı bir azalma ya da artma gözlemlenmemekle birlikte bulanıklık değerlerinde günlere göre azalma görülmüştür.

Gölevez nişastasının jelleşme özellikleri ve farklı konsantrasyonlarda ilave edilen gamların gölevez nişastasının jelleşme özelliklerine etkisi reometre cihazı kullanılarak jelatinizasyon analizi ile tespit edilmiştir. Sonuçlar, hidrokolloid ilavesinin nişastasının jelatinizasyon özelliklerini önemli derecede etkilediğini göstermiştir. Ksantan ve guar gam konsantrasyonlarının artması, peak viskozite, final viskozite, setback viskozite ve breakdown viskozite parametrelerini önemli ölçüde artırmıştır. Kullanılan gamlar karşılaştırıldığında, guar gamın daha baskın bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. % 1 oranında guar gamın eklenmesi, pik, final, breakdown ve setback viskozite değerlerini sırasıyla 1786,5 cP'den 8787 cP'ye, 2804,5 cP'den 6439 cP'ye, 453,6 cP'den 5760 cP'ye, 1471,5 cP'den 3412 cP'ye çıkarmıştır.

Elde edilen sonuçlar gölevez nişastasının, fizikokimyasal, teknolojik özellikleri ve çeşitli gamlarla olumlu etkileşimleri nedeniyle, gıda ürün geliştirme için alternatif bir kaynak olarak önerilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Gölevez (*Colocasia esculenta*) nişastası, teknolojik, fizikokimyasal, jelleşme, ksantan gam, guar gam

**DETERMINATION OF STRUCTURAL, PHYSICOCHEMICAL AND PASTING
PROPERTIES OF THE TARO STARCH**

Burcu YAŞAR

Department of Food Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Muhammet ARICI

Taro (*Colocasia esculenta* L.Schott), from the Araceae family, is the annual tropic-subtropic plant, widely grown and consumed in Mersin, Turkey. Taro tuber is quite rich in carbohydrate, mineral and dietary fiber content. Since it is a high nutritional value product, it is very important to use it in the food industry. Taro have found various uses in different countries in worldwide. The use of taro is not very common in Turkey and is usually consumed by cooking. The limited use of taro reveals the need to expand consumption to a wider area by adding to the formulations of other products. In addition starch form a major source of carbohydrates in the taro tuber which makes it convenient to obtain starch from taro tuber.

In this study, starch was obtained from the taro tuber and physicochemical, technological and pasting properties of the obtained starches were determined. Also the influence of different hydrocolloids (guar gum, xanthan gum and mixture of these gums) at different concentrations (0.5 and 1%) on the pasting properties of the starch was investigated because hydrocolloids are used to improve functional properties of starches.

The starch was isolated from taro tubers which were obtained from Anamur district of Mersin. Taro starch was isolated in 95.16% pure, with white color. The total starch content of the taro starch was 84.29%, the resistant starch content was 3.14% and the

amylose content was 9.92%. The moisture, protein, ash and fat contents of starch were determined as 11.42, 1.29, 1.39 and 0.11%, respectively. The L^* , a^* and b^* values of the starch were determined as 90.87, 2.19, 4.71, respectively.

Morphological structures of the starch granules were observed and it was found that they had irregular shape, polygonal structure and the average size of the starch granules varied from 0.5 to 3 μm . The crystallographic structure of starch displayed A-type XRD pattern. The swelling power and water solubility of starch increased gradually when the starch suspension was heated from 60°C to 90°C, and at 90°C these values were determined as 14.22 g/g and 16.86% for swelling power and water solubility, respectively. When the turbidity and syneresis values of the taro starch were examined, a steady decline or increase wasn't observed. However, turbidity values decreased day by day.

The pasting properties of taro starch and the effect on the pasting properties of gums added in different concentrations were determined with pasting analysis by using rheometer. When the pasting characteristic of the taro starch were examined, the results showed that hydrocolloid addition significantly affected the gelatinization properties of starch. Increase of xanthan and guar gum concentrations significantly increased the peak viscosity, final viscosity, setback viscosity and breakdown viscosity parameters. Guar gum had more dominant effect when compared with the xanthan gum, and mixture of guar-xanthan gums. Addition of 1% guar gum increased peak, final, breakdown and setback viscosity values from 1786.5 cP to 8787 cP, from 2804.5 cP to 6439 cP, from 453.6 cP to 5760 cP, from 1471.5 cP to 3412 cP, respectively.

The results show that taro starch can be offered as an alternative source for food product development due to its physicochemical, functional properties and positive interactions with various gums.

Keywords: Taro (*Colocasia esculenta*) starch, technological, physicochemical, pasting, xanthan gum, guar gum

1.1 Literatür Özeti

Araceae ailesinin bir üyesi olan Gölevez (*Colocasia esculenta* L. Schott); yumrulu bir sebze bitkisi olup dünya çapında birçok ülkede üretimi ve tüketimi yapılmaktadır. Yer altı bitkilerinden önemli bir bitkidir ve başta yumruları olmak üzere, yaprakları da sebze olarak tropikal bölgelerde tüketilmektedir. Ülkemizde ise, Akdeniz bölgesinde, Mersin'in Anamur ve Bozyazı ilçeleri ile Antalya'nın Alanya ve Gazipaşa ilçelerinin sahil kesimlerinde patatesten daha çok yetiştirilip, yaygın olarak tüketilmektedir [1]. Yapılan araştırmalar yumruların düşük yağ ve protein içeriğine sahip olduğunu gösterirken, karbonhidrat diyet lif ve mineral içeriklerinin yüksek olduğunu göstermektedir [2], [3]. Diyetle kompleks karbonhidrat tüketiminin sağlık üzerine olumlu etkileri düşünüldüğünde gölevez yumruları önemli bir besin kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat yumrular, kalsiyum oksalat kristalleri içermesi sebebiyle çiğ tüketime uygun değildir ve bu nedenle pişirilerek tüketilmesi gerekmektedir. İşleme şeklinin fazla bilinmemesi nedeniyle gölevez tüketimi sadece üretildiği bölgelerle sınırlı kalmıştır.

Yumrular yüksek nem içeriklerine bağlı olarak uzun süre depolanamazlar ve bu nedenle de en iyi saklama şekli un veya nişastaya işlenmeleridir. Ancak gölevez yumrularından elde edilen nişasta teknolojik ve jelleşme özelliklerinin detaylı olarak bilinmemesi nedeni ile ticari bir ürüne dönüşmemiştir. Yapılan çalışmalar, gölevez yumrularının ve yumrulardan elde edilen nişastanın ticari olarak kullanılan mısır, buğday ve pirinç gibi değerlendirilebilmesi için besleyici ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi gerektiğini öneri olarak sunmaktadır [4].

Gölevezin hasat sonrası kayıpları, yüksek nem içeriği ve büyük ebattaki yumruları nedeniyle yüksektir. Ayrıca, bu ürün için özel soğuk depolar mevcut değildir. Bu kayıplar, bu yumruların kurutularak nişastaya veya diğer bileşenlere dönüştürülerek depolanmasıyla azaltılabilir. Bu şekilde depolama için gerekli alan azaltılmış ve yumrular kolay bozulmaz formlara dönüştürülmüş olur [5]. Gölevez, nişasta kaynağı olarak büyük bir potansiyele sahiptir ve pek çok endüstriyel uygulamada birçok ticari nişastanın yerini alabilir [6]. Bu ürünün potansiyeli, tahıl üretiminin uygun olmadığı nemli ve nemli tropik bölgelerde yüksektir [7]. Gıda uygulamalarında gölevez potansiyel bir nişasta kaynağı olarak kabul etmeden önce, fizikokimyasal, işlevsel ve duyusal özelliklerinin karakterize edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, diğer ticari nişastalarla rekabet edebilme aşamasına gelebilmesi için yerli gölevez nişastasının özellikleri üzerinde daha ayrıntılı çalışılması ve araştırma yapılması gerektiği açıktır [8].

1.2 Tezin Amacı

Nişastalar çeşitli ürünlerde kullanılan, çok farkı özelliklere sahip ürünler olması nedeniyle, gıda endüstrisinde hangi gıdalarda kullanılabileceğine karar vermek için özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle yapılan tez çalışmasında, gölevez yumrularının gıda endüstrisinde ve Türkiye’de kullanım olanaklarının arttırılmasına yönelik, bir bileşen olarak kullanılacak olan gölevez nişastasının eldesi ve elde edilen nişastanın özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu anlamda çalışma kapsamında;

1. Gölevez yumrusundan nişasta eldesi,
2. Elde edilen nişastanın fizikokimyasal, teknolojik ve jelleşme özelliklerinin belirlenmesi ve incelenmesi,
3. Çeşitli konsantrasyonlardaki farklı gamların gölevez nişastasının jelatinizasyon özelliklerine olan etkisinin incelenmesi ve
4. Elde edilen gölevez nişastasının belirlenen özelliklerine bağlı olarak gıda endüstrisinde kullanılmasına yönelik önerilerin yapılması hedeflenmiştir.

1.3 Hipotez

Gölevez yumrusu gıda olarak fonksiyonel ve besinsel değeri yüksek bir üründür. Gölevezin öneminin tam olarak anlaşılmaması ve yüksek nem içeriği sebebiyle

Türkiye’de yetiştiricilik alanları ve tüketimi kısıtlı kalmıştır. Bu durum gölevezin başka ürünlerin formülasyonlarına ilave edilerek tüketimini daha geniş bir alana yayması gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Yumrunun yüksek nem içeriği sebebiyle, en iyi muhafaza etmenin yollarından biri, yumrudan suyu uzaklaştırmak olduğu düşünülmektedir. Ayrıca gölevezin kimyasal bileşimi olarak yüksek nişasta içeriğine sahip olması, yumrudan nişasta eldesini olanaklı ve kârlı kılmaktadır. Bu anlamda hipotezimiz, yüksek nişasta içeriğine sahip gölevez yumrusundan elde edilen nişastanın özelliklerinin iyice belirlenmesinin sağlanarak, ürünlerinin gıdalarda alternatif ve besleyici unsur olarak kullanılmasının geliştirilmesidir. Gölevezin özellikle ülkemizde kullanımının arttırılmasına yönelik yapılan bu çalışmanın yetiştirildiği bölgelerin ekonomisine de fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

BÖLÜM 2

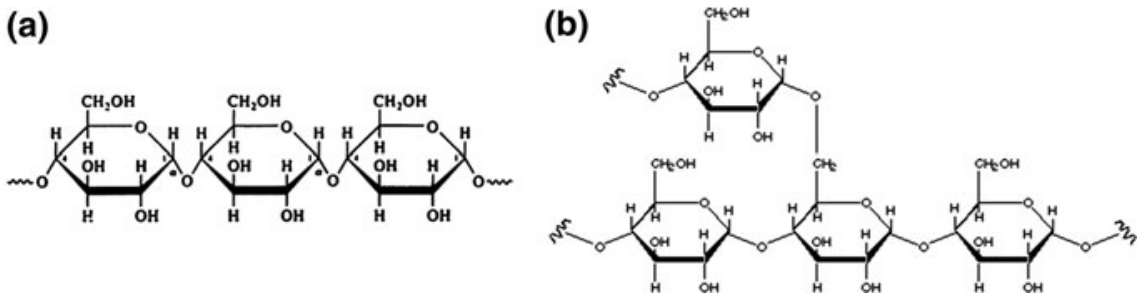
LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Nişasta ve Yapısı

Nişasta, bitkilerde en çok depolanan karbonhidrattır. Bitkilerde dormansi (uyku) ve yeniden gelişme dönemlerinde enerji kaynağı olarak kullanılır. Tohumları, meyveleri, yumruları ve kökleri olmak üzere birçok farklı bitki organında bulunur. Bitkilerdeki nişastayı depolayan bu organların çoğu, insan beslenmesinde temel gıda maddelerini oluşturmaktadır. Nişasta giderek artan bir şekilde yenilenebilir bir hammadde, enerji kaynağı ve birçok farklı endüstriyel uygulama için kullanılmaktadır [9]. Nişasta sadece ucuz ve doğal bir materyal olmakla kalmayıp, aynı zamanda fizikokimyasal özelliklerinin kimyasal veya enzim modifikasyonu ve/veya fiziksel muamele ile değiştirilebilme kolaylığı nedeniyle çok yönlü ve kullanışlı bir polimerdir [10]. Nişasta, gıda katkı maddesi olarak gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir katkı maddesi olarak, gıdalarda viskozite, kıvam sağlama ve stabilize edici etkilere ve tekstür modifikasyonuna katkıda bulunur [11]. Nişasta granülleri, kuru ağırlığın yaklaşık % 98-99'unu temsil eden iki tip α -glukan olan, amiloz ve amilopektinden oluşur. İki polisakarit oranı, nişastanın botanik kökenine, bölgeye, yetiştirme şartlarına ve elde etme yöntemlerine göre değişir. 'Mumsu' nişastalar, % 15'ten az amiloz, normal nişastalar % 20-35 ve yüksek amilozlu nişastalar % 40'dan daha fazla amiloz içerir [12].

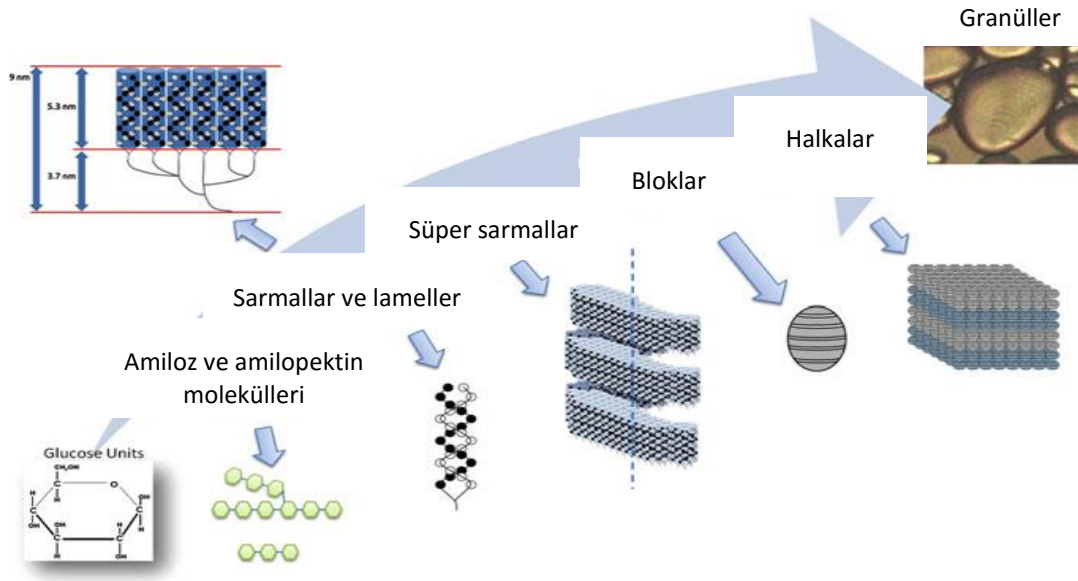
Nişastanın özellikleri büyük oranda amiloz ve amilopektinin içeriğine, aynı zamanda granüllerin şekline ve boyutuna bağlıdır. Çok sayıda hidroksil grubunun varlığı nişastanın hidrofilik yapısını belirler. Amiloz, α -1,4 bağlarla D-glikopiranoz birimlerinden oluşan

esas olarak doğrusal bir polimerdir (Şekil 2.1a) [13], [14]. Bazı amiloz molekülleri, olağandışı α -1,6 tipi bağların neden olduğu az sayıda dala (% 0,3 ile % 0,5 arasında) sahiptir [13], [15]. Amiloz moleküllerinin polimerizasyon derecesi, nişasta granüllerinin botanik kökenine, yetiştirilme bölgesine, yetiştirilme şartlarına ve elde etme yöntemlerine bağlıdır. Pirinç nişastasında, amiloz molekülleri oluşturan glikopiranoz ünitelerinin sayısı yaklaşık 900-1.000' dir. [16]. Mısır nişastasında yaklaşık 900-1300 birim, patates ve tapyoka nişastasında yaklaşık 2.500-5.000 birimdir [16], [17].



Şekil 2. 1 Amiloz (a) ve amilopektinin (b) kimyasal yapısı [24]

Öte yandan, amilopektin oldukça dallı bir polisakarittir. Amilopektin, α -1,4 bağlarla bağlanmış binlerce D-glikopiranoz biriminden oluşur (Şekil 2.1b). Dallanmalar, az miktarda (% 4-5) α -1,6 bağın oluşturulmasıyla üretilmektedir [18]. Ortalama polimerizasyon derecesi 4×10^5 ve 4×10^7 anhidroglikoz birimleri arasındadır. Bireysel zincir segmentleri 10 ile 100 glikoz ünitesi arasındadır [13], [19]. Son on beş yılda, nişasta granüllerini oluşturan moleküllerin ince yapısını ortaya çıkarmak için önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bununla birlikte, birçok ayrıntı hala açıklanamamıştır [19], [20], [21], [22]. Nişasta çok karmaşık bir hiyerarşik yapıya sahiptir; bu, farklı organizasyon seviyelerine bölünürse daha iyi tanımlanabilmektedir [13], [19], [20], [21], [23]. Nişastanın karmaşık hiyerarşik yapısı Şekil 2.2 'de tasvir edilmiştir.



Şekil 2. 2 Farklı organizasyon seviyelerinde nişasta yapısı [24]

Nişasta granüllerinin üst yapısında, amorf bölgede amiloz dağıtılırken amilopektin farklı organizasyon seviyelerine sahip üst yapıların oluşumuna neden olur. Bu nedenle, hiyerarşik yapı açıklaması esas olarak amilopektin zincirlerinin oluşturduğu üst yapılarda yoğunlaşmıştır [24].

Karakteristik X-ışını kırınım çizgilerine göre nişastanın kristal yapısı A, B, C ve V tipi olmak üzere dört tipe ayrılabilir. Bunlardan A, B ve C tipi doğal nişastanın kristal yapılarıdır ve V tipi amiloz ve lipidler tarafından oluşturulan komplekslerin kristal tipidir [25]. Bu farklılıklar amilopektinin farklı oranlarda bulunmasından kaynaklanmaktadır. A tipi genellikle tahıl nişastalarında bulunurken B tipi nişastalar yumrulu bitkilerde bulunmaktadır. C tipi ise genellikle baklagil nişastalarında yaygın bulunmaktadır.

Nişasta granülleri birçok bitki türünde ve geniş bir bitki dokusunda sentezlenir. Nişastaların granül büyüklükleri (çap olarak 1-100 μm), şekilleri (yuvarlak, mercek, çokgen), boyut dağılımları (tek ya da çift biçim), bireysel (basit) ya da granül kümesel bileşimi (bileşik) ve kompozisyonundaki değişiklikler (α -glukan, lipid, nem, protein ve mineral içeriği) botanik olarak kökenini yansıtmaktadır [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35].

Hava ile dengelenmiş nişastaların nem içeriği, yaklaşık % 10-12 (tahıl) ile yaklaşık % 14-18 (bazı kök ve yumrular) arasında değişmektedir. Saflaştırılmış nişastalar, % 0,6 protein içerir. Nişasta lipidleri ile ortak olarak proteinler yüzeyde oluşur (nişastadan türetilmiş

proteinleri içerir) ve orijinleri ne olursa olsun, granül matrisi içine (kökene bakılmaksızın) gömülür. Nişasta lipidleri ve proteinlerin her ikisi de nişasta işlevselliğini hafifletme potansiyeline sahiptir [36]. Toplu halde, proteinlere nişasta granülü ile bağlantılı proteinler denir ve granül yüzeyler üzerinde bulunan lipidlerle ilişkili olabilir [37].

Niştastalar, fosfor hariç, az işlevsel önemi olan nispeten küçük miktarlarda (% 0,4) mineraller (kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum ve sodyum) içerirler. Fosfat üç ana formda bulunur: fosfat monoesterleri, fosfolipidleri ve inorganik fosfatlar. Fosfat monoesterleri seçici olarak amilopektin molekülü içindeki belirli bölgelere bağlanır [38], [39], [40], [41], [42].

Nişasta, insan beslenmesindeki ana karbonhidrat kaynağıdır ve sindirim oranına ve derecesine göre hızla sindirilebilir nişasta (HSN), yavaş sindirilebilir nişasta (YSN) ve dirençli nişasta (DN) olarak sınıflandırılmıştır [43]. Hızlı sindirilebilir nişasta, yutulduktan hemen sonra kan şekeri seviyesinde bir artışa neden olan nişasta çeşidi iken, YSN, DN 'ye kıyasla ince bağırsakta tamamen sindirilmiş olan nişasta çeşididir. DN, ince bağırsakta sindirime uğramadan fermentasyon için kolona giren nişasta ve/veya nişasta hidroliz ürünleridir [44].

2.2 Nişastanın Jelatinizasyonu

Gıda endüstrisinde birçok uygulamada farklı niştastalar kullanılmaktadır ve bu nedenle neredeyse tüm uygulamalarda niştastalar kullanımdan önce ısıtılmaktadır. Nişasta granülleri, su varlığında ısıtıldığında, moleküler ve yapısal düzeyde çeşitli değişiklikler meydana gelir. Nişasta yapısının bu değişiklikleri, birtakım yapısal özelliklerden önemli derecede etkilenen granüle özgü jelatinizasyon davranışıyla ilgilidir. Nişastanın bu yapısal özellikleri: granül kompozisyonu, özellikle amilozun (AM), amilopektine (AP) oranı, granül boyutu, granülün moleküler yapısı (özellikle AP zincir uzunlukları ve dağılımı) ve AM ile AP moleküllerinin moleküler ağırlığı olarak karşımıza çıkmaktadır [45], [46].

Niştastanın jelatinizasyonu, nişasta içeren gıdaların üretiminde temel etken olarak kabul edilir. Nişastanın jelatinizasyonu, ekmek fırınlama, sosun koyulaştırılması, pasta

dolgularının jelleşmesi gibi süreçlerde önemli bir rol oynayan ardışık değişimleri içerir. Bu süreçlerin oluştuğu koşullar, nihai gıda ürünlerinin kalitesini belirlemektedir [47].

Hasar görmemiş nişasta granülleri, zincirleri birbirine bağlayan hidrojen bağlarının kollektif kuvveti nedeniyle genellikle su içinde çözünmez [48]. Suyun emilmesi için, nişasta süspansiyonunun sıcaklığının jelatinizasyona başlangıç sıcaklığına ulaşması gerekmektedir. En yaygın nişastaların jelleşme sıcaklığı 55-70 °C arasındadır.

Jelatinizasyon, nişastalara özeldir ve nem, amiloz, amilopektin içeriği, iyonik veya anyonik çözünmüş maddelerin varlığı, ön muamele, işleme koşulları, kimyasal değişiklikler gibi faktörlerden etkilenebilir. Nişastanın koyulaştırma kabiliyeti esasen jelatinleşme davranışından kaynaklanmaktadır. Sulu bir ortamın mevcudiyetinde ve başlangıçtaki jelatinleşme sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta, moleküllerin düzgün yarı kristalli yapısı kaybolur, böylece granüller geniş bir şekilde hidratlanır ve en sonunda şişer [49], [50] [51], [52], [53], [54]. Bu işlem sırasında, özellikle kristalin bölgeler içinde hidrojen bağları bozulmakta, nişasta granülleri içindeki su moleküllerinin hidroksil gruplarına bağlanmasına neden olarak, bir faz dönüşümü meydana gelmektedir. Bu nedenle, ısıtma işlemi sırasında nişastanın fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişiklikler, jelatinizasyon işlemini izlemek için kılavuz olarak kullanılabilir.

Nişasta çözeltisine verilen ısı enerjisi, nişasta granülleri arasındaki nispeten zayıf hidrojen bağlarının kırılmasına neden olur. Bu durum su moleküllerinin nişasta granülüne taşınmasına yol açarken, amiloz molekülleri granüllerden süzölmeye başlar. Sürekli olarak suyun granüle aktarılmasıyla, nişasta granüllerinin şişmesi meydana gelmektedir. Nişasta süspansiyonunun viskozitesi, granül şişmesi ve çözünürlüğün kombine etkisi nedeniyle artar [55]. Su, granülde sıkıştırılamaz olduğundan, nişasta granüllerinde su moleküllerinin birikimi, daha fazla su alınmasının mümkün olmadığı bir noktaya ulaşır. Nişasta granülünün sıkı düzenlenmesi bozulur ve granüller kopar. Nişastanın jelleşmesi işleminde, amiloz ve amilopektin molekülleri, granülün parçalanması nedeniyle nişasta granülünden dışarı akmaktadır. Bu, moleküllerin sulandırılmasını veya fiziksel olarak yayılmasını mümkün olan çözüme dönüştürmektedir. Bu nedenle kısaca, nişasta jelatinleşmesi "granüler şişme, yerli kristalit eritme, çift kırılma kaybı ve nişastanın

çözünürlüğü gibi özelliklerde geri dönüşümsüz değişikliklerle ortaya çıkan nişasta granülü ile moleküler düzenlerin çökmesi (bozulması) olarak tanımlanır " [55], [56].

Jane vd' nin yaptığı bir çalışmada ise AP'nin granül şişkinliğinden sorumlu olduğu ileri sürülürken AM-lipid kompleks fraksiyonunun şişmeyi geciktirebileceği ve jelleşme sıcaklığında bir artışa neden olabileceği belirtilmiştir [45].

Literatürde, nişastanın jelleşme özelliklerini değiştirmek için çeşitli katkı maddeleri ve malzemeler kullanılmıştır. Şekerler nişasta karışımlarına, su mevcudiyetini azaltarak jelleşme sıcaklığını ve jel viskozitesini artırmak için kullanılmıştır [57], [58]. Başka bir çalışmada tuz eklenmesinin nişasta granülünün bütünlüğünün gelişmesine ve jel kıvamında bir artışa neden olduğu belirtilmiştir [59]. Ayrıca nişastanın retrogradasyonunu geciktirmek için de tuzlar eklenmiştir [60]. Yaygın olarak incelenen diğer bileşikler, nişasta şişmesinin ve jel kıvamının azaltılmasını teşvik eden farklı sürfaktanları ve emülsiyon yapıcıları içerir [61], [62]. Bununla birlikte, emülsiyonlaştırıcıların ürettiği başlıca etki, amiloz zincirleri ile kompleksler oluşturarak amilozun retrogradasyonunu inhibe etmektir [63].

Genellikle nişasta içeren ürünlere ilave edilen diğer bileşikler, gıdanın kabul edilebilirliği üzerindeki istenen etkiden ötürü gamlar veya hidrokolloidlerdir.

2.3 Gamlar ve Nişasta Jelatinizasyonuna Etkileri

Hidrokolloidler veya gamlar, suya dağılmış haldeyken yapışkan dispersiyonlar ve / veya jel oluşturma özelliği ile karakterize edilen çeşitli uzun zincirli polimer grubudur. Bu malzemeler ilk olarak ağaçlardan veya çalırlardan çıkan sızıntılarda, bitkilerden veya deniz yosunlarından elde edilen ekstraktlarda, tohumlardan veya tahıldan elde edilen unlarda, fermentasyon işlemleri sonucu çıkan gamlı salgılarda ve diğer birçok doğal ürünlerde bulunmuştur. Çok sayıda hidroksil grubundan oluşması, bağlayıcı su moleküllerini hidrofilik bileşiklere dönüştürerek afinitesini belirgin şekilde artırır. Ayrıca, gerçek bir çözelti ile bir süspansiyon arasında ara madde olan ve bir kolloid özelliklerini sergileyen bir dispersiyon üretirler. Bu iki özelliği göz önünde bulundurarak uygun bir şekilde 'hidrofilik kolloidler' veya 'hidrokolloidler' olarak adlandırılırlar. Hidrokolloidlerin gıdalarda işlevsel özellikleri; kıvam verme, jelleştirme, emülsiyon oluşturma,

stabilizasyon, kaplama vb. gibi geniş bir yelpazeye sahiptir. Hidrokolloidler gıda özellikleri üzerinde önemli etkiler oluşturmaktadırlar. Bu etki ısıtma işlem görmüş süt ürünlerinde milyonda çok az birim olarak kullanılan karragenanın etkisi olabileceği gibi, nişasta ve şekerli jölelerde kullanılan akasya gamının etkisi olarak geniş bir alanda düşünülebilmektedir. Gıdalardaki hidrokolloidler bol miktarda kullanılmasının başlıca nedeni, gıda sistemlerinin reolojisini değiştirme yeteneğidir. Bu, gıda sistemlerinin akış davranışları (viskozite) ve mekanik katı özellikleri (tekstür) olmak üzere iki temel özelliğini içerir. Gıda sistemlerinin tekstürünün ve / veya viskozitesinin modifikasyonu, duyu özelliklerini değiştirmeye yardımcı olur, bu nedenle hidrokolloidler belirli amaçları gerçekleştirmek için önemli gıda katkı maddeleri olarak kullanılırlar. Dünyanın birçok ülkesinde birçok hidrokolloid, izin verilen gıda katkı maddesi kategorisine girmektedir. Çorba, sos, salata sosları, et suları gibi çeşitli gıda formülasyonlarında, tercih edilen viskozite ve ağız hissi elde edebilmek için katkı maddeleri olarak hidrokolloidler kullanılmaktadır. İstenilen tekstürü oluşturmak için dondurma, reçel, jöle, jöleli tatlı, kek ve şeker gibi birçok gıda ürünlerinin formülasyonlarında da kullanılırlar [64].

Nişastaların ve diğer hidrokolloidlerin karışımları, tekstürü değiştirmek ve kontrol etmek, nem tutuculuğunu arttırmak ve gıda ürünlerinin kalitesini kontrol etmek için modern gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. [65]. Guar gamı ve ksantan gamı, gerçek gıda sistemlerinde teknolojik özelliklerinden dolayı en çok kullanılan maddeler arasındadır [66].

Guar gamı, guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) tohumlarının endosperminden elde edilen, suda çözünür non-iyonik polisakkarittir. Guar gamının kimyasal yapısı ise (1-4) bağı ile bağı β-D-mannopiranosil omurgaya ara ara değişen (1-6) bağı ile bağı α-D-galaktopiranosiller şeklindedir [67]. Guar gamı, daha fazla galaktoz dallanma noktası içerdiğinden, diğer bir galaktomannan olan keçiyoynuzu gamına göre daha fazla çözünürdür. Keçiyoynuzu gamının aksine, kendi kendine jel oluşturmaz. Bununla birlikte, boraks ya da kalsiyum, guar gamını çapraz bağlayarak jel haline gelmesini sağlayabilir. Suda, non-iyonik ve hidrokolloidaldir. İyonik kuvvet veya pH'dan etkilenmez, ancak düşük pH ve sıcaklıkta (örneğin 50 °C'de pH 3'te) bozunur. 5-7 pH aralığındaki çözelti içerisinde dengeli kalır. Kuvvetli asitler hidrolize ve viskozite kaybına neden olur ve güçlü konsantrasyonda alkaliler de viskoziteyi düşürme eğilimindedir. Çoğu hidrokarbon

çözücülerinde çözünmez. Elde edilen viskozite zamana, sıcaklığa, konsantrasyona, pH'ya, çalkalama oranına ve kullanılan toz halindeki gamın boyutuna bağlıdır. Sıcaklık düştükçe viskozitedeki artış azalır ve nihai viskozite düşer.

Guar gam, gıda endüstrisinde büyük miktarda suyu bağlabilme kabiliyeti için kullanılır. Bu özellik, buz kristali oluşumunun engellenmesine, ürün tekstürüne, sıcaklık ve viskozitedeki değişikliklerde ürünün stabilize edilmesine katkıda bulunur [68].

Ksantan gam, *Xanthomonas campestris* bakterisi tarafından üretilen bir hücre dışı polisakkarittir. Ksantan gamın birincil yapısı, bir trisakkarit yan zinciri ile alternatif glikoz kalıntıları üzerinde yerini almış β - (1 $\rightarrow$ 4) bağlı D-glikoz birimlerinin bir selülozik omurgasından oluşur. Trisakkarit yan zincir, bir glukuronik asit ile ayrılmış iki mannoz birimi içerir [69]. Terminal manoz ünitelerinin yaklaşık yarısı bir piruvat grubuyla bağlantılıdır ve terminal olmayan kalıntı genellikle bir asetil grubunu taşır. Yan zincirlerdeki karboksil grupları, gam moleküllerini anyonik hale getirir. Ksantan gamın piruvik asit içeriği, *X. campestris*' in suşuna bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir ve ksantan solüsyonlarının farklı viskozitelerine neden olur. Moleküler modelleme çalışmaları, ksantan gamın sarmal bir yapıya sahip olabileceğini, yan dalların helezon eksenine neredeyse paralel konumda bulunduğunu ve yapıyı stabilize ettiğini öne sürmektedir. Ksantan gam çok yapışkan çözeltiler oluşturur ve yeterince yüksek polimer konsantrasyonunda zayıf jel benzeri özellikler sergiler. Bazı galaktomannanlar (örneğin keçiboynuzu gamı) veya konjak glukomannan ile karıştırıldığında termo-tersinir jeller oluşturabilir. Ksantan gam, sıcak veya soğuk çözeltilerde iyi çözünürlüğü, çok düşük konsantrasyonlarda bile yüksek viskozite ve mükemmel termal stabilite nedeniyle gıdalarda yaygın olarak kullanılır [64].

Trisakkarit yan zincirlerinin ana zincirle yakın hizalanması, ksantan molekülünü sıcaklık, asit ve alkali için istikrarlı, oldukça sağlam bir molekül yapar. Bu nedenle, guar gam da dâhil olmak üzere gıda koyulaştırıcı olarak kullanılan diğer polisakaritlerin aksine, ksantan çözeltide katı, sıralı bir zincir biçiminde mevcut olabilir. Bu bağlamda, moleküller arası etkileşim seviyesi guar ve ksantan sistemleri arasındaki en önemli fark olarak gözükmektedir. Bu ayrım, ksantan çözeltisinin zayıf bir jel olarak davranış sergilerken,

guar çözeltisinin karmaşık davranışı ile teyit edilir [70]. Bu davranışlar, nişastanın reolojik ve jelatinizasyon özelliklerine gamların etkileri incelenirken hesaba katılmalıdır.

Yapılan çalışmada guar gam ve ksantan gam kullanılma nedenleri bu iki gamın farklı kaynaklara (guar gam bitkisel kaynaklı iken, ksantan gam mikrobiyal kaynaklı) sahip olması, gamların ucuz ve kolay ulaşılabilir olması, teknolojik özelliklerinin iyi olması, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ve tercih edilen gamlar olmasıdır. Önceki çalışmalar, guar ve ksantan gamın katyonik tapyoka [71], yerli ve anyonik tapyoka [72] ve mumlu mısır [67] nişastalarının yapıştırma ve reolojik özelliklerini farklı şekillerde etkilediğini bildirmiştir.

2.4 Gölevez ve Özellikleri

Gölevez, tropik-suptropik iklim bitkisi olup, nişastalı bitkiler sınıfında yer almaktadır. Gölevez (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), farklı ülkelerde 'taro, old cocoyam, eddoe veya dasheen' gibi çeşitli adlarla bilinmektedir [73]. Ayrıca gölevez bitkisinin yapraklarının fil kulağı şekline benzemesinden dolayı 'elephant ear' ismi ile de adlandırılmaktadır. Gölevez yumrusu gelişimine göre 2 temel türe sahiptir. Bunlardan birisi *C.esculenta* var. *antiquorum*, diğeri ise *C.esculenta* var. *esculanta*'dır. *C.esculenta* var. *antiquorum*, bir küçük ana yumru ve etrafında birkaç yumrucuğa sahiptir. *C.esculenta* var. *esculanta* ise bir büyük ana yumru ve birkaç yumrucuğa sahiptir [74].



Şekil 2. 3 Gölevez bitkisi



Şekil 2. 4 Gölevez yumrusu

Gölevez yumrusu; Asya, Afrika, Orta Amerika ve Pasifik adalarında yaşayan milyonlarca insanın temel gıda kaynağıdır. FAO istatistiklerine göre dünyada 50'den fazla ülkede yaygın olarak yetiştirilmektedir ve toplam yumru üretimi dünya ülkelerinde 2014 yılı için

yaklaşık 10 milyon ton'dur. 2014 yılı için hasat edilen alan dünyada yaklaşık 1,5 milyon hektar ve verimi ise hektar başına yaklaşık 7 ton'dur. Türkiye'de ise bu oranlar FAO istatistiklerine göre; üretim 805 ton, ekilen alan 54 hektar ve verim hektar başına 14,907 ton olarak karşımıza çıkmaktadır [75]. Gölevezin üretimi ve tüketimi ülkemizde Mersin'in Anamur ve Bozyazı ilçeleri ile Antalya'nın Alanya ve Gazipaşa ilçelerinin sahil kesimlerinde patatesten daha fazladır. Gölevez, yerel olarak tüketiminin yanı sıra Türkiye'den Kıbrıs ve İngiltere gibi çeşitli ülkelere de ihraç edilmektedir [76].

Gölevez, sıcaklığın 0°C'nin altına düşmediği bölgelerde, nemli topraklar ve ırmak yataklarında yüksek verimlilikle yetiştirilmektedir. Bu nedenlerle ülkemizin Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinin sahil kesimlerinin iklimi, gölevez yetiştiriciliği için oldukça elverişlidir [76]. Mersin ve Antalya'da gölevez yumruları kış aylarında hasat edilmektedir.

Gölevez yumrusu kalsiyum oksalat kristalleri içermektedir ve çiğ tüketimi sağlığa zarar verdiğinden dolayı uygun değildir ve pişirilerek tüketilmesi gerekmektedir. Ancak, nasıl kullanılması gerektiği fazla bilinmediğinden gölevezin tüketimi sadece üretildiği bölgelerde sınırlı kalmıştır [76].

Gölevezin fiziksel yapısı incelendiğinde, dış yüzeyinde, birbirine paralel şerit halinde dairesel çizgiler mevcuttur ve pürüzlüdür. Yumruların dış rengi koyu kahverengi olup siyaha yakındır. İç rengi ise beyazdır. Yumrular patatesden daha sert bir yapıdadır. Yumruların şekilleri, silindirik, yuvarlak, konik ve elips şekilli olabilmektedir. Uzun yaprak sapları üzerindeki geniş yaprakları dik bir şekilde çıkmaktadır. Yaprak sapları, toprak altındaki yumru ve yumrucukların tepesindeki helezonların içinden çıkmaktadır. Yumruların etrafından onları saracak şekilde yumrucuklar çıkmaktadır [77], [78], [79].

Gölevez yumruları karbonhidrat, lif ve mineraller açısından zengin iken, düşük protein ve yağ içeriğine sahiptir. Yumruların toplam protein içeriğinin %11'ini albumin oluşturmaktadır ve elzem aminoasitlerden fenilalanin ve lösin yüksek oranda bulunmaktadır [80]. Toplam karbonhidrat içeriği %13-29 arasında değişmekte olup, çoğunluğu nişasta ve gamsı (musilaj) maddelerden oluşmaktadır [81]. Diğer tropik yumru bitkiler ile kıyaslandığında daha yüksek oranda protein içermektedir. Beslenme açısından değerlendirildiğinde orta düzeyde enerji, protein ve vitamin, yüksek düzeyde potasyum ve çinko, düşük sodyum içeriğine sahiptir. Gölevez yumrusunun bileşiminin

Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bölümü (U.S. Department of Agriculture) tarafından düzenlenen verileri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir [82].

Çizelge 2. 1 Gölevez yumrusunun bileşimi

Besin Ögesi Birim 100 g’daki miktar	
Nem	70,64 g
Enerji	112 kcal
Protein	1,5 g
Toplam yağ	0,2 g
Kül	1,2 g
Karbonhidrat	26,46 g
Toplam lif	4,1 g
Toplam şeker	0,4 g
Mineraller	
Ca	43 mg
Fe	0,55 mg
Mg	33 mg
P	84 mg
K	591 mg
Na	11 mg
Zn	0,23 mg
Cu	0,172 mg
Mn	0,383 mg
Se	0,7 µg
Vitaminler	
C Vitamini, toplam askorbik asit	4,5 mg
Tiamin, B1	0,095 mg
Riboflavin, B2	0,025 mg
Niasin	0,6 mg
Pantotenik asit	0,303 mg
Vitamin B6	0,283 mg
Folat, toplam	22 mg
A Vitamini	76 IU
E Vitamini (alfa-tokoferol)	2,38 mg
Beta karoten	35 mg

2.4.1 Gölevezin Kullanım Olanakları

Dünya çapında ve ülkemizde incelenecek olursa gölevez, farklı ülkelerde değişik kullanım alanları bulmuştur. Gölevez yumrusu, un üretiminde, nişasta üretiminde, müsilaj madde üretiminde, cips yapımında, çeşitli fermente yemek üretimlerinde kullanılmaktadır [76]. Ülkemizde daha çok sebze yemeği olarak tüketilen gölevezin kuru fasulye ve nohut

yemekleri gibi isteğe bağılı olarak et ile haşlanarak yemeği yapılmaktadır. Yumrudan suda pişme esnasında bamyadaki gibi musilaj madde salgılanmaktadır. Yemeğe buruk bir tat veren gölevez yumrusunun bu tadını önlemek için pişirme esnasında limon sıkılması gerekir. Ayrıca farklı ülkelerde fırınlanarak ve haşlanarak mantı ve börek yapıp hindistan cevizi ile tüketilmesi, kurutulup katkı maddesi olarak kullanılması, yapraklarının çorba yapımında kullanılması, nişastasının plastik ve kozmetik sektöründe kullanılması da mevcuttur.

Gölevez yumrusunun damak zevkine hitap etmesi için sınırlı haşlama, kurutma, kızartma, öğütme, rendeleme, fırınlama gibi özel pişirme metodları geliştirilmiştir [76].

2.4.2 Gölevez Nişastası

Gölevez yumrusu yüksek oranlarda nişasta içermektedir. Gölevezin, küçük granüllerden oluşan %70-80 nişasta içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir [83]. Gölevez nişastası direkt olarak, farklı şekillerde veya işlem görerek hammadde olarak kullanılabilir. Nişasta granüllerinin küçük boyutları nedeniyle kolayca sindirilebilir olduğu düşünülmektedir; bu nedenle bebek mamalarında, tahıllara alerjisi olanların ve süte duyarlı çocukların diyetlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [84], [85]. Küçük tanecik boyutundan dolayı birçok ticari uygulama için uygundur ve pürüzsüz tekstüre sahip jel oluşturur [86]. Biyolojik olarak parçalanabilir polietilen filmin hazırlanmasında kullanılabilir ve küçük tanecik boyutundan dolayı bir yağ ikame görevi görebilir. Vanilin gibi lezzet veren bileşiklerin tutulması için de kullanılabilirler. Küçük boyuttaki granüller, kozmetik formülasyonlarda ve aerosol dağıtma sistemleri kullanan toz hazırlama preparatlarında idealdir. Gölevez nişastasının fizikokimyasal özellikleri yetiştirildikleri bölgeye göre değişmektedir. Amiloz içeriği, su tutma kapasitesi, suda çözünürlük indeksi ve diğer özellikleri lokasyonlara göre önemli derecede farklılık gösterir. Bu anlamda nişastanın kullanım alanına, sahip olduğu fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleriyle karar verilmektedir [8]. Ayrıca gölevez nişastasının dirençli nişasta içeriğinin yüksek olduğunu ve çeşitli modifikasyonlarla bu içeriğin 16 kat arttırılabileceğini gösteren çalışmalar da mevcuttur [87]. Dirençli nişasta, sağlık için büyük önem arz eden bir nişasta fraksiyonudur ve yapılan araştırmalar gölevez dirençli nişastasının düşük hidroliz hızı (düşük glisemik indeks) ve glikoz difüzyonu üzerine inhibe edici etkisi olduğunu

göstermiştir. Bu da gölevez nişastasının diyabet hastaları için hazırlanan gıda formülasyonlarında kullanılabilecek uygun bir alternatif oluşturabileceğini göstermektedir [87].

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Gölevez Yumrusunun Temini

Çalışmalarda materyal olarak kullanılan 2016 yılı kış aylarında hasatı yapılan gölevez yumruları Mersin ili Anamur ilçesinden temin edilmiştir. Dere içerisinde yetişen, fiziksel olarak silindirik, uzun, sert yapıda, kısmen damarlı ve büyük yumrular kullanılmıştır. Gölevez yumruları nişasta elde edilmesine kadar ki süreçte +4°C ve %85 bağıl nemde soğuk odada muhafaza edilmiştir.



Şekil 3. 1 Nişastaya işlenecek yumrular



Şekil 3. 2 Yumrunun iç yapısı

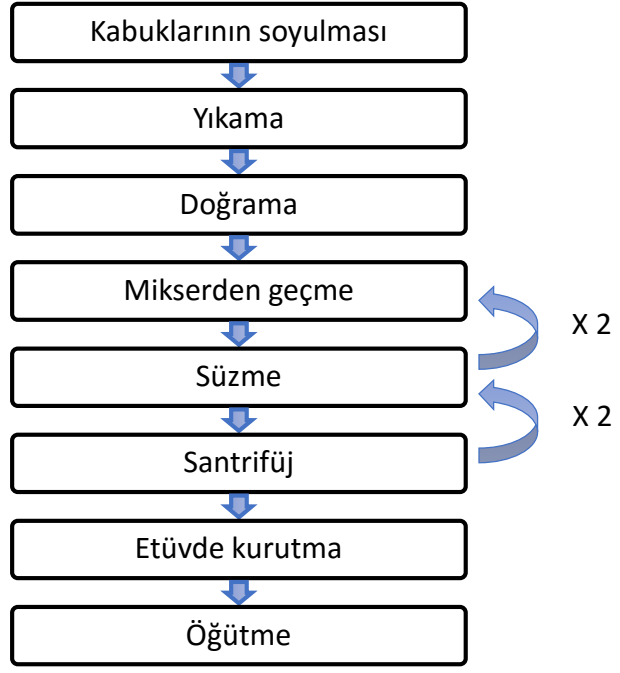
3.1.2 Çalışmada Kullanılan Kimyasallar

Çalışmada analitik saflıkta kimyasal maddeler, standartlar, enzimler ve çözücüler kullanılmıştır.

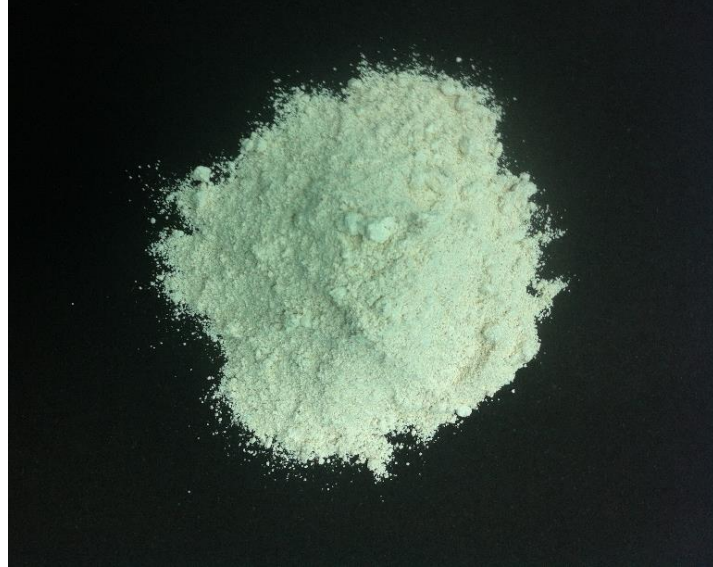
3.2 Metot

3.2.1 Gölevez Yumrusundan Nişasta Eldesi

Nişasta eldesi, Pérez vd. [88] tarafından belirtilen laboratuvar ölçekli metotta, çeşitli modifikasyonlar uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Gölevez yumruları kabuklarındaki kirlere arındırılarak soyulmuş, küçük parçalara kesilmiş ve musluk suyunda yıkanmıştır. Yıkama işlemi gölevez yumrularında bulunan müsilaj maddelerinin uzaklaştırması için birkaç defa tekrarlanmıştır. Yumrular 1:1 oranında suyla blenderda (Waring Commercial, Amerika) yüksek hızda 1,5 dakika homojenize edilmiştir ve homojenizat çift katlı tülbentten süzölmüştür. Ekstraksiyon performansının artırılması amacıyla tülbentte kalan kısım toplanıp tekrar suyla blenderda homojenize edilmiştir ve süzme işlemi tekrarlanmıştır. Süzöntü 0,045mm gözenekli süzgeçten geçirilerek 8.000 x g de 10 dakika santrifüj (Thermo scientific Heraeus, Multifuge X3 FR, Almanya) edilmiştir. Santrifüj sonrası süpernatant kısmı atılarak dipte kalan kısım su ile yıkanmıştır ve tekrar santrifüj edilmiştir. Yıkama işlemi toplamda 2 kez gerçekleştirilmiştir ve elde edilen nişasta çöküntüsü tavalara yayılarak, 40 °C de etüvde (JeioTech, G.Kore) 12 saat kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan nişasta tabakası kahve öğütücöden geçirilerek öğütölmüştür. Nişasta üretim akış şeması Şekil 3.3 'te verilmiştir.



Şekil 3. 3 Nişasta üretim akış şeması



Şekil 3. 4 Elde edilen gölevez nişastası

3.2.2 Nişastanın Fizikokimyasal Analizleri

3.2.2.1 Nem Tayini

Gölevez nişastasının nem tayini AACC [89] standart metot uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Daha önceden daraları alınan ve sabit tartıma getirilen kaplara 2 g nişasta örneği tartılarak etüvde 135 °C de 2 saat kurutulmuştur. Son tartım kaydedilerek nişastanın nem içeriği hesaplanmıştır.

3.2.2.2 Kül Tayini

Nişastanın mineral madde analizi kül fırınında yakma prensibine göre yapılmıştır. Bu amaçla 1,5 g örnek önceden sabit tartıma getirilmiş krozelere tartılmış ve kül fırınında (WiseTherm-Daihan FH-03, Kore) 300 °C de yarım saat ön yakma işlemine bırakılmıştır. Ardından kül fırının sıcaklığı 650 °C 'ye çıkarılmış ve örnekler tamamen yanıncaya kadar bekletilmiştir. Son tartım kaydedilerek % kül miktarı hesaplanmıştır.

3.2.2.3 Protein Tayini

Nişastanın protein tayini Kjeldahl metoduyla gerçekleştirilmiştir. Bunun için 3 g örnek Khejdal balonun içerisine tartılmış, üzerine 25 mL H₂SO₄ ve 1 adet katalizör Khejdal tableti ilave edilip 4 saatlik bir yakma işlemine tabi tutulmuştur. Örnekler soğuduktan sonra destilasyon ünitesine (Behr Distillation Unit-S5, Almanya) yerleştirilmiş ve 4 dakika destilasyon işlemi uygulanmıştır. Ardından 0,1 N HCl çözeltisi ile titrasyon yapılmıştır. Gölevezin protein miktarı harcanan HCl miktarına göre, aşağıda verilen denklemler (3.1), (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Azot} = [(V_1 - V_0) \times 0,014 \times N \times 100] / m \quad (3.1)$$

$$\% \text{ Protein} = \% \text{ Azot} \times 6,25 \quad (3.2)$$

V_1 = Titrasyonda harcanan HCl miktarı (mL)

V_0 = Kör deneme titrasyonunda harcanan HCl miktarı (mL)

N = Titrasyonda harcanan HCl çözeltisinin normalitesi (0,1 N)

0,014 = Azotun mili eşdeğer ağırlığı

m = Tartılan gıda örneği miktarı (g)

3.2.2.4 Yağ Tayini

Toplam yağ miktarı sokselet (soxhelet) yöntemi ile belirlenmiştir. 5 g örnek tartılıp filtre kâğıdına sarıldıktan sonra sokselet kartuşuna yerleştirilmiştir. Hazırlanan bu kartuş cihazın sifonlu haznesine yerleştirilerek cihaz (WiseTherm-Daihan, DH.WHM12293, G.Kore) çalıştırılmıştır. Örnekler çözücü olarak seçilen hekzan ile 6 saat ekstraksiyona bırakılmış ve ekstraksiyon sonucunda çözücünün geri toplanması için örnekler döner evaporatör (Heidolph, Almanya) cihazına yerleştirilmiştir. Hekzanın geri toplanmasından sonra cam balon içerisinde kalan örnekler etüvde 105 °C de 2 saat bekletilmiş ve desikatörde sabit tartıma geldikten sonra tartımı alınarak % yağ miktarı hesaplanmıştır.

3.2.2.5 Renk Tayini

Gölevez nişastasının renk analizi için renk tayin cihazından (Konica Minolta Chroma Meter CR-400, Japonya) yararlanılmıştır. Nişastanın parlaklık (L^*), kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değerleri ölçülmüştür

3.2.3 Nişastanın Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.3.1 Su tutma Kapasitesi ve Suda Çözünürlüğü

Gölevez nişastasının su tutma kapasitesi ve suda çözünürlüğü analizi Sit vd.'nin belirttiği metoda göre yapılmıştır [8]. Bu amaçla önceden darası kaydedilmiş falkon tüplerine nişasta çözeltisi (0,5 g nişasta / 20 mL saf su) hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler 60, 70, 80, 90 °C'lerde 30 dakika çalkalamalı su banyosunda (Wise Bath, Almanya) bekletilmiştir. Süspansiyonlar daha sonra 12000 x g de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatantlar önceden tartımı alınan petri kaplarına aktarılmış ve 103 °C'de 12 saat kuruması için beklenmiştir. Santrifüj tüplerinde kalan şişmiş granüllerin ağırlığı ise tartılmıştır. Nişasta granüllerinin su tutma kapasitesi denklem (3.3), suda çözünürlüğü ise denklem (3.4)'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Su tutma kapasitesi} = \frac{\text{şışmış granül ağırlığı}}{\text{tartılan nişasta ağırlığı}-\text{çözünen nişasta ağırlığı}} \quad (3.3)$$

$$\% \text{ Çözünürlük} = \frac{\text{sıvı kısımda çözünmüş madde miktarı}}{\text{tartılan örnek miktarı}} \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.3.2 Donma-Çözünme Stabilitesinin Belirlenmesi

Donma çözünme stabilitesi Singhal ve Kulkarni' nin belirttiği metoda [90] göre belirlenmiştir. Bu amaçla %5'lik (w/v) nişasta çözeltisi hazırlanmış ve 95°C lik manyetik karıştırıcılı su banyosunda sürekli karıştırma ile 30 dakika bekletilmiştir. 10 mL'lik çözeltiler daha önceden tartımı alınmış santrifüj tüplerine aktarılmış ve ağırlığı kaydedilmiştir. Örnekler -20 °C' ye dondurulmuş ve 22 saat sonra 2 saat boyunca çözünmesi için dondurucudan çıkarılmıştır. Çözünen örnekler 8.000 x g de 10 dakika santrifüj edilerek ayrılan su tartılmıştır ve 6 gün boyunca bu devir tekrarlanarak ölçüm alınmıştır ve serbest kalan su miktarına karşılık sediment miktarına göre sinerezis hesaplanmıştır.

3.2.3.3 Bulanıklık Özellikleri ve Stabilitesinin Belirlenmesi

Gölevez nişastasının bulanıklık özelliklerinin ölçülmesi için Sandhu ve Sing' in kullandığı metot uygulanmıştır [91]. Bu amaçla 0,2 g nişasta 20 mL saf su içerisinde çözdürülerek su banyosunda 90°C de, 1 saat sürekli çalkalama ile hazırlanmıştır. Daha sonrasında nişasta çözeltisi oda sıcaklığına soğutulmuş ve 4 °C de depolanmıştır. Örneklerin absorbanları 640 nm'de spektrofotometre cihazında (UV-1800, Shimadzu, Japonya) ölçülmüştür. Bulanıklık stabilitesinin incelenmesi amacıyla 6 gün boyunca her 24 saatte bir olmak üzere ölçüm kaydedilmiştir.

3.2.4 Jelleşme Özelliklerinin Belirlenmesi

Gölevez nişasasının jelleşme özellikleri peltier sıcaklık kontrol ünitesi ve su banyosu sistemlerine sahip reometre (Anton Paar MCR 302, C-ETD 160/ST, Avusturya) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Bu analiz, reometre cihazına nişasta hücresi bağlanarak gerçekleştirilmiştir. Bu analiz için 2,35 gram nişasta üzerine 19,65 mL saf su eklenmiş ve daha sonra analiz gerçekleştirilmiştir. Nişasta örneği, 50 °C' de 1 dakika tutulmuş ve 50

°C' den 95 °C' ye çıkartılmış ve bu sıcaklıkta 5 dakika bekletilmiştir. Örnekler soğutularak sıcaklığı 50 °C' ye düşürülmüştür. Sıcaklık değişimleri boyunca jelleşme viskozitesi, holding viskozitesi, breakdown viskozitesi, final viskozitesi, setback viskozitesi ve jelatinizasyon sıcaklığı değerleri belirlenmiştir. Farklı hidrokolloidlerin gölevez nişastasının jelatinizasyon özelliklerine etkisini incelemek için bu analiz gölevez nişastası-gam karışımlarında da gerçekleştirilmiştir. Kullanılan gam ve gamın çözelti içinde hangi konsantrasyonda kullanıldığı Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3. 1 Jelatinizasyon analiz setleri

Örnek İsmi	Kullanılan Gam Çeşidi	Gam Konsantrasyonu (%)
GN	-	-
GNX1	Ksantan gam	0,5
GNX2	Ksantan gam	1
GNG1	Guar gam	0,5
GNG2	Guar gam	1
GNXG1	Ksantan gam - guar gam karışımı (%50 - %50)	0,5
GNXG2	Ksantan gam - guar gam karışımı (%50 - %50)	1

3.2.5 Dirençli ve Toplam Nişasta Miktarının Belirlenmesi

Gölevez nişastasının dirençli ve toplam nişasta içeriği, AOAC (2002) yöntemine göre belirlenmiştir [92]. Bu amaçla dirençli nişasta analiz kiti (Megazyme International Ireland Ltd, Bray, İrlanda) kullanılmıştır. Bu yöntemle göre nişasta numunesi başlangıçta, amiloglukosidaz (AMG) (3U/mL) içeren pankreatik α -amilaz eşliğinde sürekli çalkalama ile 37 °C' ye ayarlanmış su banyosunda 16 saat inkübe edilmiştir. İlk aşamada dirençli olmayan nişasta çözünerek glikoza parçalanmıştır. Dirençli nişasta ise santrifüj işleminden sonra çöküntü kısmından elde edilmiştir. Dirençli nişasta etanolle yıkama işlemlerinden sonra 2M KOH ile buzlu su banyosu içinde çözdürülmüş ve sonra AMG (3.300 U/mL) enzimi ile glikoza hidroliz edilmiştir. Dirençli, dirençli olmayan nişasta

miktarları 510 nm'de spektrofotometrede (UV-1800, Shimadzu, Japonya) absorbanların okunmasıyla belirlenmiştir. Sonuçlar denklem (3.5), (3.6) ve (3.7)' e göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Dirençli nişasta} = \Delta E_1 \times F / W \times 9.27 \quad (3.5)$$

$$\% \text{ Dirençli olmayan nişasta} = \Delta E_2 \times F / W \times 90 \quad (3.6)$$

$$\text{Toplam Nişasta} = \text{Dirençli Nişasta} + \text{Dirençli Olmayan Nişasta} \quad (3.7)$$

ΔE_1 = Dirençli nişasta için kör numuneye karşı okunan absorban değeri

ΔE_2 = Dirençli olmayan nişasta için kör numuneye karşı okunan absorban değeri

$F = 100 / \text{GOPOD absorbanı}$

W = Tartılan numune miktarı (mg)

3.2.6 Nişastanın Amiloz Miktarı Analizi

Gölevez nişastasının amiloz miktarı standart patates amilozu (Sigma-Aldrich Chemie, Almanya) kullanılarak spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir [93]. Bu amaçla 0,1 g nişasta tartılmış ve üzerine 1 mL etanol ve 9 mL 1M NaOH ilave edilerek karıştırılmıştır. Karışım, nişastanın çözünbilmesi ve jelatinizasyonu için kaynayan su banyosunda 10 dakika boyunca ısıtılmıştır. Nişasta çözeltisi soğuduktan sonra son hacmi 100 mL'ye tamamlanıp içerisinden 5 mL alınarak başka bir balon jojeye aktarılmıştır. 1 mL 1M asetik asit ve 2 mL stok iyot çözeltisi (0,2 g I_2 / 2 g KI 100 mL' de) ilave edilerek son hacim distile su ile 100 mL' ye tamamlanmıştır. 20 dakika tamamen renk oluşumu beklenmiştir ve 620 nm' de spektrofotometrede (UV-1800, Shimadzu, Japonya) absorban ölçülmüştür. Kör olarak aynı konsantrasyonda hazırlanan iyot çözeltisi kullanılmıştır. Gölevez nişastasının amiloz içeriği, %0, %4, %8, %12, %16, %20, %24 oranlarında hazırlanan amiloz standartının absorbanlarına karşı çizilen konsantrasyonlarına göre kalibrasyon eğrisinden bulunmuştur.

3.2.7 Nişastanın Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Gölevez nişastasının morfolojik özellikleri ve boyut dağılımı, taramalı elektron mikroskobu (SEM, Zeiss EVO® LS 10, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Alüminyum tutucular üzerine karbon bantlar vasıtasıyla yerleştirilen nişastalar, istenen görüntü kalitesi elde edilebildiğinden kaplama yapılmadan 10 kV'luk ivmelendirme voltajında incelenmiştir. Örnekler taramalı elektron mikroskobunda 3.000, 5.000, 10.000 ve 20.000 kat büyütülerek görüntülenmiştir.

3.2.8 Nişastanın X Işını Difraksiyon Dağılımı Özelliklerinin Belirlenmesi

Gölevez nişastasının kristalografik yapısı Polikristal X ışını kırınım cihazı (PANalytical X'Pert PRO, Tokyo, Japonya), ile (40 kV, 30 mA, Cu K α ışıma) belirlenmiştir. Tarama esnasında 1/2° lik ayrılma slidi ve de 1 °' lik saçılma slidi kullanılmıştır. Numuneler 0,05 °/s tarama hızında 4° ve 60° (2 Θ)' lik tarama açıları arasında oda koşullarında taranmıştır. Elde edilen piklerden kristal miktarı hesaplanarak gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

3.2.9 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz, gölevez nişastasının teknolojik özelliklerini değerlendirmek ve gamların gölevez nişastasının jelleşme özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla JMP 6.0 paket programı kullanılarak yapılmış ve tek yönlü varyans analizi (one way ANOVA) ile değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Gölevez Nişastasının Fizikokimyasal Özellikleri

Gölevez yumrusundan elde edilen nişasta örneklerine ait tespit edilen toplam nem, kül, protein, yağ ve renk değerleri Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 1 Gölevez nişastasının kimyasal bileşimi ve renk değerleri

Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Renk		
				L*	a*	b*
11,42±0,09	1,39±0,17	1,29±0,05	0,11±0,1	90,87±0,10	2,19±0,01	4,71±0,03

Elde edilen gölevez nişastasının nem miktarı %11,42 olarak bulunmuştur. Farklı çalışmalarda bu değerin %8,96 ile %10,12 arasında değiştiği görülmektedir [8], [94]. Gölevez nişastasının nem içeriğinin bu çalışmalara göre yüksek bulunmasının nedeni, nişasta izole etmek üzere kullanılan gölevez yumrularının derede yetişen yumrular olmasından kaynaklı olarak nem içeriklerinin yüksek olmasıdır.

Nişastaların kül, protein ve yağ miktarları sırasıyla %1,39, %1,29 ve %0,11 bulunmuştur. Önceki çalışmalarda bu değerler kül için %0,24 - %0,31 değerleri arasında, protein için %0,42 - %0,53 değerleri arasında, yağ için %0,23 - %0,27 değerleri arasında değişmiştir

[5], [8]. Bu değerlerin birbirlerinden farklı olması çeşitli bölgelerdeki yumrulardan elde edilen gölevez nişastalarının değişik özellikler göstermesinden kaynaklanmaktadır. Nişastanın içersindeki az miktarlarda bulunan proteini ve yağı uzaklaştırmak için sırasıyla NaOH ve kloroform - metanol çözeltileriyle yıkamak suretiyle yapılan saflaştırma işlemi uygulanmamıştır. Bunun nedeni bu işlemlerin uygulanması durumunda nişastanın oluşturacağı jel yapısının olumsuz etkilenmesidir.

Renk, nişasta kalitesinin belirlenmesinde önemli bir özelliktir. Nişasta numunesinin renk özellikleri incelendiğinde, L^* , a^* ve b^* parametreleri sırasıyla 90,87, 2,19 ve 4,71 olarak bulunmuştur. Sonuç, nişastanın parlak (yüksek L^* değeri) çok az kırmızılık (düşük a^* değeri) ve çok az sarılık (düşük b^* değeri) değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Gölevez nişastasının yüksek L^* değeri düşük a^* ve b^* değerleriyle birleştiğinde, düzgün renk gerektiren üründe rahatça kullanılabileceğini ortaya çıkarmıştır. Nişastanın bu değerleri, jelatinize olmuş nişastanın renk değerlerine de etki etmektedir. Nişasta jelinin rengi endüstriyel uygulamalarda nişastanın önemli bir özelliğidir ve genellikle açık renkli jeller tercih edilmektedir. Gölevez nişastasının rengi jelatinizasyon işlemi ile koyulaşmaktadır. Nişasta jellerinin renk kalitesi, nişastanın diğer fonksiyonel özelliklerini etkileyen bazı kimyasalların uygulanmasıyla iyileştirilebilmektedir. Ancak ketçap ve soslar gibi bazı gıda maddelerinde açık renk arzu edilmediğinden gölevez nişastasının kullanılması faydalı bir uygulama olabilir [8].

4.2 Gölevez Nişastasının Teknolojik Özellikleri

4.2.1 Su Tutma Kapasitesi ve Suda Çözünürlüğü

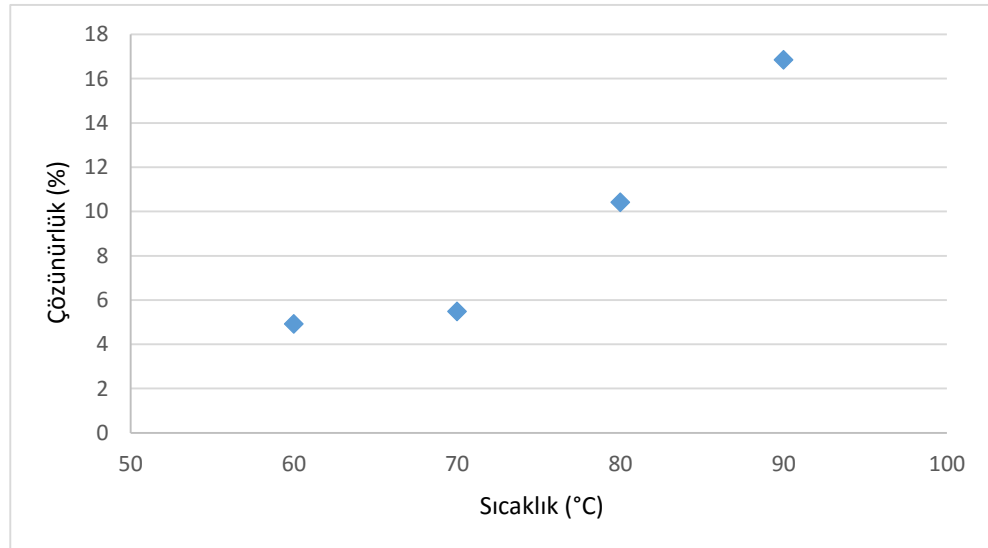
Gölevez nişastasının su tutma kapasitesi ve çözünürlüğü Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de görüldüğü gibi sıcaklık artışı ile artmaktadır. 60 ve 70 °C’de çözünürlükler daha düşükken 80 ve 90 °C’de artışlar gözlemlenmiştir. Nişastanın düşük sıcaklıklarda düşük çözünürlüğü, nişasta granüllerinin yarı kristal yapısından ve nişasta molekülleri içindeki hidroksil grupları arasında oluşan hidrojen bağlarından kaynaklanabilmektedir. Sıcaklık arttıkça, çözünürlük, nişasta granüllerinin parçalanması ve hidrofilik grupların su ile daha fazla etkileşiminden artmıştır [11]. Nişasta granüllerinin su tutması açısından da benzer bir trend gözlenmiştir. İncelenen gölevez nişastasının çözünürlüğü ve su tutması pirinç

nişastalarına kıyasla çok daha yüksek bulunmuştur [95]. Gölevez nişastasının suda çözünürlüğü 60 ve 90 °C'de sırasıyla %4,92±0,35 ve %16,86±0,15 olarak bulunurken, su tutma kapasitesi ise 60 ve 90 °C'de sırasıyla 3,44±0,22 ve 14,22±0,32 bulunmuştur. Gölevez nişastasının su tutma kapasitesi ve suda çözünürlüğüne ait bulunan değerler Çizelge 4.2' de verilmiştir. Su tutma kapasitesi sıcaklık değişimine göre önemli derecede farklılık göstermiştir. Nişastaların su tutma kapasitesi özellikle amilopektin özelliğinden kaynaklanmaktadır. Amilopektin molekülünün uzun zincir oranı nişastanın su tutmasını arttırmaktadır. Moleküllerdeki kristaller nişastanın su tutma kapasitesini ve jelatinizasyon başlangıcını etkilemektedir. Nişastanın suda çözünürlüğü ise, 60 ve 70 °C'lerde önemli fark göstermezken sıcaklık 80 ve 90 °C'ye yükseldiğinde önemli farklılık göstermiştir.

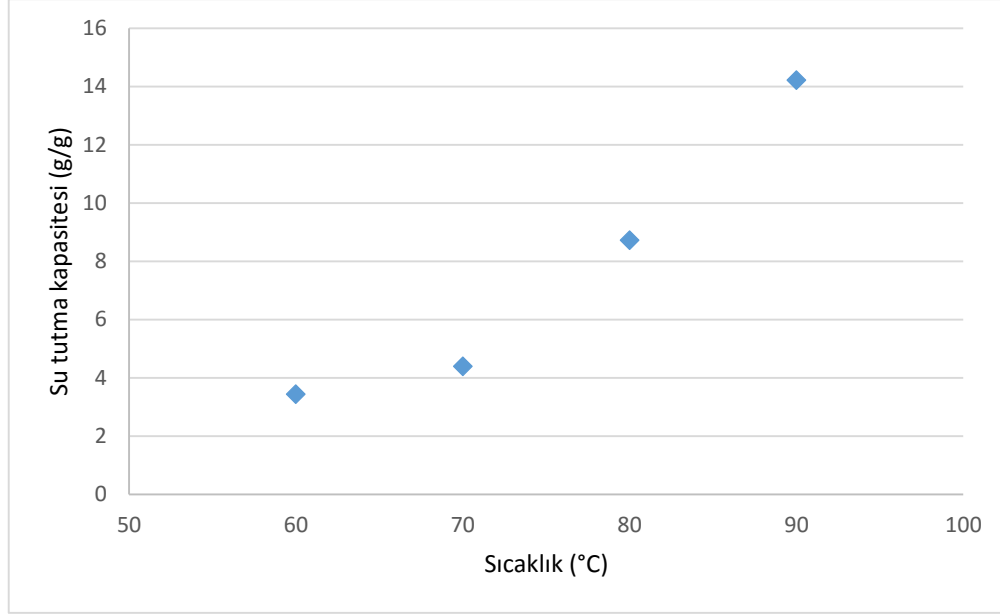
Çizelge 4. 2 Gölevez nişastasının su tutma kapasitesi ve suda çözünürlüğü

Sıcaklık (°C)	Su tutma kapasitesi (g/g) *	Suda çözünürlüğü (%) *
60	3,44±0,22 ^d	4,92±0,35 ^c
70	4,4±0,10 ^c	5,49±0,26 ^c
80	8,73±0,34 ^b	10,43±0,26 ^b
90	14,22±0,32 ^a	16,86±0,15 ^a

* Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).



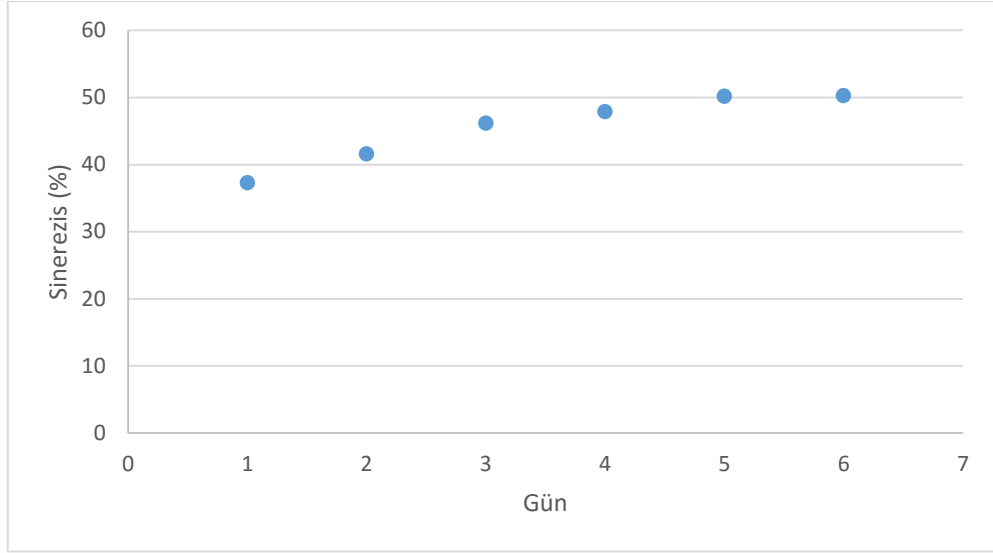
Şekil 4. 1 Gölevez nişastasının suda çözünürlüğü



Şekil 4. 2 Gölevez nişastasının su tutma kapasitesi

4.2.2 Donma – Çözünme Stabilitesi

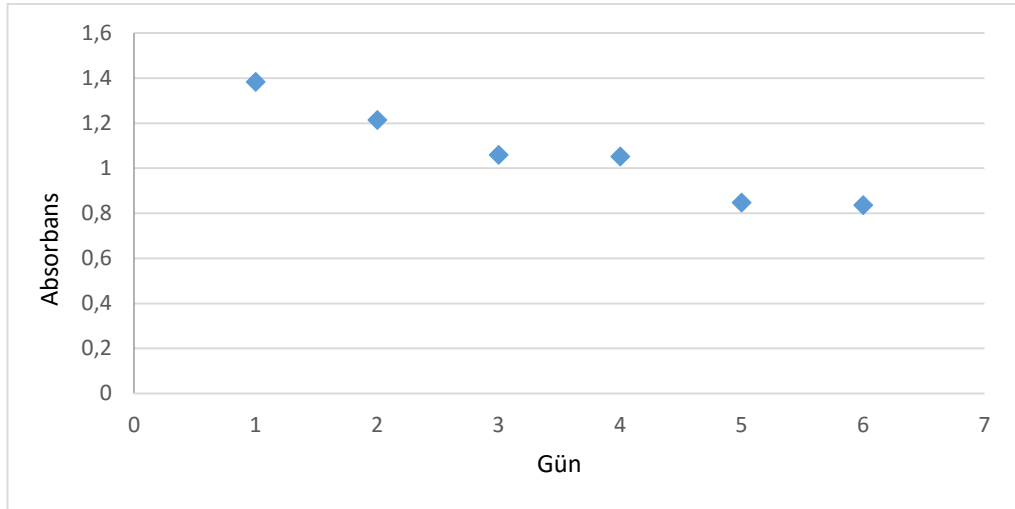
Bir nişasta jelinin donma-çözünme stabilitesi, bir nişastanın endüstriyel uygulamasını belirlemede önemli bir parametredir. Depolama sırasında nişasta jelinden ayrılan su miktarı sinerezis olarak adlandırılmaktadır. Gölevez nişasta jelinde 6 gün boyunca gözlemlenen dondurma-çözme döngüsünde gravimetrik olarak hesaplanan ayrılan su miktarı (% sinerezis) Şekil 4.3'te sunulmuştur. Şekilden de anlaşılabileceği gibi % sinerezis oranı depolama süresi arttıkça artmıştır. En yüksek değer 6.gün'de %50,31 olarak ölçülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde gölevez nişastasının zayıf donma-çözünme kararlılığı sergilediği görülmüştür. Bu da soğutmalı gıdalarda kullanıldığında, gölevez nişastasının modifikasyonunun gerekeceğini göstermektedir. Gölevez nişastasına ait % sinerezis değerleri Çizelge 4.3' te verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında 5 ve 6. günlerdeki stabilitenin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Literatür incelendiğinde de farklı sonuçlar karşımıza çıkmaktadır. Sit vd'nin 4 farklı gölevez nişastasında yaptığı sinerezis ölçümlerinde değerler ortalama %25 ile %55 arasında değişmiş olup stabilite ise çeşitlere göre farklılık göstermiştir [8].



Şekil 4. 3 Gölevez nişastasının sinerezis değerlerinin günlere bağlı değişimi

4.2.3 Bulanıklık Özellikleri ve Stabilitesi

Nişasta birçok gıdada yoğunlaştırıcı ve koyulaştırıcı olarak kullanılmaktadır. Nişasta jelinin berraklığı, jöle, çeşitli soslar ve meyveli turta gibi şeffaflık gerektiren bazı gıdaların üretiminde gerekli bir özelliktir [96]. Nişasta ile yoğunlaştırılmış gıdaların berraklığı, gıdanın tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini sağlaması açısından önemlidir. Bu nedenle yüksek jel berraklığına sahip nişastalar daha fazla tercih edilmektedir. Şekil 4.4'te günlere bağlı olarak gölevez nişasta çözeltisinin bulanıklığı gösterilmektedir.



Şekil 4. 4 Gölevez nişastasına ait bulanıklık değerlerinin günlere bağlı değişimi

Şekil 4.4 incelendiğinde gölevez nişasta çözeltisinin bulanıklığının en fazla olduğu değer 1,38±0,00 absorbans değeri ile 1.güne ait olduğu görülmektedir. İkinci ve üçüncü günde

bulanıklık değeri önemli derecede azalmıştır. Dördüncü gündeki azalma çok düşük olarak karşımıza çıkarken 5. günde yine berraklıkta artış gözlemlenmiş ve en fazla berraklığın $0,84\pm0,07$ absorbans değeri ile 6. güne ait olduğu tespit edilmiştir. Konu ile alakalı olarak Sit vd'nin 4 farklı gölevez yumrusundan elde ettiği nişastaların özelliklerini incelediği çalışmada bulanıklık özellikleri birbirinden farklılık göstermiş olup günlere göre farklı kaynaklı nişasta çözeltilerinin bulanıklıklarında artmalar ve azalmalar gözlemlenmiştir. Bu anlamda yapılan çalışmalarda bulanıklığın azalması, nişasta çözeltisinde bulunan daha büyük moleküllerin veya yabancı maddelerin çökmesine bağlanabilmektedir. Ayrıca, belli bir saklama süresinin ardından bulanıklığın azalmasındaki yavaşlama, jelatinleştirilmiş nişastayı içeren moleküllerin kristal bir düzeni almak için düzenli bir yapıya geçmek için yeniden birleştiği ve bu işlem sırasında nişasta çözeltisinin daha opak hale geldiği retrogradasyona atfedilebilmektedir [8].

Çizelge 4. 3 Gölevez nişastasının sinerezis ve bulanıklık değerleri

Gün	Sinerezis (%) *	Bulanıklık (Abs) *
1	$37,33\pm0,69^e$	$1,38\pm0,01^a$
2	$41,61\pm0,46^d$	$1,21\pm0,09^{ab}$
3	$46,18\pm0,74^c$	$1,06\pm0,13^b$
4	$47,88\pm0,68^b$	$1,05\pm0,10^b$
5	$50,19\pm0,79^a$	$0,85\pm0,00^c$
6	$50,31\pm0,12^a$	$0,84\pm0,07^c$

* Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

4.3 Gölevez Nişastasının Jelleşme Özellikleri

Nişastaların jelatinizasyon özellikleri bağlayıcı veya kalınlaştırıcı bir özellik sağlaması açısından önem taşımaktadır. Jelatinizasyon özelliği, nişastanın granül katılığı, şişme potansiyeli ve çözeltiye geçen amiloz miktarı gibi nişastanın yapısal ve teknolojik çeşitli özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Gölevez nişastası ve gölevez nişastası-gam karışımlarına ait jelatinizasyon grafikleri Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 'de verilmiştir. Gölevez nişastasının ve nişasta-gam karışımlarının reolojik özelliklerine ait jelleşme parametreleri ise Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4. 4 Nişasta örneklerine ait jelleşme parametreleri

	PT (°C) *	PV (cP) *	HS (cP) *	FV (cP) *	BV (cP) *	SV (cP) *
GN	74,12±0,40 ^{ab}	1786,5±9,2 ^f	1333±16,9 ^e	2804,5±26,2 ^f	453,6±7,8 ^e	1471,5±9,2 ^d
GNX1	74,76±0,43 ^{ab}	3225,5±173,2 ^e	1444,5±147,6 ^e	2976,5±91,2 ^f	1780,5±2,1 ^d	1532±83,4 ^d
GNX2	71,55±4,05 ^b	3823±77, 8 ^d	1763,5±123,7 ^d	3419,5±70 ^e	2060±45,3 ^c	1656,5±53 ^d
GNG1	74,64±0,18 ^{ab}	6064,5±210 ^b	2613±8,5 ^b	5051±82 ^c	3451±217,8 ^b	2437,5±89,8 ^b
GNG2	75,41±1,10 ^a	8787±128,7 ^a	3027±79,2 ^a	6439±83,4 ^a	5760±49,5 ^a	3412±162,6 ^a
GNXG1	73,59±0,72 ^{ab}	3529±41 ^{de}	1853±7 ^d	3937±14,1 ^d	1675,5±34,7 ^d	2084±7,1 ^c
GNXG2	74,30±0,19 ^{ab}	5617,5±187,4 ^c	2248,5±20,5 ^c	5469,5±242,5 ^b	3369±166,9 ^b	3221±222 ^a

* Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Jelatinizasyon için gerekli minimum sıcaklık olarak adlandırılan pasting temperature (PT) gölevez nişastasında 74,12°C olarak bulunurken, diğer örneklerde ise 71,55 ile 75,41°C arasında değişmektedir. Farklı çalışmalarda gölevez nişastasının jelleşme sıcaklığının 70 - 87,20 °C aralıklarında değiştiği görülmüştür [83], [8]. Gölevez nişastasındaki jelatinizasyon sıcaklığı, patates, mısır, buğday ve pirinç nişastasına göre yüksek bulunmuştur [97]. Yüksek jelatinizasyon sıcaklığı şişmeye karşı dirençli nişasta varlığını göstermektedir. Ayrıca literatürde belirtilen değerlere benzer ya da düşük bulunmasının nedeni yapısında bulunan amiloz ve amilopektin oranlarının farklılığından kaynaklanmaktadır. Bu sıcaklık, ürün üretiminde uygulanacak sıcaklığı etkileyeceğinden dolayı direkt olarak üretimde harcanan enerji miktarı ile ilişkilidir. Bu da ürün maliyeti açısından önem taşımaktadır. Düşük sıcaklık hızlı pişmeyi gösterir ve bu durumda da harcanan enerji miktarı düşük olur. Bu da zaman ve maliyetten tasarruf sağlamaktadır.

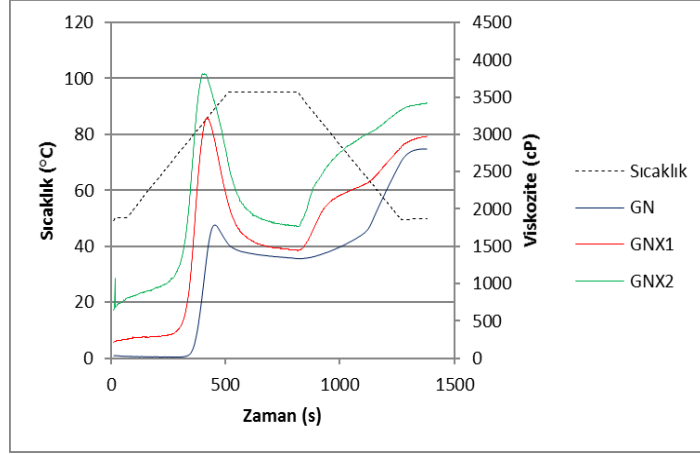
Gölevez nişastasının PV değeri 1.786,5±9,19 mPa.s olarak bulunmuştur. Gam-nişasta karışımlarında PV, 8.787-3.225,5 mPa.s değerleri arasında değişiklik göstermiştir. Kullanılan gamların konsantrasyonu arttıkça PV değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Gam kullanılarak hazırlanan süspansiyonlarda GNG2 en fazla PV değerine sahip olurken, GNX1 en düşük PV değerine sahip olmuştur. Pik viskozitesi örneklerin su tutma kapasitesi ile ilgilidir. Nişastada bulunan amilopektin içeriği pik viskozitesi üzerinde çok etkilidir.

Bir diğer önemli parametre olan breakdown viskozite değerleri (BV) ise gölevez nişastası için, 453,6±7,78 mPa.s olarak bulunurken, diğer gam - gölevez nişastası karışımlarında konsantrasyonlara bağlı olarak artış göstererek, 1.675,5 – 5.760 mPa.s arasında değişmiştir. Breakdown viskozite değeri, örneklerin ısıtma ve uygulanan kaymaya karşılık direncini gösterir. Breakdown viskozite değeri arttıkça örneklerin sıcaklık ve basınca direnci azalır ve bu durumda ürün üretimi sırasında kalite bozukluklarında neden olur.

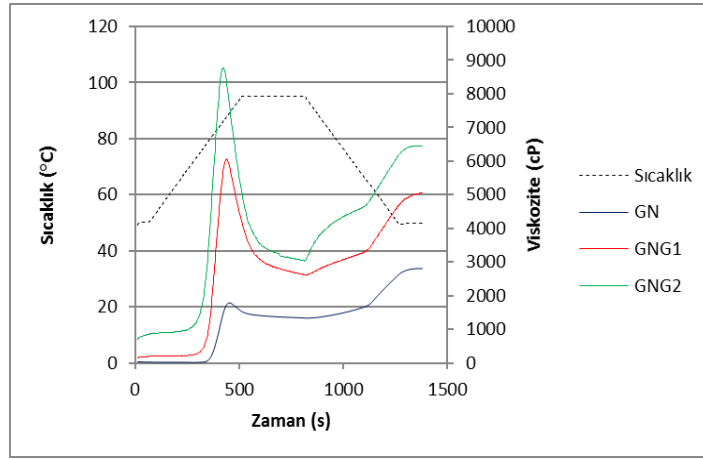
Final viskozite değeri ilgili materyalin pişirme ve soğurma sonrası oluşturacağı jel yapının kıvamını gösteren bir durumdur. Gölevez nişastasının final viskozite değeri, 2.804, ±26, mPa.s ile diğer gam – gölevez nişastası karışımlarına göre daha küçük bir değere sahip olmuştur. Örneklerin FV değerleri gam ilavesiyle artmış ve en fazla artış yine guar gam ilavesinde gözlemlenmiştir. Final viskozite değerindeki farklılık soğuma sırasında ortamdaki nişasta moleküllerinin tekrar birleşmesindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır.

Setback viskozite değeri ise nişastanın retrogradasyonunu temsil eden bir parametredir ve gölevez nişastasında $1.471,5 \pm 9,19$ mPa.s şeklinde bulunmuştur. Düşük setback değeri, örneklerin retrogradasyona karşı daha dirençli olduğunu göstermektedir. Ayrıca düşük setback değerine sahip örneklerde sineresis olayının daha yavaş gerçekleştiği görülmektedir. Çizelge 4.4' te görüldüğü gibi bu değer gam ilavesinden önemli derecede etkilenmiş olup %1 konsantrasyonda kullanılan guar gam ilavesi ile $3.412 \pm 162,6$ mPa.s değerine sahip olmuştur.

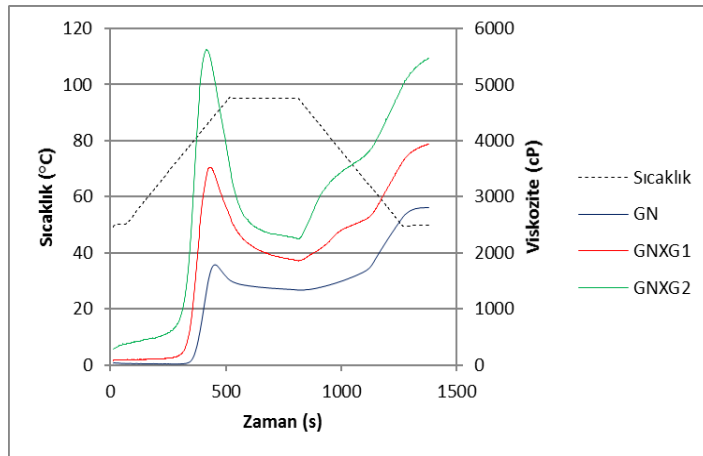
Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 incelendiğinde, farklı çeşitte ve konsantrasyonda gam ilavesinin, nişastanın jelleşme özelliklerini farklı derecelerde etkilediği görülmektedir.



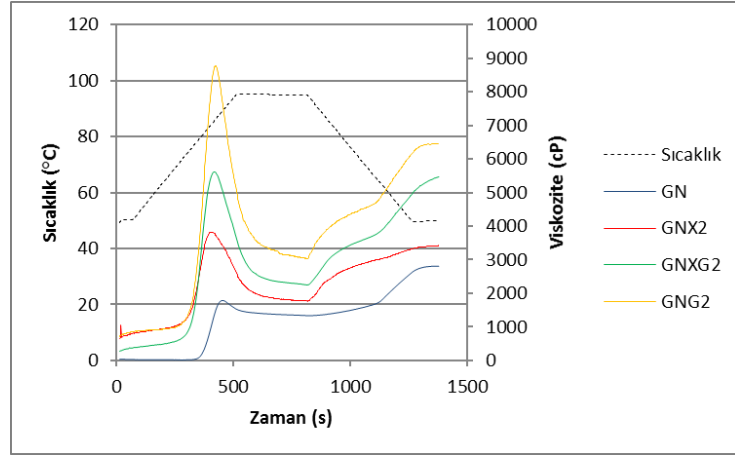
Şekil 4. 5 Gölevezi nişastası - ksantan gam karışımına ait jelleşme grafiği



Şekil 4. 6 Gölevezi nişastası - guar gam karışımına ait jelleşme grafiği



Şekil 4. 7 Gölevezi nişastası - ksantan gam- guar gam karışımına ait jelleşme grafiği



Şekil 4. 8 Gölevez nişastası ve %1 oranında eklenen gamlara ait jelleşme grafiği

Sonuçlardan görüldüğü gibi jelleşme parametreleri gölevez nişastalarına eklenen çeşitli gamlara ve konsantrasyonlarına bağlı olarak önemli derecede etkilenmiştir. Her bir parametrenin farklı bir teknolojik önemi olması açısından nişastanın kullanılacağı ürüne göre gam ilavesinin yapılması, nişastanın efektif bir şekilde kullanımı açısından oldukça önemlidir.

4.4 Dirençli ve Toplam Nişasta Miktarı

Toplam nişasta içeriği %84,29 olarak bulunan gölevez nişastasının saflığı %95,16 olarak tespit edilmiştir. Literatür incelendiğinde gölevez yumrusundan elde edilen nişastaların toplam nişasta içeriklerinin %75,40 - %84,2 gibi farklı değerler gösterdiği görülmüştür [98], [4]. Bu değerler elde edilen nişastaların saflığını göstermektedir. Nişasta üretim sürecinde çeşitli kimyasallarla yıkayarak, yağ ve protein gibi farklı bileşenlerden arındırma suretiyle yapılan saflaştırma işlemi elde edilecek nişastaların verimini önemli derecede etkilemektedir. Fakat nişastanın oluşturacağı jel yapısının olumsuz etkilenmemesi için bu çalışmada ekstradan bir saflaştırma işlemi uygulanmamıştır.

Gölevez nişastasının dirençli nişasta içeriği ise %3,14 olarak bulunmuştur. Farklı çalışmalarda gölevez nişastasının dirençli nişasta içeriğinin 2,2 ile 3,3 arasında değiştiği görülmüştür [4], [98]. Özellikle son yıllarda beslenme kaynaklı sağlık problemlerinin artmasıyla birlikte, diyetle kompleks karbonhidrat (besinsel lif, dirençli nişasta) tüketiminin artırılması beslenme konusunda yapılan önerilerin başında gelmektedir.

Kompleks karbonhidrat içeren gıdalardaki nişastanın sindirilebilirliği beslenme açısından önem arz etmektedir. Buna göre, sağlıklı insanların ince bağırsağındaki sindirim enzimlerine direnç göstererek sindirilmeden doğrudan kalın bağırsağa geçen nişasta ve/veya nişasta parçalanma ürünleri dirençli nişasta (DN) olarak adlandırılmaktadır [99]. DN sağlık üzerindeki olumlu etkileri ve fonksiyonel özellikleri sayesinde büyük bir ilgi görmektedir. DN içeriği yüksek gıdalar, tüketiminden sonra kandaki glikoz seviyesini yavaş artırır, bu sayede insülin yanıtını azaltmakta fayda sağlarlar. Bu durum, diyabet ve düzensiz glikoz toleransı gibi klinik durumların yönetiminde etkili olduğu gibi obezite ve kilo kontrolünün tedavisinde de önemlidir [44]. DN, doğal olarak tüm nişasta içeren gıdalarda bulunmakla birlikte miktarı, başlangıçta bulunan nişasta tipi (nişastanın kristal ve granüler yapısı) ve miktarına bağlı olarak değişmektedir. DN formunun oluşumuna etki eden en önemli mekanizma amilozun retrogradasyonudur. Bu yüzden, DN'nin ticari üretiminde genel olarak amiloz içeriği yüksek olan doğal nişastalar temel alınmaktadır. Piyasada farklı isimlerde ticari DN örnekleri (CrytaLean®, Novelose®, Amylomaize VII) bulunmaktadır ve bunlar ürün formülasyonlarına katılarak ürünün fonksiyonel özellikleri artırılmaktadır [44]. Son yıllarda nişasta içeren gıdalara uygulanan bir takım işlemlerle DN miktarını artırmaya yönelik çalışmalar hız kazandığı gibi DN ihtiva eden alternatif doğal kaynaklar bulmaya yönelik araştırmalar da yapılmaktadır. Literatürde gölevez dirençli nişastasının düşük hidroliz hızı (düşük glisemik indeks) gösterdiği ve glikoz difüzyonu üzerine inhibe edici etkisi olduğu belirtilmiş ve bu doğrultuda ürünün diyabet hastaları için hazırlanan diyetlerde kullanılabilecek bir alternatif olabileceği öneri olarak sunulmuştur. Buna ek olarak aynı çalışmada gölevez nişastası ve gölevez dirençli nişastasının safra asidini bağlama etkisi olduğu ve bu sayede kolesterol düzeyinin düşürülmesi açısından önem taşıdığı da belirtilmiştir [4].

4.5 Gölevez Nişastasının Amiloz Miktarı

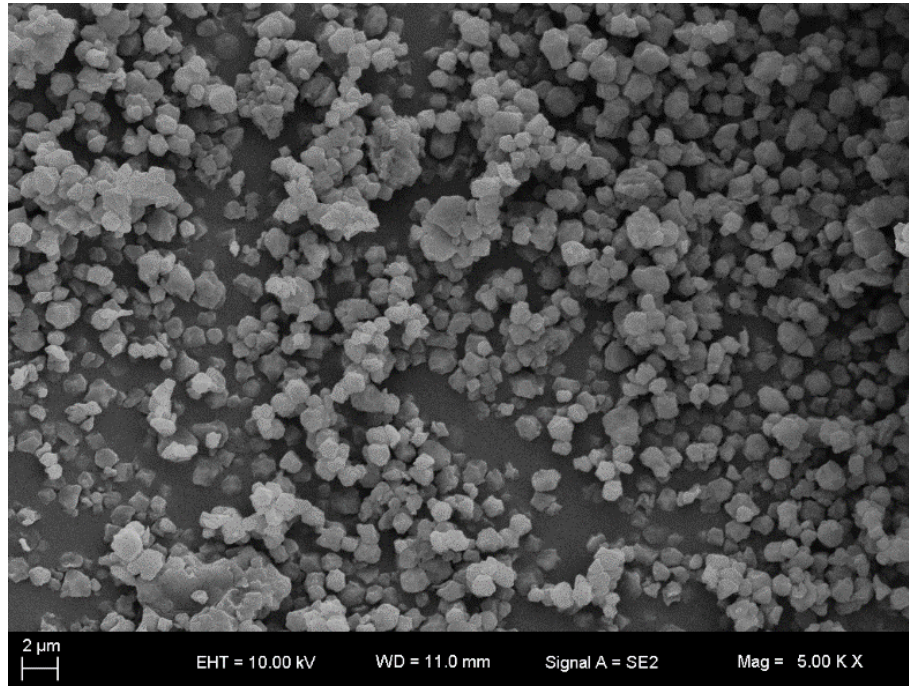
Kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak hesaplanan gölevez nişastasının amiloz içeriği $9,92 \pm 0,01$ olarak bulunmuştur. Literatür kayıtlarında gölevez nişastasının amiloz içerikleri incelendiğinde farklı sonuçlar göze çarpmaktadır. Bu değerler %4,3 ile %30,6 arasında değişiklik göstermektedir [88], [94]. Gölevez nişastasının amiloz içeriği, patates ve pirinç nişastasından daha düşük bulunmuştur. Düşük seviyedeki amiloz içeriği gölevez

nişastasının daha hızlı sindirilebilir olmasını sağlamaktadır. Amiloz molekülünün sarmal formu enzimlerin ulaşmasını zorlaştırdığından yüksek amiloz seviyesi nişastanın daha yavaş sindirilebilir olmasına neden olmaktadır [8].

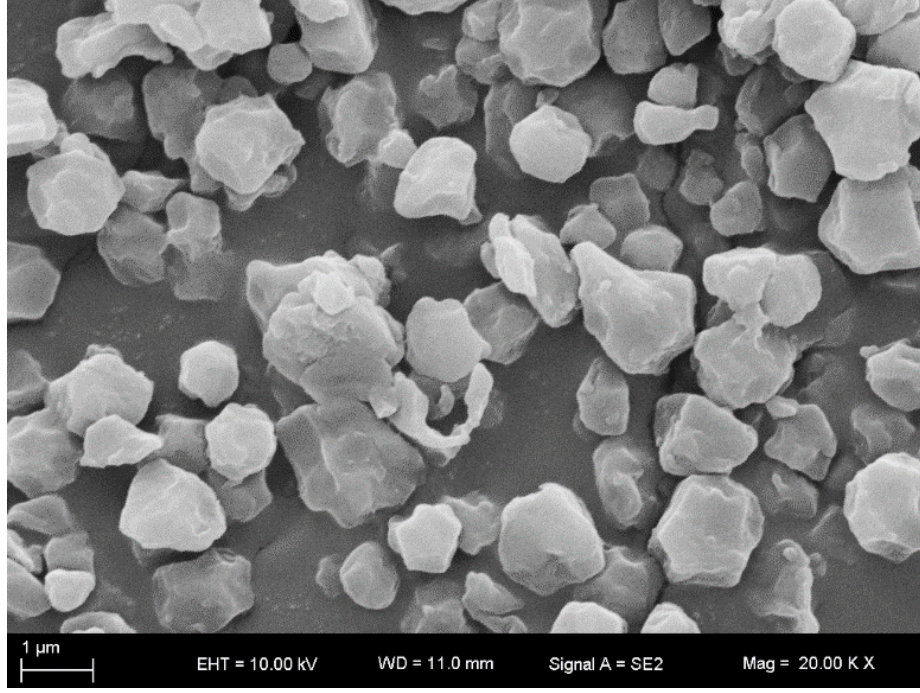
Standart patates amilozu kullanılarak hazırlanan kalibrasyon eğrisi Ek- A'da sunulmuştur.

4.6 Gölevez Nişastasının Morfolojik Özellikleri

Gölevez nişastasına ait taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir. Görüntülere göre, nişastanın farklı boyutta ve farklı şekildeki granüllerden oluştuğu görülmektedir. Nişasta granüllerinin morfolojik yapıları incelendiğinde düzensiz, kubbe şekilli, çokgen, yapıya sahip oldukları, aglomere ve ayrık olarak dağılım gösterdikleri tespit edilmiştir. Nişasta granüllerinin ortalama boyutu 0,5 ile 3 µm arasında değişiklik göstermektedir.



Şekil 4. 9 Gölevez nişastası SEM görüntüsü (5000 kat büyütme)



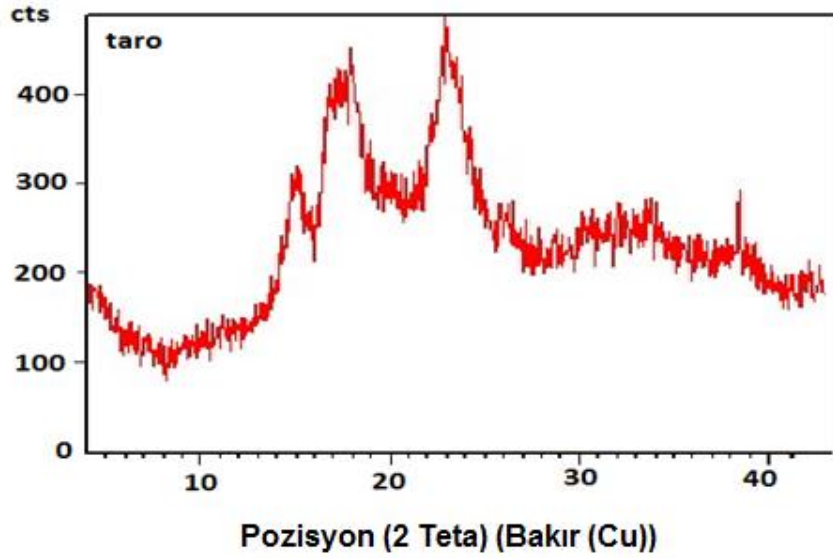
Şekil 4. 10 Gölevez nişastası SEM görüntüsü (20000 kat büyütme)

Sukhija vd' nin, farklı yumruların (yerli gölevez nişastası, yerli yeşil muz nişastası, yerli zencefil nişastası) nişastalarını elde ettiği çalışmada gölevez yumrusundan elde edilen nişastanın granül boyutunun en küçük olduğu bildirilmiştir [94]. Önceki çalışmalarda küçük granül boyutunun sindirimi iyileştirdiği belirtilmiştir. Bunun nedeni küçük granüller daha büyük yüzey alanına sahip olması dolayısı ile enzimler tarafından kolaylıkla sindirilmesidir. Gölevez nişastasının granül boyutu patates, buğday ve mısır nişastalarından daha düşük, pirinç nişastasına yakın bulunmuştur [8]. Gölevez nişastasının granül boyutunun küçük olması nişastayı daha kolay sindirilebilir hale getirmektedir.

4.7 Gölevez Nişastasının X Işını Difraksiyon Dağılımı Özellikleri

X-ışını kırınım deseni, nişasta tanecikleri içindeki kristal yapının "parmak izi" olarak adlandırılmaktadır [25]. Sindirim ve retrogradasyon gibi birçok özellik nişastaların XRD modelinden etkilenmektedir. Gölevez nişastasına ait X ışını difraksiyon dağılımına ait spektrum Şekil 4.11'de verilmiştir. Spektruma göre 2θ kırılım açısında difraksiyon pikleri $15,05^\circ$, $17,23^\circ$ ve 23° 'lerde belirgin olarak kendini göstermektedir. 15° , 17° , 18° ve 23° A

tipi difraksiyon paternini işaret ederken 5,6°, 15°, 17°, 23°, 24° ler B tipi difraksiyon paterninin karakteristiğidir. C tipi ise bunların karışımına sahiptir [100]. Buna göre gölevez nişastasının, tahıl nişastalarının bir özelliği olan A-tipi XRD paterni sergilediği gözlemlenmiştir. Genel olarak yumru nişastaları B veya C tipi paterne sahiptir. Sonuçlar, literatürdeki verilerle uyumlu olarak bulunmuştur [8].



Şekil 4. 11 Gölevez nişastasının XRD paterni

SONUÇ VE ÖNERİLER

Gölevez, antik zamanlardan beri dünyadaki tropik ve subtropik birçok bölgede temel besin maddesi olarak kullanılan yumrulu bir bitkidir. Dünya çapında bakıldığında çeşitli ülkelerde gölevez yaprağının tüketilmesinin yanı sıra, gölevez yumrusu, cips yapımı, çeşitli fermente yemek üretimi, un üretimi, müsilaj madde üretimi gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Gölevezin ülkemizde kullanımı ise maalesef çok yaygın olmayıp, genellikle üretildikleri bölgelerde yemek yapılarak tüketimi mevcuttur. Gölevez yumruları kalsiyum oksalat kristalleri içerdiğinden, çiğ tüketilmesi insan sağlığına zarar vermesine yol açmaktadır bu da tüketimini kısıtlamaktadır. Ayrıca nem içeriğinin yüksek olması da muhafaza koşullarını zorlaştırdığından tüketimini sınırlandıran diğer bir unsurdur. Gölevezin kullanımının kısıtlı olması, başka ürünlerin formülasyonlarına ilave edilerek tüketimini daha geniş bir alana yayması gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Yumrunun kompozisyonunun büyük bir kısmını nişastanın oluşturduğu göz önünde bulundurulduğunda nişasta üretimi oldukça kârlı bir proses olarak düşünülmektedir.

Bu bağlamda yapılan çalışma kapsamında ülkemizde tüketimi fazla yaygın olmayan fakat alternatif bir besin kaynağı olabilecek gölevez yumrusundan nişasta izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen nişastanın karakterizasyonuna yönelik fizikokimyasal, teknolojik ve jelleşme özellikleri incelenmiştir.

Gölevez nişastası %95 saflıkta, beyaz renkte elde edilmiştir. Elde edilen nişastanın toplam nişasta içeriği % 84,29 dirençli nişasta içeriği % 3,14 olarak bulunmuştur. Gölevez nişastasının DN içeriğinin yüksek olması ve çeşitli modifikasyonlarda bu içeriğin daha da

yükseltilebilecek olması, DN'nin sağlığa yararlı olumlu etkileri düşünüldüğünde gölevez nişastasını oldukça değerli kılmaktadır.

Gölevez nişastasının amiloz içeriği % 9,92 olarak bulunmuştur. Bu değer patates ve pirinç nişastasından daha düşük bulunmuştur. Düşük amiloz seviyesi, gölevez nişastasını yüksek seviyede amiloz içeren nişastalara kıyasla daha kolay hidrolize edilebilir hale getirmektedir. Bu da gölevez nişastasının sindiriminin daha hızlı gerçekleşmesini sağlamaktadır.

Gölevez nişastasının nem, protein, kül ve yağ içeriği sırasıyla %11,42, %1,29, %1,39 ve % 0,11 olarak tespit edilmiştir. Nişastanın L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 90,87, 2,19, 4,71 olarak bulunmuştur. Sonuç, gölevez nişastasının yüksek L^* değeri düşük a^* ve b^* değerleriyle birleştiğinde, düzgün renk gerektiren üründe rahatça kullanılabileceğini ortaya çıkarmıştır. Gölevez nişasta çözeltisinin rengi jelatinizasyon işlemi ile koyulaşmaktadır. Bu sebeple, açık rengin arzu edilmediği ketçap gibi bazı soslarda kullanılması faydalı bir uygulama olarak önerilmektedir.

Gölevez nişastasının kristalografik yapısı incelendiğinde, tahıl nişastalarının karakteristiği olan A-tipi XRD paterni sergilediği belirlenmiştir. Genel olarak yumru nişastaları B ya da C-tipi XRD paterni sergilemektedir. Gölevez nişastasının morfolojik yapılarını belirlemek amacıyla SEM görüntüleri analiz edildiğinde, granüllerin belirli bir düzene sahip olmadığı, çokgen şekilli oldukları ve ortalama boyutlarının 0,5 ile 3 μm arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Boyutlarının küçük olması, yüzey alanını arttıracığından nişastayı daha kolay sindirilebilir hale getiren diğer bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Nişastanın su tutma kapasitesi ve suda çözünürlüğü nişasta süspansiyonu sıcaklık 90°C'ye yükseltildikçe giderek artış göstermiş ve 90°C'de bu değerler su tutma kapasitesi ve suda çözünürlüğü için sırasıyla 14,22 g/g ve %16,86 olarak kaydedilmiştir. Gölevez nişastasının bulanıklık ve sinerezis değerleri incelendiğinde günlere göre kararlı bir azalma ya da artma gözlemlenmemekle birlikte bulanıklık değerlerinde günlere göre azalma görülmüştür.

Gölevez nişastasının reolojik özellikleri pasting (jelleşme) analizine göre değerlendirilmiştir. Sonuçlar, farklı çeşitlerde ve konsantrasyonlarda hidrokolloid ilavesinin nişastasının jelatinizasyon özelliklerini önemli derecede etkilediğini

göstermiştir. Örneklerin pasting sıcaklık değerleri 71,55 ile 75,41°C arasında değişmiştir. Gölevez nişastasının gam ilavesi olmadığı durumlarda final vizkozite değeri düşük bulunmuştur. Gamlar, özellikleriyle jelatinizasyon sırasında ve sonrasında granül şişmesine etki ederek sistem vizkozitesini değiştirmişlerdir. Ksantan gam, guar gam ve bu iki gamın karışımının, çözelti içerisinde kullanılan konsantrasyonlarının artması, pik viskozite, final viskozite, setback viskozite ve breakdown viskozite parametrelerini önemli ölçüde arttırmıştır. Kullanılan gamlar karşılaştırıldığında, guar gamın diğer gamlara göre daha baskın bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Nişastaların kullanıldığı gıda ürünleri düşünüldüğünde gölevez nişastasının, vizkozitesini iyileştirici gamlarla birlikte, hazır çorba ve kek karışımları, pudingler, dolgulu kekler, hazır tatlılar, jöle dolguları gibi gıdalarda alternatif kıvamlaştırıcı olarak kullanılması önerilmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada, gölevez yumrusundan nişasta üretimi gerçekleştirilerek, fizikokimyasal, fonksiyonel özellikleri ve çeşitli gamlarla etkileşimleri başarılı bir şekilde belirlenmiştir. Çalışma kapsamında yüksek nişasta içeriğine sahip gölevez yumrusundan nişasta edesinin kârlı olduğu belirtilmiş olup nişastanın özelliklerinin iyice tanınması sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan dere kenarlarında yetişen damarlı yumrulardan ziyade nişasta elde edilecek yumrunun daha az nem içeriğine sahip tarla yumrusu olması önerilmektedir. Bu şekilde ürün verimi artacak olup, kurutma süresini azaltarak gerek renk, gerekse safsızlık gibi son ürün kalitesinin artırılması sağlanabilecektir. Literatür incelendiğinde, önceki çalışmalarda gölevez nişastasının reolojik özelliklerinin yer aldığı çalışmalara rastlanırken, çeşitli gamlarla etkileşimleri üzerinde yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu anlamda çalışma çıktıları literatürdeki bu eksikliğe de katkı sağlamıştır. Analizler sonucunda elde edilen veriler yorumlandığında gölevez nişastasının gıdalarda alternatif ve besleyici unsur olarak kullanılabileceği ve gelecekteki çalışmalarda gölevez nişastasının sağlık üzerindeki etkilerinin detaylı olarak araştırılması öneri olarak sunulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Şen, M., Akgül, A., Özcan, M., (2001). "Golevez (*Colocasia esculenta* L. Schott) Yumrusunun Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri İle Kızartma ve Püreye İşlenmesi", Turkish Journal of Agriculture and Food Chemistry, 25: 427–432.
- [2] Maga, J. A., (1992). "Taro: Composition and Food Uses", Food Research International, 8: 443–473.
- [3] Onwueme, I. C., (1994). "Tropical Root and Tuber Crops—Production, Perspectives And Future Prospects", FAO plant production & protection paper 126. FAO, Rome, 228.
- [4] Şimşek, Ş., El, S. N., (2012). "Production Of Resistant Starch From Taro (*Colocasia Esculenta* L. Schott) Corm and Determination Of Its Effects On Health By In Vitro Methods", Carbohydrate Polymers, 90: 1204–1209.
- [5] Pérez, E., Schultz, F. S., de-Delahaye, E. P., (2005). "Characterization Of Some Properties Of Starches Isolated From *Xanthosoma Sagittifolium* (Tannia) and *Colocassia Esculenta* (Taro)", Carbohydr. Polym. 60: 139–145.
- [6] Mweta, D. E., Labuschagne, M. T., Bonnet, S., Swarts, J., Saka, J. D. K., (2010). "Isolation and Physicochemical Characterization Of Starch From Cocoyam (*Colocasia Esculenta*) Grown In Malawi", J. Sci. Food Agric. 90: 1886–1896.
- [7] Purseglove, J. W., (1972). Tropical Crops- Monocotyledons, Longman, London.
- [8] Sit, N., Misra, S., & Deka, S. C., (2013). "Physicochemical, Functional, Textural and Colour Characteristics Of Starches Isolated From Four Taro Cultivars Of North-East India", Starch-Stärke, 65: (11-12), 1011-1021.
- [9] Röper H., (2002). "Renewable Raw Materials In Europe — Industrial Utilization Of Starch And Sugar", Starch-Stärke, 54: 89-99.
- [10] Jobling, S., (2004). "Improving Starch For Food and Industrial Applications. Current Opinion In Plant Biology", 7: (2), 210-218.
- [11] Eliasson, A.-C., & Gudmundsson, M., (2006). "Starch: Physicochemical and Functional Aspects", In A. C. Eliasson (Ed.), Carbohydrates in food 2: 391–469. Boca Raton, FL: CRC Press.

- [12] Tester, R.F., Karkalas, J., (2002). "Starch", In: Steinbüchel, A. (Series Ed.) Vandamme, E.J., De Baets, S., Steinbüchel, A. (vol. Eds.), *Biopolymers*, vol. 6. Polysaccharides. II. Polysaccharides from Eukaryotes, Wiley-VCH, Weinheim, pp. 381–438.
- [13] Vandeputte GE, Delcour JA., (2004). "From Sucrose To Starch Granule To Starch Physical Behaviour: A Focus On Rice Starch", *Carbohydr Polym* 58(3): 245–266
- [14] Gérard C, Barron C, Colonna P, Planchot V., (2001). "Amylose Determination In Genetically Modified Starches", *Carbohydr Polym* 44(1): 19–27
- [15] Wurzburg OB (ed) (1986). "Modified Starches: Properties and Uses", CRC Press, Boca Raton
- [16] Takeda Y, Hizukuri S, Juliano BO (1986). "Purification and Structure Of Amylose From Rice Starch", *Carbohydr Res* 148(2): 299–308
- [17] Champagne ET (1996). "Rice Starch Composition and Characteristics", *Cereal Foods World* 41(11): 833–838
- [18] Buléon A, Colonna P, Planchot V, Ball S (1998). "Starch Granules: Structure and Biosynthesis", *Int J Biol Macromol* 23(2): 85–112
- [19] Bertoft E, Blennow A., (2009). "Structure Of Potato Starch", In: Jaspreet S, Lovedeep K (eds) *Advances In Potato Chemistry and Technology*. Academic Press, San Diego, pp 83–98
- [20] Imberty A, Buléon A, Tran V, Péerez S (1991). "Recent Advances In Knowledge Of Starch Structure". *Starch-Stärke* 43(10): 375–384
- [21] Singh J, Kaur L, McCarthy OJ (2009). Potato Starch and Its Modification, In: Jaspreet S, Lovedeep K (eds) *Advances In Potato Chemistry and Technology*, Academic Press, San Diego, pp 273–318
- [22] Angellier-Coussy H, Putaux JL, Molina-Boisseau S, Dufresne A, Bertoft E, Perez S (2009). "The Molecular Structure Of Waxy Maize Starch Nanocrystals", *Carbohydr Res* 344(12): 1558–1566
- [23] Jane J (2009). "Structural Features Of Starch Granules II", In: Bemiller JN, Whistler B (eds) *Starch: chemistry and technology*, Academic Press, New York, p 879
- [24] Vazquez, A., Cyras, V. P., Alvarez, V. A., & Moran, J. I. (2012). "Starch/Clay Nano-Biocomposites", In *Environmental Silicate Nano-Biocomposites* (pp. 287-321). Springer London.
- [25] Zeng, J., Li, G., Gao, H., & Ru, Z. (2011). "Comparison Of A and B Starch Granules From Three Wheat Varieties", *Molecules*, 16(12): 10570-10591.
- [26] Banks, W., Greenwood, C.T., (1975). *Starch and Its Components*, Edinburgh University Press, Edinburgh
- [27] Blanshard, J.M.V., (1987). *Starch Granule Structure and Function: A Physicochemical Approach*, In: Galliard, T., (Ed.), *Starch: Properties and Potential*, Wiley, Chichester, pp. 16–54.

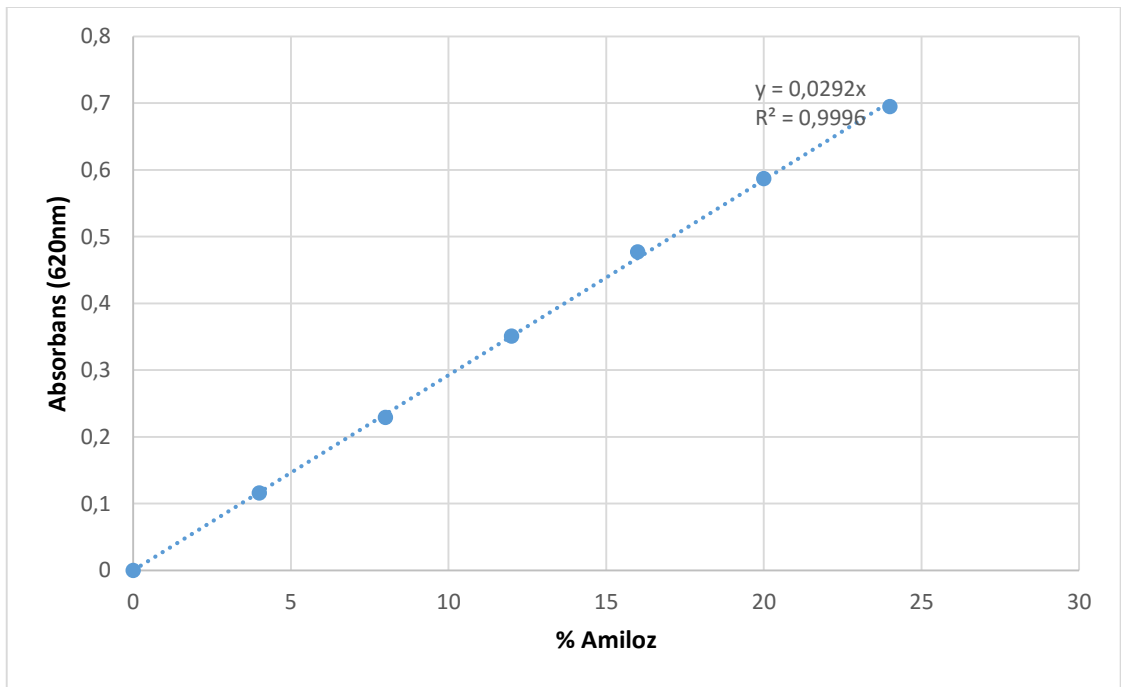
- [28] Bule'ón, A., Colonna, P., Planchot, V., Ball, S., (1998a). "Starch Granules: Structure and Biosynthesis", *International Journal of Biological Macromolecules* 23: 85–112.
- [29] Fredriksson, H., Silverio, J., Andersson, R., Eliasson, A.-C., A ° man, P., (1998). "The Influence Of Amylose and Amylopectin Characteristics On Gelatinisation And Retrogradation Properties Of Different Starches", *Carbohydrate Polymers* 35: 119–134.
- [30] Gallant, D.J., Bouchet, B., (1986). "Ultrastructure Of Maize Starch Granules: A Review. *Journal Of Food Microstructure*", 5: 141–155.
- [31] Galliard, T., Bowler, P., (1987). "Morphology and Composition Of Starch", In: Galliard, T., (Ed.), *Starch: Properties and Potential*, Wiley, Chichester, pp. 55–78
- [32] Kent, N.L., Evers, A.D., (1994). "Kent's Technology Of Cereals", fourth ed., Pergamon Press, Oxford, p. Oxford.
- [33] Morrison, W.R., Karkalas, J., (1990). Starch. In: Dey, P.M., (Ed.), "Methods In Plant Biochemistry", vol. 2. Academic Press, London, pp. 323–352.
- [34] Tester, R.F., Karkalas, J., (2002). "Starch". In: Steinbu"chel, A. (Series Ed.) Vandamme, E.J., De Baets, S., Steinbu"chel, A. (vol. Eds.), *Biopolymers*, vol. 6. Polysaccharides. II. Polysaccharides from Eukaryotes, Wiley–VCH, Weinheim, pp. 381–438.
- [35] Zobel, H.F., Stephen, A.M., (1996). "Starch: Structure, Analysis and Application", In: Stephen, A.M., (Ed.), *Food Polysaccharides and their Application*, Marcel Dekker, New York, pp. 19–66.
- [36] Appelqvist, I.A.M., Debet, M.R.M., (1997). "Starch–Biopolymer Interactions: A Review", *Food Reviews International* 13: 163–224.
- [37] Baldwin, P.M., (2001). "Starch Granule-Associated Proteins and Polypeptides: A Review", *Starch/Starke* 53: 475–503.
- [38] Blennow, A., Bay-Smidt, A.M., Wischmann, B., Olsen, C.E., Moller, B.L., (1998). "The Degree Of Starch Phosphorylation Is Related To The Chain Length Distribution Of The Neutral And Phosphorylated Chains Of Amylopectin", *Carbohydrate Research* 307: 45–54.
- [39] Blennow, A., Bay-Smidt, A.M., Olsen, C.E., Moller, B.L., (2000a). "The Distribution Of Covalently Bound Phosphate In The Starch Granule In Relation To Starch Crystallinity", *International Journal of Biological Macromolecules* 27: 211–218.
- [40] Blennow, A., Engelsen, S.B., Nielsen, T.H., Baunsgaard, L., Mikkelsen, R., (2002). "Starch Phosphorylation: A New Front In Starch Research", *Trends In Plant Science*, 7: 445–450.
- [41] Blennow, A., Engelsen, S.B., Munck, L., Moller, B.L., (2000b). "Starch Molecular Structure And Phosphorylation Investigated By A Combined Chromatographic and Chemometric Approach", *Carbohydrate Polymers* 41: 163–174.

- [42] Kasemsuwan, T., Jane, J.L., (1996). "Quantitative Method For The Survey Of Starch Phosphate Derivatives and Starch Phospholipids by P-31 Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy", *Cereal Chemistry* 73: 702–707.
- [43] Englyst, H. N., Kingman, S. M., & Cummings, J. H. (1992). "Classification and Measurement Of Nutritionally Important Starch Fractions", *European Journal of Clinical Nutrition*, 46: 33–50.
- [44] Sajilata, M. G., Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. (2006). "Resistant Starch – A Review", *Comprehensive Reviews in Food Science and Technology*, 5: 1–17.
- [45] Jane et al., (1999). J. Jane, Y.Y. Chen, L.F. Lee, A.E. McPherson, K.S. Wong, M. Radosavljevic, et al. "Effects Of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content On The Gelatinization and Pasting Properties Of Starch", *Cereal Chemistry Journal*, 76(1999): pp. 629–637
- [46] Lindeboom et al., (2004). N. Lindeboom, P.R. Chang, R.T. Tyler "Analytical, Biochemical and Physicochemical Aspects Of Starch Granule Size, With Emphasis On Small Granule Starches: A Review", *Starch – Stärke*, 56(2004): pp. 89–99
- [47] Rojas, J. A., Rosell, C. M., & De Barber, C. B. (1999). "Pasting Properties Of Different Wheat Flour-Hydrocolloid Systems", *Food hydrocolloids*, 13(1): 27–33.
- [48] Coultate, T. P. (2002). "Foods: The Chemistry Of Its Components", (Fourth Edition). Royal Society of Chemistry, London, UK.
- [49] Leach, H. W., McCowen, L. D. and Schoch, T. J. (1959). "Structure Of The Starch Granule. I. Swelling and Solubility Patterns Of Various Starches", *Cereal Chemistry*, 36: 524-543.
- [50] Lund, D. (1984). "Influence Of Time, Temperature, Moisture, Ingredients and Processing Conditions On Starch Gelatinisation", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 20: 249-273.
- [51] Miles, M. J., Morris, V. J., Orford, P. D. and Ring, S. G. (1985). "The Roles Of Amylose and Amylopectin In The Retrogradation Of Starch", *Carbohydrate Research*, 135: 271- 281.
- [52] Ellis, H. S., Ring, S. G. and Whittam, M. A. (1989). "A Comparison Of The Viscous Behaviour Of Wheat and Maize Starch Pastes", *Journal of Cereal Science*, 10: 33-44.
- [53] Okechukwu, P. E. and Rao, M. A. (1995). "Influence Of Granule Size On Viscosity Of Cornstarch Suspension", *Journal of Texture Studies*, 26: 501-516.
- [54] Okechukwu, P. E. and Rao, M. A. (1996). "Role Of Granule Size and Size Distribution In The Viscosity Of Cowpea Starch Dispersions Heated In Excess Water", *Journal Of Texture Studies*, 27: 159-173
- [55] Ziegler, G., Thompson, D. B. and Casasnovas, J. (1993). "Dynamic Measurement Of Starch Granule Swelling During Gelatinization", *Cereal Chemistry*, 70(3): 247-251.

- [56] Maaruf, A. G., Man, Y. B., Asbi, B. A., Junainah, A. H. and Kennedy, J. F. (2001). "Effect Of Water Content On The Gelatinisation Temperature Of Sago Starch", *Carbohydrate Polymers*, 46(4): 331-337.
- [57] Evans, I. D., & Haisman, D. R. (1982). *Starch*, 34: 224-231.
- [58] Spies, R. D., & Hosney, R. C. (1982). *Cereal Chemistry*, 59: 128-131.
- [59] Ganz, A. J. (1965). *Cereal Chemistry*, 42: 429-431.
- [60] Chang, S., & Liu, L. (1991). *Journal of Food Science*, 56: 564-570.
- [61] Roach, R. R., & Hosney, R. C. (1995). *Cereal Chemistry*, 72: 571-577.
- [62] Stampfli, L., & Nerste, B. (1995). *Food Chemistry*, 52: 353-360.
- [63] Ghiasi, K., Hosney, R. C., & Varriano-Marston, E. (1982). *Cereal Chemistry*, 60: 58-61.
- [64] Jafar Milani and Gisoo Maleki (2012). "Hydrocolloids In Food Industry", *Food Industrial Processes – Methods and Equipment*, Dr. Benjamin Valdez (Ed.), ISBN: 978-953-307-905-9,
- [65] Appelqvist, I. A. M., & Debet, M. R. M. (1997). "Starch–Biopolymer Interactions – A Review", *Food Reviews International*, 13: 163–224.
- [66] Norton, I. T., & Foster, T. J. (2002). "Hydrocolloids In Real Food Systems" In P. A. Williams & G. O. Phillips (Eds.). *Gums and stabilisers for the food industry* Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry, 11: 187–200.
- [67] Achayuthakan, P., & Supphantharika, M. (2008). "Pasting and Rheological Properties Of Waxy Corn Starch As Affected By Guar Gum and Xanthan Gum", *Carbohydrate Polymers*, 71(1): 9-17.
- [68] Davidson, R.L. (1980). *Handbook Of Water-Soluble Gums and Resins*, McGraw-Hill, New York .
- [69] Melton, L.D., Mindt, L., Rees, D.A. & Sanderson G.R. (1976). "Covalent Structure Of The Polysaccharide From *Xanthomonas Campestris*: Evidence From Partial Hydrolysis Studies", *Carbohydrate Research*, 46(2): 245–257.
- [70] Ross-Murphy, S. B. (1995). "Structure–Property Relationships In Food Biopolymer Gels and Solutions", *Journal of Rheology*, 39: 1451–1463.
- [71] Chaisawang, M., & Supphantharika, M. (2005). "Effects Of Guar Gum and Xanthan Gum Additions On Physical and Rheological Properties Of Cationic Tapioca Starch", *Carbohydrate Polymers*, 61: 288–295.
- [72] Chaisawang, M., & Supphantharika, M. (2006). "Pasting and Rheological Properties Of Native And Anionic Tapioca Starches As Modified By Guar Gum and Xanthan Gum", *Food Hydrocolloids*, 20: 641–649.
- [73] Göhl, B, 1981. "Tropical Feeds", *Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health Series 12*: 314, Rome.
- [74] Agbor- Egbe, T., J. E. Rickard, (1990). "Evaluation Of The Chemical Composition Of Fresh and Stored Edible Aroids", *J. Sci. Food. Agric.* 53: 487-495.

- [75] FAO, <http://www.fao.org/faostat/en/#home>, 14 Mart 2017.
- [76] Şen M., Akgul A., Ozcan M., (2001). "Golevez [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] Yumrusunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Kızartma ve Pureye İşlenmesi, Turkish Journal of Agriculture and Food Chemistry", 25: 427-432.
- [77] O'Hair, S. K. G. H. Snyder, J. F. Morton, (1982). "Wetland Taro: A Neglected Crop For Food, Feed And Fuel", Proc. Flor. State Hort. Soc. 95: 367-374.
- [78] O'Hair, S. K, M. P. Asokan, (1986). "Edible Aroids: Botany And Horticulture", Hort. Rev. 8: 43-99.
- [79] McCartan, S. A, J. V. Staden, J. F. Finnie, (1996). "In Vitro Propagation Of Taro (*Colocasia Esculenta*)", J. S. Afr. Soc. Hort. Sci. 6: 1-3.
- [80] Maga, J.A., (1992). "Taro – Composition and Food Uses", Food Rev Int 8: 443–473.
- [81] Onwueme, I. C. (1994). "Tropical Root and Tuber Crops—Production, Perspectives and Future Prospects", FAO plant production & protection paper 126. FAO, Rome, 228.
- [82] USDA, <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>, 14 Mart 2017.
- [83] Jane, J., Shen, L., Chen, J., Lim, S. et al., (1992). "Physical and Chemical Studies Of Taro Starches and Flours", Cereal Chem, 69:528–535.
- [84] Roth, A., Worth, R. M., Lichton, I. J., (1967) "Use Of Poi In The Prevention Of Allergic Diseases In Potentially Allergic Infants", Ann. Allergy 25: 505–506.
- [85] Benesi, I. R. M., Labuschagne, M. T., Dixon, A. G. O., Mahungu, N. M., (2004). "Stability Of Native Starch Quality Parameters, Starch Extraction and Root Dry Matter Of Cassava Genotypes In Different Environments", J. Sci. Food Agric. 84: 1381–1388.
- [86] Tattiyakul, J., Asavasksakul, S., Pradipasena, P., (2006). "Chemical and Physical Properties Of Flour Extracted From Taro (*Colocasia Esculenta*) Grown In Different Regions Of Thailand", Sci. Asia 32: 279–284.
- [87] El S. N., Şimşek Ş., (2010). Gölevez (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) Yumrusundan Dirençli Nişasta Elde Edilmesi ve Sağlık Üzerine Etkilerinin in vitro Yöntemlerle Saptanması, TÜBİTAK, Proje No: 107O812.
- [88] Pérez, E., Schultz, F. S., de-Delahaye, E. P., (2005). "Characterization Of Some Properties Of Starches Isolated From *Xanthosoma Sagittifolium* (Tannia) and *Colocassia Esculenta* (Taro)", Carbohydr. Poly, 60: 139–145.
- [89] AACC. (1990). American association of cereal chemists international. St. Paul, MN, USA: The Association.
- [90] Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. (1990). "Some Properties Of *Amaranthus Paniculatas* (Rajgeera) Starch Pastes", Starch-Stärke, 42(1): 5-7.
- [91] Sandhu, K. S., Singh, N., (2007). "Some Properties Of Corn Starches II: Physicochemical, Gelatinization, Retrogradation, Pasting and Gel Textural Properties", Food Chem. 101: 1499–1507.

- [92] AOAC. (2002). Official method 2002.02. Gaithersburg, MD, USA: Association of official analytical chemists.
- [93] Juliano, B.O. (1971). "A Simplified Assay For Milled Rice Amylose", *Cereal Science Today*, 16: 334-338.
- [94] Sukhija, S., Singh, S., & Riar, C. S. (2016). "Isolation Of Starches From Different Tubers And Study Of Their Physicochemical, Thermal, Rheological and Morphological Characteristics". *Starch-Stärke*, 68(1-2): 160-168.
- [95] Yu, S., Ma, Y., Menager, L., Sun, D.-W., (2012). "Physicochemical Properties Of Starch and Flour From Different Rice Cultivars", *Food Bioprocess Technol.*, 5: 626–637.
- [96] Jyothi, A. N., Rajasekharan, K. N., Moorthy, S. N., & Sreekumar, J. (2005). "Synthesis and Characterization Of Low DS Succinate Derivatives Of Cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) Starch", *Starch/Stärke*, 57(7): 319–324.
- [97] Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N. S., & Gill, B. S. (2003). "Morphological, Thermal and Rheological Properties Of Starches From Different Botanical Sources", *Food Chemistry*, 81(2): 219-231.
- [98] Aprianita, A., Vasiljevic, T., Bannikova, A., & Kasapis, S. (2014). "Physicochemical Properties Of Flours and Starches Derived From Traditional Indonesian Tubers and Roots", *Journal Of Food Science and Technology*, 51(12): 3669-3679.
- [99] Onyango C, Mutungi C, (2008). 'Synthesis and In Vitro Digestion Of Resistant Starch Type III From Enzymatically Hydrolysed Cassava Starch" , *International Journal of Food Science and Technolgy*, 43: 1860-1865.
- [100] Nwokocha, L. M., Senan, C., & Williams, P. A. (2011). "Structural, Physicochemical and Rheological Characterization Of *Tacca Involucrata* Starch", *Carbohydrate Polymers*, 86(2): 789-796.

AMİLOZ KALİBRASYON EĞRİSİ

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Burcu YAŞAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 05.02.1993 / İstanbul
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : burcuyasar9321@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek lisans	Gıda Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	-
Lisans	Gıda Mühendisliği	İstanbul Aydın Üniversitesi	2015
Lise	Fen Bilimleri	Dede Korkut Anadolu Lisesi	2011

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2016-	İstanbul Gelişim Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2015-2016	Yıldız Teknik Üniversitesi	Proje Asistanı

YAYINLARI

Makale

1. Arıcı, M., Yıldırım, R., Özülkü, G., Yaşar, B., Toker, O., (2016) Physicochemical and nutritional properties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour as affected by drying temperature and air velocity, *LWT - Food Science & Technology* 74, 434-440

Bildiri

1. Yaşar, B., Arıcı, M., Toker O., “Some properties of *Colocasia esculenta* (Taro) starch as a functional component” International Congress on Medicinal and Aromatic Plants 10-12 May 2017, Konya.
2. Arıcı, M., Yaşar, B., Toker O., Effect of different hydrocolloids on the pasting properties of Taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour* International Congress on Medicinal and Aromatic Plants 10-12 May 2017, Konya.
3. Arıcı, M., Yaşar, B., Özülkü, G., Yıldırım, R., Toker, O., “Gölevez (*Colocasia Esculenta* L. Schott) ununun ekmek üretiminde kullanılması”, Türkiye 12. Gıda Kongresi, 5-7 Ekim 2016, Edirne.
4. Arıcı, M., Özülkü, G., Yıldırım, R., Yaşar, B., Toker, O., “Resistant Starch Content of Taro (*Colocasia Esculenta* L. Schott) Flour Drying at Different Conditions”, Institute of Food Technologists’16, 16-19 July 2016, Chicago.

Proje

1. TÜBİTAK-1001 Fonksiyonel Bir Bileşen Olarak Gölevez (*Colocasia Esculenta* L.Schott) Ununun Fırıncılık Ürünlerinde Kullanımı, Proje No: 114O391 (Bursiyer)