

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BESLENME VE DİYETETİK BİLİM DALI

**FARKLI NİŞASTA KAYNAKLARINDAN ENZİMLE
DİRENÇLİ NİSASTA ÜRETİMİ VE DÜŞÜK GLİSEMİK
İNDEKSLİ FONKSİYONEL ATIŞTIRMALIK
FORMÜLASYONLARIN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET TEVFİK NARGÜL

İstanbul
Mart, 2019

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BESLENME VE DİYETETİK BİLİM DALI

**FARKLI NIŞASTA KAYNAKLARINDAN ENZİMLE DİRENÇLİ
NISASTA ÜRETİMİ VE DÜŞÜK GLİSEMİK İNDEKSLİ
FONKSİYONEL ATIŞTIRMALIK FORMÜLASYONLARIN
GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEHMET TEVFİK NARGÜL

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAMAN

İstanbul
Mart, 2019

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Beslenme ve Diyetetik Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAMAN



Üye Dr. Öğr. Üyesi Jale ÇATAK



Üye Doç. Dr. Turgay ÇAKMAK



Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.



Prof. Dr. Ahmet Korhan BİNARK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım "Farklı Nişasta Kaynaklarından Enzimle Dirençli Nişasta Üretimi Ve Düşük Glisemik İndeksli Fonksiyonel Atıştırılabilir Formülasyonların Geliştirilmesi" adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandırıldığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

İmza



ÖNSÖZ

Tez çalışmamda planlanmasında, araştırılmasında yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen engin tecrübeleri ile bana yol göstere, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı şekillendiren muhterem ilim insanı değerli danışman hocam Sayın; Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Yaman'a desteği ve önerilerini göstermekten kaçınmayan dönem arkadaşım Ömer Faruk Mızrak'a, can dostum, meslektaşım ve dönem arkadaşım olan Esra Özkan'a her zaman benim yanımda sabırlı bir şekilde olduğu için sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Bu zorlu süreçte maddi ve manevi desteklerini bir an olsun benden esirgemeyen, motivasyon kaynağım emektar aileme, çalışmalarımı sabırla destekleyen, umutlarımı her daim yeşerten güzide ailemin güzide insanları Semih ve Semra Nargül'e Eğitim hayatım boyunca her türlü fedakarlığı ile beni güçlü kılan, örnek şahsiyeti ile kimliğimi şekillendiren, rehberim, sırdaşım, ışığım, ikinci annem, Melek vasıflı ablam Sema Nargül'e şükranlarımı sunuyorum.

Bu tezi Annem Nebile Nargöl'e İthaf Ediyorum.

ÖZET

FARKLI NIŞASTA KAYNAKLARINDAN ENZİMLE DİRENÇLİ NISASTA ÜRETİMİ VE DÜŞÜK GLİSEMİK İNDEKSLİ FONKSİYONEL ATIŞTIRMALIK FORMÜLASYONLARIN GELİŞTİRİLMESİ

Mehmet Tevfik NARGÜL

Yüksek Lisans, Beslenme ve Diyetetik

Tez danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAMAN

Mart-2019,

Bu çalışmada, farklı nişasta kaynaklarından enzimle dirençli nişasta üreterek ve düşük glisemik indeksli fonksiyonel atıştırma formülasyonlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, sade galeta ve krakere, %10, %20 ve %30 oranlarında mısır, patates ve buğdaydan üretilen dirençli nişasta eklenmiş ve bu örneklerin glisemik indeksleri ölçülmüştür. Ayrıca ölçülen bu değerler çalışmada referans olarak alınan beyaz ekmeğin glisemik indeksi ile karşılaştırılmıştır. Glisemik indeksi yüksek besinler ile diyabet, obezite ve bunlarla ilişkili olarak birçok kronik rahatsızlığın görülme yoğunluğu arasında doğrusal orantı tespit edildiğinden sağlıklı beslenme programında bulunan karbonhidratların glisemik indekslerinin düşük olması önerilmektedir. Bu çalışmada farklı nişasta kaynaklarından (mısır, buğday ve patates) üretilen enzimle dirençli nişasta türleriyle geliştirilen fonksiyonel atıştırma formülasyonlarının düşük glisemik indekse sahip olduğu tespit edilmiş ve referans olarak alınan beyaz ekmeğe göre de çok daha düşük glisemik indekse sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca çalışmada, zaman geçtikçe sindirilebilen nişasta miktarının dirençli nişasta eklenmiş örneklerde beyaz ekmeğe nazaran daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum da glisemik indeksi doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada, farklı nişasta kaynaklarından üretilen enzime dirençli nişasta ile geliştirilen formülasyonların düşük glisemik indekse sahip olduğu ve sağlıklı beslenme açısından yararlı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Dirençli Nişasta, Glisemik İndeks, Sağlıklı Beslenme, Fonksiyonel Besin

ABSTRACT

ENZYME-RESISTANT STARCH PRODUCTION FROM DIFFERENT STARCH SOURCES AND DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL SNACK FORMULATIONS WITH LOW GLYCEMIC INDEX

Mehmet Tefvik NARGÜL

Master's, Nutrition and Dietetics

Thesis Advisor: Asst. Assoc. Dr. Mustafa YAMAN

March-2019,

In this study, it was aimed to develop functional snack formulation with low glycemic index by producing enzyme-resistant starch from different starch sources. In this respect, simple Galeta and crackers, 10%, 20% and 30% of corn, potatoes and wheat produced resistant starch were added and glycemic indices of these samples were measured. In addition, these measured values were compared with the glycemic index of the white bread taken as reference in the study.

It is recommended that the glycemic index of carbohydrates in the healthy diet program be low as linear ratio is determined between high glycemic index foods, diabetes, obesity and the incidence of many chronic diseases associated with them. In this study, functional snacks developed with enzyme-resistant starch species produced from different starch sources (corn, wheat and potatoes) were found to have low glycemic index and have a much lower glycemic index compared to white bread as reference. In addition, it was found that the amount of starch that can be digested over time was lower in the samples with resistant starch added compared to white bread. In this case, the glycemic index directly affects.

For healthy and balanced nutrition, the type of carbohydrates that should be taken into the body must have a low glycemic index. In this study, it was found that the formulations developed with enzyme-resistant starch produced from different starch sources have low glycemic index and are beneficial for healthy nutrition.

Key Words: Resistant Starch, Glycemic Index, Healthy Nutrition, Functional Nutrients

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	iii
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Nişasta Maddesinin Yapısı.....	2
2.1.1. Nişastanın Üretimi ve Tarihçesine Genel Bakış	2
2.1.2. Nişasta Kaynakları	5
2.1.3. Nişastanın Retrogradasyonu ve Jelatinizasyonu	6
2.2. Dirençli Nişasta.....	8
2.2.1 Dirençli Nişastanın Yapısı ve Sınıflandırılması.....	8
2.2.2 Dirençli Nişastanın İşlevsel Özellikleri	11
2.2.3. Dirençli Nişastanın Fizyolojik Etkileri	11
2.2.4. Dirençli Nişasta Oluşturma Yöntemlerine Temel Bakış.....	13
2.3. Glisemik İndeks	16
2.3.1. Glisemik İndeks Kavramı	16
2.3.2. Glisemik İndekse Etki Eden Faktörlere Genel Bakış.....	17
2.3.2.1. Besinlerin İçerdiği Nişasta Türleri.....	17
2.3.2.2. Besinlerin Olgunluk Seviyesi ve Diyet Posası.....	17
2.3.2.3. Besinlerin Fiziki Yapıları.....	17
2.3.2.4. Besine Uygulanan İşlemler ve Besinlerin Yapısı.....	17
2.3.2.5. Besin Tüketim Hızları ve Asidite.....	18
2.3.3. Nişasta Türünün Glisemik İndekse Etkisi.....	18
2.3.4. Nişastanın Sindirilebilirlik Durumu ve Glisemik İndeks.....	20
2.3.5. Glisemik İndeksin Obezite ve Diyabet İle İlişkisi	20
2.4. Sağlıklı Beslenme (Yeterli ve Dengeli Beslenme).....	21

2.5. Dirençli Nişastanın Sağlıklı Beslenme Üzerine Etkileri.....	23
3. MATERYAL VE METOD.....	25
3.1. Nişasta Tayini.....	25
3.2. In-Vitro Sindirilebilirlik ve Tahmini Glisemik İndeksin Ölçülmesi.....	26
3.3. Dirençli Nişasta Üretim Prosesi.....	27
3.3.1. Dirençli Nişastanın Üretim Şeması.....	28
3.4. Dirençli Nişasta Tayini	29
3.4.1. Kullanılan Malzemeler.....	29
3.4.2. Örneğin Hazırlanması	29
3.4.3. Diyet Nişasta Tayini Şeması.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	31
4.1. Galetanın Analizi Sonucunda Elde Edilen Bulgular.....	31
4.2. Krakerin Analizi Sonucunda Elde Edilen Bulgular	38
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	45
KAYNAKLAR	50
EKLER.....	60
EK-1: Çalışmada Kullanılan Örneklerin Fotoğrafları.....	60
EK-2: Çalışmada Kullanılan Dirençli Nişasta Örnekleri	63
ÖZGEÇMİŞ	65

TABLO LİSTESİ

- Tablo 1. Bazı Gıdalarda Bulunan Dirençli Nişasta Miktarları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 2. Dirençli Nişasta Türleri, İnce Bağırsaktaki Sindirimi Ve Buldukları Besin Kaynakları (Fuentez-Zaragoza ve diğ., 2010)..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 3. Dirençli nişastanın fizyolojik etkileri (Fuentes-Zaragoza ve diğ., 2010). ... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 4. Dirençli nişastanın sağlık üzerine etkisi (Fuentes-Zaragoza ve ark. 2010). **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 5. 20 ve 180 Dakika Arasında Sindirilme Oranları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 6. Hidroliz Endeksine Göre, Beyaz Ekmeğin Glisemik Endeksine Göre Oranları, Glikoz Oranları..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 7. 20 ve 180 Dakika Arasında Sindirilme Oranları **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Tablo 8. Hidroliz Endeksine Göre, Beyaz Ekmeğin Glisemik Endeksine Göre Oranları, Glikoz Oranları..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1. Düz Zincirli Amilozun Yapısı **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Şekil 2. Amilopektinin Yapısı..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Şekil 3. Nişastanın Jelatinizasyonu **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
- Şekil 4. Nişastanın Retrogradasyonu **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**



1. GİRİŞ

Toplumun besinlerin muhtemel faydaları üzerine olan ilgisinin artması gıda sektörünü fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi açısından desteklemektedir. Besleyici değeri yüksek olan ve sağlık açısından yararlı olan bu tip gıdaların imalatında, birincil enerji kaynağı olarak karbonhidratlar büyük rol oynamaktadır. Bitkisel kaynaklı ve temel bir karbonhidrat türü olan nişasta da işlendiği takdirde gıdalara önemli işlevsel özellikler kazandırmaktadır. Enzime dirençli nişasta da bu tip işlenmiş bir nişasta türüdür. Enzime dirençli nişastalar ince bağırsakta sindirilemeyip direk olarak kalın bağırsağa geçmelerinden ötürü diyet lif gibi davrandıklarından fonksiyonel gıda katkısı olarak gıdalarda kullanılabilirler.

Enzime dirençli nişastalar birçok farklı yöntemle üretilip çeşitli gıdalara eklenerek fonksiyonel gıda üretiminde kullanılabilirler.

Bu çalışmada, mısır, patates ve buğday kaynaklarından %10, %20 ve %30 oranlarında üretilen enzimle dirençli nişasta galeta ve krakere eklenerek düşük glisemik indeksli fonksiyonel atıştırmalık formülasyonlar geliştirilmiştir. Üretilen bu formülasyonların glisemik indeks değerleri referans olarak alınan beyaz ekmeğin glisemik indeksi ile karşılaştırılarak bu geliştirilen formülasyonların sağlık açısından yararları incelenmiştir.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümü çalışmanın genel özetini anlatırken, ikinci bölümünde çalışma hakkında kuramsal bilgiler verilmiş, üçüncü bölümünde çalışmanın materyal ve metodu anlatılmış, dördüncü bölümünde araştırmadan elde edilen bulgular belirtilmiş ve son bölümde de çalışmadan elde edilen sonuçlar tanımlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Nişasta Maddesinin Yapısı

2.1.1. Nişastanın Üretimi ve Tarihçesine Genel Bakış

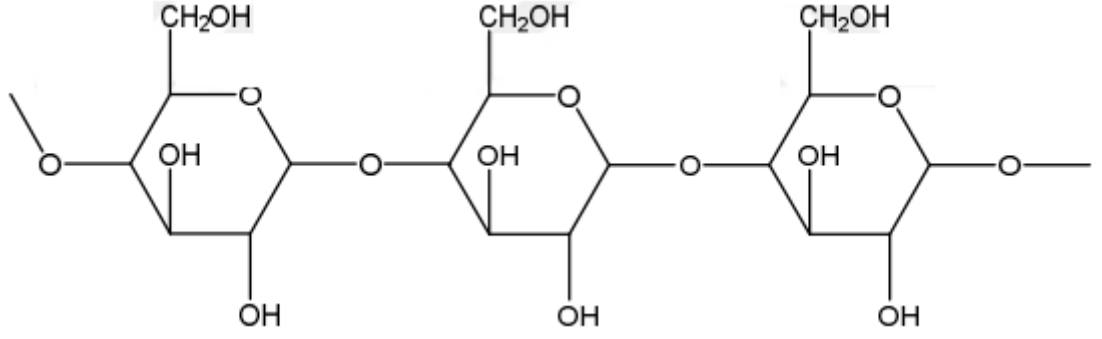
Nişasta, bitkilerde fotosentez sonucunda elde edilen temel üründür ve genellikle patates ve tahıl türlerinden sağlanan kokusuz, tatsız ve açık renkli bir maddedir. Polisakkaritlerin fotosentetik olan ve/veya olmayan yapılarıdaki en yaygın depolama biçimidir (Jobling, 2004; Swinkels, 1990). Nişasta, bilinen pozitif kimyevi nitelikleri ve biyolojik açıdan kolaylıkla parçalanabilen bir madde olması sebebi ile gıda ve gıda dışındaki alanlarda, tercih edilen çok amaçlı yenilenebilir bir besindir. Ayrıca nişasta hayvan ve insanların beslenmesinde temel olarak tüketilen bir besin maddesi olmakla kalmayıp yalnızca yiyecek sektöründe tekstil, kâğıt ve diğer birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır (Jobling, 2004; Swinkels, 1990; Zobel, 1988; Wurzburg, 1986).

Nişasta maddesi olduğu moleküler ve fiziki nitelikleriyle, diğer gıdalardan ayrılarak, başta insan beslenmesi olmak üzere endüstriyel kullanım alanları içinde büyük bir önem taşımaktadır (BeMiller, 2009). Nişastanın moleküler yapısı ve biçimi, amilopektinin ve amiloz temelli kimyasal içeriği, amilopektin-amiloz düzeyi, lipid, fosfat ve protein seviyesi gibi işlevsel nitelikleri, nişastanın endüstri alanında kullanıldığı yeri belirler. Söz gelimi yiyecek sanayisinde, kızartılmış besinlerde ve tatlılarda yüksek oranda amiloz ihtiva eden nişastalar kullanılırken, dondurularak saklanılan besinlerdeyse amiloz ihtiva etmeyen nişastalar kullanılmaktadır. Bu nedenle endüstriyel amaç ile kullanılacak nişastalar çoğunlukla fiziki, kimyevi ya da enzimatik metotlarla transpoze yapılarak konstrüktif nitelikleri ve bununla ilişkili olarak işlevsel nitelikleri değişikliğe uğratılır. Günümüzdeyse işlevselliği geliştirilen bu tür nişastalar bilhassa genetik modifikasyona maruz bırakılmış bitkilerden elde edilmektedir. Bitki biyo-teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte nişastanın moleküler yapısında değişiklik yapılması daha da kolaylaşmıştır (Ölçer, 2008). Nişasta, diğer yenilebilir polimerlerin ve karbonhidratların aksine granül olarak adlandırılan parçacık halindeki yapılardan meydana gelmektedir. Söz konusu bu granüllerin boyutu, biçimi ve strüktürel yapısı yer aldığı nişasta yapısına göre değişiklik gösterir (Bechtel, 1990). Örnek olarak pirinç granüllerinin çapı 3 µm'ken, patatesten bu değer 100 µm'ye kadar yükselmektedir (Tester, 2004).

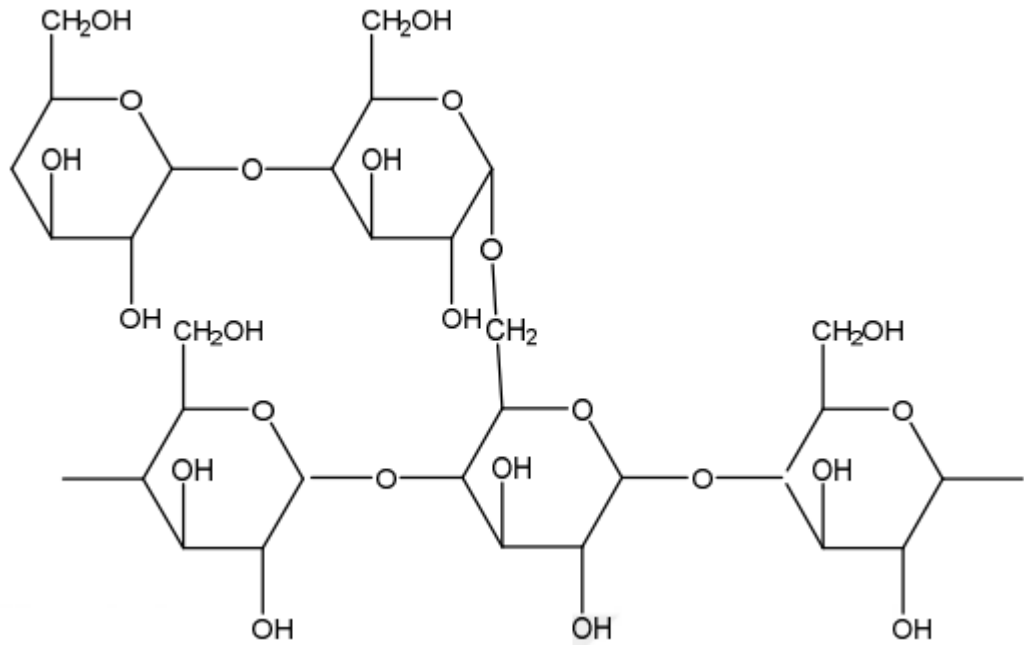
Nişasta maddesi, amilopektin ve amiloz olmak üzere iki polimerik karbonhidrat molekülünün birleşmesinden oluşmaktadır. Nişastanın suda çözülebilen bileşeni amilozdur. Amiloz karbonhidratı düz zincir yapısına sahip olmakla birlikte 250-2000 glikoz birim zincir uzunluğundadır (Preiss, 1996). Amilopektin karbonhidrat da ise yaklaşık 1000000 glikoz birimi zinciri uzunluğunda dallı bir yapıdadır ve suda çözünmez (Seidel, 2004). Amilopektin dallı bir yapı göstermesinin sebebi dallanma noktalarında ekstra bağ kökleri bulunmasından kaynaklanmaktadır. Moleküllerin dallandıkları noktalardaki moleküler yapılar düzensiz bir yapıdadır ve iki ayrı dallanma merkezi arasındaki çift sarmallar ise düzenli bir şekilde sıralanarak kristalize bir yapı meydana getirirler. Bu sebepten mikroskop altında moleküler yapıdaki düzenli/düzensiz noktalar büyüme merkezleri gibi görünmektedir. Amilopektin yapısı içerisinde yer alan izoform iki zincir birbirleri ile eşlenik sarmal meydana getirir (Hoseney, 1994). Amilopektinin ve amilozun biçimsel farklılıkları aşağıdaki tabloda verilirken, kimyasal yapıları da şekil 1 ve 2’de verilmiştir (Ball, 1998; Wilks, 2001).

Tablo 1. Amiloz Ve Amilopektin Moleküllerinin Fizikokimyasal Özellikleri

Özellik	Amiloz	Amilopektin
Molekül Kütlesi	5000 – 200000	Birkaç Milyon
Glikozidik Bağ	(1,4) - α -D -	(1,4) - α - D-, (1,6) - α - D
Retrogradasyon hassasiyeti	Yüksek	Düşük
Molekül şekli	Düz	Dallanmış
Granüldeki yüzde ağırlık	% 15-35	% 65-85
Zincir uzunluğu	3-1000	3-50



Şekil 1. Düz Zincirli Amilozun Yapısı



Şekil 2. Amilopektinin Yapısı

Nişasta türleri birçok kimyasal uygulama için uygun bir moleküler yapıya sahiptir. Bu sebep ile nişasta moleküllerine olumlu nitelikler kazandırmak ve var olan nitelikleri geliştirmek ve moleküler eksikleri gidermek için kimyasal ya da fiziksel olarak transformasyona uğratılmalıdır. Nişasta türleri jelleştirici maddeler, koyulaştırıcılar ve kapsülleyici maddeler besinlerde, kaplayıcı maddelerde, plastik maddelerde, sigaralarda ve birçok madde kullanılmaktadır. Nişasta türleri, tekstil ürünlerinde de kullanılmaktadır. Ayrıca bazı nişasta türleri, gaz, yağ ya da su üretimi için akışkan kaybını engellemek ve düzenlemek için tercih edilir (Zhang, 2001). Bazı nişasta türleri de plastiklerde bozunmayı ve parçalanmayı hızlandırmak için kullanılmaktadır. Nişastanın termoplastik türü ve

polimer-nişasta türü bazı durumlarda petrol kökenli plastik maddelerin yerine tercih edilmektedir. Nişasta maddesinin yenilenebilen kaynaklardan üretilmesi ve biyolojik açıdan daha iyi parçalanabilmesi için deterjan ürünlerinde kullanılmasına da neden olmaktadır (Solarek, 2009).

2.1.2. Nişasta Kaynakları

Bitkiler yılda fotosentez aracılığı ile 2850 milyon tona yakın nişasta üretimi gerçekleştirir. İnsanlar açısından nişastanın ana kaynağı tahıl türleri olarak görülmesine rağmen yumru ve kökte büyük önem taşımaktadır. Tahıl türleri kullanılarak üretilen yıllık nişasta üretimi yaklaşık olarak 2050 milyon ton iken, yumru ve köklerden üretilen ise yaklaşık olarak 701 milyon tondur (Burrell, 2003).

Nişasta üretiminde verimlilik olgusu bulunmaktadır. Üretimi yapılan bir nişasta türünün verimliliği, üretildiği besin maddesinin niteliğine ve üretim aşamalarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Aşağıdaki tablodan da görüleceği üzere nişasta üretiminde en yüksek verimlilik oranı mısırdadır. Türkiye’de mısırın hemen hemen bütün bölgelerde yetiştirilebilir olması Türkiye’de de nişasta üretiminde en çok mısırın kullanılmasına neden olmaktadır (Sezgin, 1992).

Tablo 2. Bitkilerin Nişasta Açısından Verimlilikleri

Bitki Türleri	Verim (%)	Dünya Geneli Üretimi (%)
Buğday	65	8
Patates	40	7
Mısır	70	75
Diğerleri	-	10

Mısır bitkisine olan kolay ulaşım, üretim ve tohum maliyetlerinin düşük olması, uzun süre boyunca depolanabilmesi ve nişasta oranının yüksek olması gibi nitelikleri, mısırın nişasta üretiminde ticari olarak tercih edilmesi oranını yükseltmiştir. Buğday, insanlığın ilk çağlarından itibaren temel besin maddesi olarak tercih edilmektedir. Dünyada temel nişasta üretiminin %75’i mısır, %8’i buğday, %7’si patates ve %10’u da diğer maddelerden sağlanmaktadır. Dünya üzerinde nişastanın yaklaşık olarak %53’ü

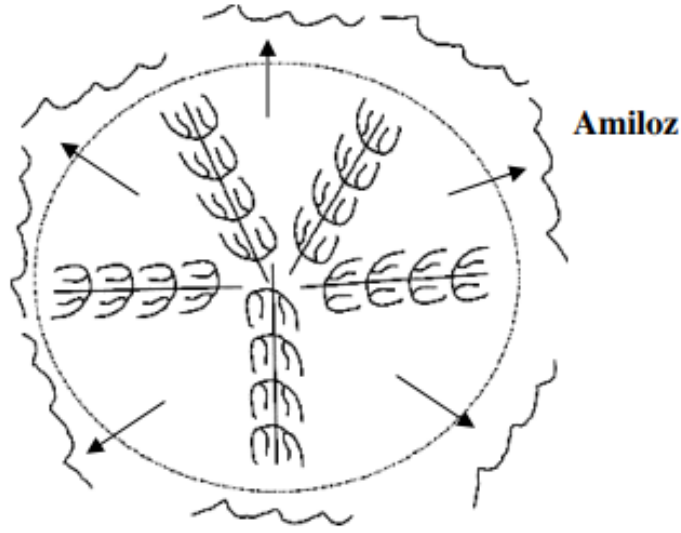
Birleşik Devletlerde, %18'i Avrupa kıtasında ve %29'u dünyanın diğer ülkelerinde üretilmektedir (BeMiller, 2009).

Patatesten üretilen nişastanın kullanımı bazı endüstriyel sektörlerde tercih edilmektedir. Patatesten elde edilen nişastanın amiloz içeriği %22-26 ve amilopektin içeriği %74-78 dolaylarındadır (BeMiller, 2009; Marshall, 1993).

2.1.3. Nişastanın Retrogradasyonu ve Jelatinizasyonu

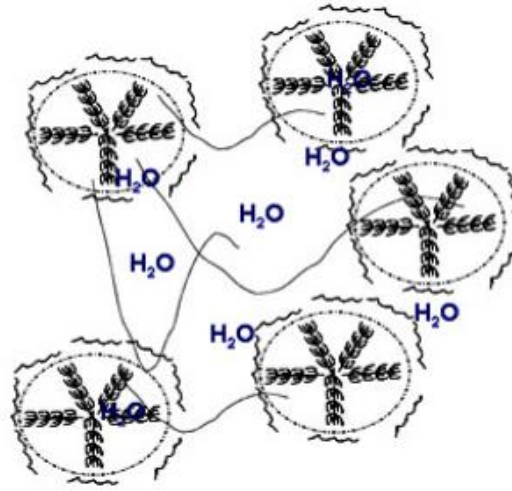
Doğal nişasta molekülleri su içerisinde çözünme göstermezler (Thomas, 1999). Fakat nişastalar rölatif açıdan yüksek nemli bir yerde bekletildikleri takdirde ya da suyla etkileşime geçtiklerinde suyu soğurarak şişme gösterirler. Soğurma esnasında su molekülleriyle nişasta moleküllerinde yer alan hidroksil yapıları arasında hidrojen bağları meydana gelir. Nişasta molekülleri ağırlıklarının %30'u kadar su molekülünü soğurabilir. Nişasta moleküllerinin şişmesi neticesinde hacimsel olarak %6 oranında bir artış gerçekleşir. Hacimdeki bu değişim ve suyun absorpsiyonu geri dönüşümlü bir durumdur. Yapının jelatinizasyon ısısından daha düşük ısı seviyelerine düşürülmesi moleküler anlamda başka bir değişime de sebep olmamaktadır. Fakat ısının yüksek sıcaklıklara çıkarılması geri döndürülemeyen değişikliklere sebebiyet vermektedir (Köksel, 2005). Söz konusu bu değişiklikler neticesinde nişasta molekülünün düzenli yapısı bozulur. Bu durum jelatinizasyon olarak adlandırılmaktadır (Köksel, 2005; Eerlingen ve Delcour, 1995).

Eğer ısıtma işlemi devam ettirilirse, nişasta molekülü içinde bulunan amiloz molekülleri granülün çeperinden sızma gerçekleştirerek çözeltiye yayılırlar. Çözünen amiloz viskozitenin yükselmesine sebebiyet vermektedir. Bu durumun sonucunda meydana gelen yapı peltemsi bir haldedir (Thomas ve Atwell, 1999).



Şekil 3. Nişastanın Jelatinizasyonu

Jelatinizasyon neticesinde meydana gelen yüksek vizkoziteli yapı istikrarlı bir yapı değildir. Depolama esnasında söz konusu bu yapı jelleşmektedir. Ortaya çıkan bu jelin bekletilmesi esnasında nişasta molekülleri depoladıkları enerjiyi düşürmek için birbirleri ile etkileşim gerçekleştirirler. Eğer bu bekletme süresi yükseltirse nişasta molekülleri arasında olan etkileşimde artış göstermektedir. Tüm bunların sonunda kristalize bir yapı meydana gelir. Söz konusu bu durum retrogradasyon olarak adlandırılır (Köksel, 2005; Eerlingen ve Delcour, 1995).



Şekil 4. Nişastanın Retrogradasyonu

Nişasta moleküller tamamı ile jelatinize olduklarında enzimler aracılığı ile kolaylıkla parçalanabilir. Fakat jelatinizasyon neticesinde oluşan jelin soğutulmasıyla meydana gelen kristalize yapı enzimlere karşı daha çok direnç göstermektedir (Escarpa ve diğ.2006).

2.2. Dirençli Nişasta

2.2.1 Dirençli Nişastanın Yapısı ve Sınıflandırılması

Diyet lifleri, sentetik, hayvansal ve bitkisel olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Fuentes-Zaragoza ve ark.2010). Dirençli nişasta bitkisel kaynaklı lif statüsünde görölmektedir (Bengmark, 2000; İlkül, 2005). Meyve ve sebzeler, selüloz, tahıllar ve tahıl dış katmanları, baklagiller, pirinç, patates, makarna, henüz olgunlaşmamış muz, sarımsak ve soğan bitkisel kaynaklı diyet liflerine örnek olarak verilebilir (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2010). Dirençli maddeler sentetik kaynaklı diyet lif kaynağı olarak kabul edilmektedir. Sentetik dirençli nişasta tipik bir biçimde nişasta veya hidroliz uygulanmış nişastanın bazı glukozidik bağlarının bir bölümünün düzensiz bir biçimde beta bağlarına çevrilmesi yolu ile üretilir (Dutta ve ark., 2009).

Dirençli nişastalar; “Dirençli nişasta 1”, “Dirençli nişasta 2”, “Dirençli nişasta 3” ve “Dirençli Nişasta 4” şeklinde 4 farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Dirençli nişasta Tip1, sindirimi gerçekteştirilemeyen bir yapı içerisinde bulunan nişasta molekülleri içeren nişastaları tanımlayan dirençli nişasta türüdür (Hernández ve diğ. 2008). Dirençli nişasta Tip2, türü kristal özelliklerine sahip, granül formunda bulunan nişastalardır. Yüksek oranda amiloz içerir. Dirençli nişasta Tip3, içeriğinde nişasta bulunan besinlerin pişirilip soğutulduğunda meydana gelen retrograde nişastalardır. Granüler yapıda değillerdir (Sanz ve diğ., 2008). Dirençli nişasta Tip4 kimyevi olarak modifikasyona uğramış dirençli nişastalar ve endüstriyel açıdan işlem görmüş gıda katkı maddeleridir.

Bazı besin maddelerinde bulunan dirençli nişasta miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1. Bazı Gıdalarda Bulunan Dirençli Nişasta Miktarları

Besin	DN Miktarı (%)
Beyaz Ekmek	1.2
Çavdar Bazlı Ekmek	3.2
Kek	0.5-1.8
Mısırdan Üretilen Tortilla	3.0
Pişmiş Pizza Hamuru	2.8
Mısırdan Üretilen Gevrek	3.2
Muz	6.2
Patlamış Buğday	4.0

Dirençli nişasta bilhassa, a(1-4) D-Glukan yapışının düzlemsel uzantılarından meydana gelmektedir (Mikulíková, Masár, ve Kraic, 2008). Dirençli nişasta; tahıl tanelerinde, tohumlarda, pişirme işlemi uygulanmış ve soğutulmuş nişasta içeren besinlerde natürel olarak meydana gelmektedir (Lunn ve Buttriss, 2007). Çiğ patatesteki nişastanın %75'ine yakını dirençli nişastadır. Bu sebeple, çiğ patates yüksek oranda dirençli nişasta içeren besin maddelerindedir (Fuentes-Zaragoza ve ark.2010). Isıl dengesi sebebiyle söz konusu bu dört dirençli nişasta türü içerisinde dirençli nişasta Tip3 en çok ilgi çeken dirençli nişasta türüdür (Wang ve ark., 2014; Haralampu, 2000). Dirençli nişasta Tip3'ün ısıl dengesinin bulunması normal pişirme işlemlerinde yapısal dengesinin bozmamasından dolayı ve besinsel niteliğini muhafaza etmesi, dolayısı ile besim maddelerinin çoğunda ana bileşen olarak kullanılmasını sağlamaktadır (Wang ve ark. 2014). Bu sebepten ötürü besinlerde bulunan Dirençli Nişasta Tip3 içeriğinin çeşitli işlemlerle artırılmasıyla ilgili gerçekleştirilen araştırmalar gittikçe önem arz etmektedir. Dirençli nişasta Tip3 tümel anlamda nişasta granüllerinin retrogradasyonu sırasında meydana gelmektedir (Shamai, Bianco-Peled ve Shimoni, 2003). Kimyasal metotlar ile Dirençli nişasta Tip4 oluşumundaysa, birçok madde ile kimyasal bağ meydana getirilerek modifikasyona uğratılmaktadır (Mikulíková, Masár ve Kraic, 2008).

Aşağıda görülen tabloda dirençli nişasta türleri ve içinde buldukları besin kaynakları gösterilmektedir.

Tablo 2. Dirençli Nişasta Türleri, İnce Bağırsaktaki Sindirimi Ve Buldukları Besin Kaynakları (Fuentez-Zaragoza ve diğ., 2010).

Nişasta Tipi	Tanımı	İnce Bağırsaktaki Sindirimi	Etkileyen Koşullar	Bulduğu Besin Kaynakları
Tip-1	Sindirimi Gerçekleştirilemeyen Bir Yapı İçerisinde Ve Fiziki Açıdan Erişim Sağlanamaz Halde	Yavaş veya hızlı bir şekilde kısmi olarak sindirimi gerçekleştirilebilir. Tamamen öğütüldüğü takdirde tam sindirim gerçekleşebilir.	Çiğneme ve Öğütme	Kısmi veya Bütün olarak öğütülen tohumlar ve tahıllar, makarna ve sebze.
Tip-2	Jelatinize olmamış dirençli granüllerdir. B türü kristal yapı gösterir.	Az miktarda ve çok yavaş bir şekilde pişirilerek hız bir şekilde tüketildiğinde tamamen sindirimi gerçekleştirilebilir.	Besin işleme metotları ve pişirme	Olgunlaşmamış muz, çiğ patates, yeşil, bazı baklagil türleri ve yüksek amiloz içeren nişastalar.
Tip-3	Piştirilerek soğutulan besinlerde gerçekleşen retrograde nişasta türü	Kısmi derecede yavaş yavaş tekrar ısıtma işlemi ile sindirimi artırılabilir	Besin işleme şartları	Piştirilerek soğutulan ekmek, patates, mısır gevreği, tekrarlı ve uzun dönemli ısıya maruz kalan besinler
Tip-4	Kimyasal açıdan modifikasyona maruz bırakılmış dirençli nişasta ve endüstriyel açıdan üretimi yapılan gıda ana maddesi	Kimyevi modifiye işlemi neticesinde hidrolize karşı direnç kazanmaktadır.	Sindirime yönelik duyarlılığı az miktarda bulunmaktadır.	Bazı lifler, modifikasyona maruz bırakılmış nişasta kullanılan kekler, içecekler, ekmek gibi ürünler

2.2.2 Dirençli Nişastanın İşlevsel Özellikleri

Dirençli nişasta türleri lifli yapısına rağmen arzu edilen kalitede ürün üretilmesine imkân sağlamaktadır. Yüksek oranda diyet lifi içeren besinler, işlenmiş ve rafine besinlere nazaran daha kaba bir yapıda, lezzetsiz ve yoğun bir yapıdadırlar. Dirençli nişastaysa besin bileşeni olarak gıdanın lezzetine ve dokusuna çok az etki etmekte ve duyuşsal niteliklerin gelişmesine katkı sağlamaktadırlar (Sajilata ve diğ., 2006).

Dirençli nişasta; partikül boyutu küçük, beyaz renkli ve aroması olmayan bir yapıdadır. Su tutma kapasitesi düşüktür. Akışkanlığa karşı gösterilen direncin artış sağlaması ve jelleşme nitelikleri yönünden besin maddelerinde işlevsel bileşen olarak tercih edilmesine olanak sağlanmaktadır. Bilhassa fırıncılık sektöründe kullanılan ürünlerde doku modifiyesi amacıyla ve yüksek sıcaklık uygulanan ürünlerde gevrekliğı arttırmak amacı ile kullanılabilir. Aynı esnada dirençli nişasta, atıştırmalık gıdalar ve ekstrüde kabarma durumunu arttırmaktadır. Çözünme göstermeyen diğler liflere nazaran tat olarak daha az hissedilmekte ve ürünün tadını maskelenmesini azaltmaktadır. Geleneksel olarak ekmek üretiminde kullanılan diyet lifinin neden olduğı koyu renk, zayıf doku hissi ve ekmekteki aromanın maskelenmesi gibi negatif etkimelerle ters olarak dirençli nişasta kullanımı, besinlerin işlenmesi esnasında işlem kolaylığı imkanı tanırken, hacim, gevreklik ve dokunun iyileştirilmesi hususunda da başarılı neticelere ulaşmaktadır (Sajilata ve diğ., 2006; Baixauli ve diğ., 2008).

Dirençli nişasta türleri yağ moleküllerini hareketlendirici maddelerden biri olarak görülmektedir. Buğday, mısır, patates, baklagil ve pirinç gibi kaynaklardan üretilen nişasta natürel halde veya oksidasyon, hidroliz veya diyagonal bağlama işlemleriyle transpoze yapılarak bu hedef istikametinde kullanımı sağlanmaktadır (Akoh ve diğ., 1998). Nişasta temelli yağ molekülü hareketlendiricilerin kullanımının temel üstünlüğü; nişasta maddesinin su içerisinde dağılarak jel oluşturmasıdır. Bu sayede yağ maddesinin besine kazandırdığı görünüm kısmi olarak elde edilmektedir.

2.2.3. Dirençli Nişastanın Fizyolojik Etkileri

Dirençli nişasta, normal nişasta gibi sindirilemediğinden sağlık açısından yararı bulunmaktadır (Haralampu, 2000). Dirençli nişastalar, çözünebilen lifli yapıları nedeniyle insan bedenine birçok fizyolojik yarar sağlamaktadırlar.

Dirençli nişasta kolon mikro florası için statüsündedir ve söz konusu bu mikroorganizmalar aracılığı ile enzime edilerek başta bütiratlar olmak üzere propiyonat, asetat gibi kısa zincirli yağ asitlerini meydana getirmektedir. Birçok çalışmada kısa zincire sahip yağ asitlerinin bilhassa da bütiratın bağırsak sağlığı üzerine pozitif etkilerinin bulunduğu belirtilmiştir. Bütiratlar, kalın bağırsakta bulunan epitel hücrelerinin esas enerji kaynağıdır. Ayrıca bütiratlar kalın bağırsakta bulunan epitel hücrelerin kötü huylu hücrelere dönüşmesini engeller (Brown ve diğ., 2001; Topping ve Clifton, 2001).

Dirençli nişasta türleri, ince bağırsakta sindirilemeden kalın bağırsağa geçtiklerinden ötürü besin maddesinin glisemik indeksini düşürmektedir (Fredriksson ve diğ., 2000; Shamai ve diğ., 2003). Bu sebeple diyabetli hastaların diyet programlarında kullanılabilir. Dirençli nişastanın, sindirimi diğer nişasta türlerine nazaran daha uzun süre aldığından insülin miktarındaki düşüş ve tokluk hissinde artışa neden olmaktadır. Bazı çalışmalarda dirençli nişasta türlerinin yağ oksidasyonuna neden olarak tokluk hissini arttırdığı (Nugent, 2005; Sharma ve diğ., 2008) ve kilo kaybı sağladığı (Mikusova ve diğ., 2009) tespit edilmiştir.

Dirençli nişasta açısından zengin içerikli bir öğün insülin salgılanmasındaki düşüşün bir neticesi olarak vücuttaki yağ depolarının daha çok kullanılmasına sebep olmaktadır. Tüm bunların yanı sıra dirençli nişasta, ince bağırsakta sindirilmeden kalın bağırsağa geçtiğinden, probiyotik mikroorganizmalar açısından özgenil şekilde rol alabilmekte ve sindirim sistemini koruyan bir görev almaktadır (Brown ve diğ., 1998; Wang ve diğ., 2002; Sajilata ve diğ., 2006).

İnsanlar ve fareler üzerinde gerçekleştirilen araştırmalarda dirençli nişastanın trigliserit ve serum kolesterol düzeyini düşürdüğü dolayısı ile kardiyovasküler problemleri giderdiği bildirilmektedir (Martinez ve diğ., 2004). Bunların yanında dirençli nişasta türlerinin magnezyum, kalsiyum, demir, çinko ve bakır gibi vücuda yararlı minerallerin emilimini yükselttiği (Morais ve diğ., 1996; Lopez ve diğ., 2001), ve safra taşı oluşumunun önüne geçtiği belirtilmiştir (Birkett ve diğ., 1996).

Dirençli nişastanın temel fiziki nitelikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. Dirençli nişastanın fizyolojik etkileri (Fuentes-Zaragoza ve diğ., 2010).

Koruyucu Etki	Potansiyel Fizyolojik Etkiler
Diyabet	Glisemik ve insüline bağlı tepkilerin denetimi
Kolorektal kanser, ülserli kolit, iltihaplı bağırsak problemleri, kabızlık	Bağırsak sağlığını olumlu katkıları bulunmaktadır.
Kalp-damar problemleri, kolesterol, lipid metabolizması sendromu	Kan lipid profilini olumlu açıdan etkiler
Kolon sağlığı	Prebiyotik etki gösterir
Obezite	Tokluk hissini yükselterek düşük enerji alımı sağlar
Osteoporoz, gelişmiş kalsiyum Emilimi	Mineral emilimini hızlandırır

2.2.4. Dirençli Nişasta Oluşturma Yöntemlerine Temel Bakış

Dirençli nişasta üretme metotları aşağıda verilmiştir.

- Fiziksel modifiye işlemi (nem-ısı uygulaması, prejelatinizasyon gibi).
- Bölme (enzim-asit hidrolizi ve oksidasyon gibi işlemler neticesinde gerçekleşen parçalama işlemi)
- Kimyasal modifiye işlemi (esterleştirme, eterleştirme, çapraz bağlama, gibi) (Singh ve diğ., 2007).

İşlemlerde çoğunlukla, kısmi asit hidrolizi, ısıl işlemler, enzim modifiyesi, ekstrüzyon veya kimyevi metotlar uygulanmaktadır. İşlemler sonrasında besinlerdeki dirençli nişasta oluşumu ve miktarı, nişasta üzerinde yapılan ısıl işlemler, nişastadaki amiloz-amilopektin oranı, moleküllerin zincir uzunluğu, gibi birçok durumdan etkilenmektedir (Charalampopoulos ve diğ., 2002; Sajilata ve diğ., 2006).

Nişasta maddesinin granüllü yapısı jelatinizasyon uygulaması ile normal toz yapısına dönmektedir (Farhat ve diğ., 2001). Nişasta maddesine uygulanan jelatinizasyon işlemi sonrasında hareketli halde bulunan düz amiloz molekülleri hidrojen bağlarından aldıkları güçlü çift sarmal yapı şekline bürünerek yeniden dizilim sağlarlar. Nişasta

maddesinin çift sarmal yapısının düzenlenmesi ile meydana gelen kristalize yapıya nişastayı hidrolize eden enzimlere dirençli bir hal almaktadır. Gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde Tip-3 dirençli nişasta üretiminde nişasta maddesinin kristalizasyonunun önemli bir katkısının bulunduğu görülmüştür (Chung ve diğ., 2003). Nişastada bulunan Amiloz polimeri amilopektin polimerine oranla daha swift bir şekilde retrograde olmaktadır ve oluşan amiloz kristalleri amilopektin kristallerine göre sıcaklığa daha dayanıklıdır. Depolama ısı arttıkça amilopektin polimerlerindeki kristalleri bozulacağından dirençli nişasta miktarı da düşecektir (Garcia-Alonso ve diğ., 1999). Bunları yanı sıra amilopektin polimerinin yapısında bulunan çatallanma noktaları retrogradasyon eylemini kısıtlamaktadır. Bu sebeple amilopektin polimeri ısı işlem öncesi veya sonrasında pullulanaz veya izoamilaz gibi a-1,6 dallarına tesir eden bir enzimle işlem uygulanırsa granülde bulunan lineer zincirler artış gösterecektir. Bu sayede retrogradasyonla birlikte daha fazla Tip-3 dirençli nişasta üretilebilecektir (Vasanthan ve Bhattı 1998, Leong ve diğ., 2007).

Asit hidrolizi işlemindeyse nişastanın amorf bölümündeki glikozidik bağlara hidroliz işlemi uygulanır (Vasanthan ve Bhattı, 1998; Puchongkavarin ve diğ. 2003). Bu işlemin ardından nişastanın kristalize yapısı artış göstermektedir. Asit hidroliziyle nişastanın granüllü strüktürü bozunma göstermeden bir takım fiziko-kimyasal nitelikleri değişim gösterir. Örnek olarak moleküler ağırlıkta azalma gerçekleşir ve çözünürlükte artış meydana gelir (Wang ve Wang, 2002). Kısa zincir yapısına sahip moleküllerin hareket kabiliyetleri uzun zincir yapısına sahip moleküllere nazaran daha fazla olduğundan nişasta zincirlerinin uzunluğu asit hidroliziyle azaltıldığında retrogradasyonun ivmesi ve buna bağlı olarak Tip-3 dirençli nişasta miktarı artış göstermektedir (Vasanthan ve Bhattı, 1998; Lehmann ve diğ., 2003).

Köksel ve arkadaşları (2008) tarafından asit hidrolizi yöntemi ve ısı işlevleriyle dirençli nişasta üretimi yapılan çalışmada; liyofilizasyonun nişasta maddesinin işlevsel nitelikleri üzerinde olan olası etkileri araştırılmıştır. Çalışmada mısır nişastasını asitle modifikasyona uğratarak otoklavlama prosesine maruz bırakılmıştır. Bu proses sonrasında çözünürlüğün hidroliz seviyesi ile izoform olarak artış gösterdiği saptanmıştır.

İlk başlarda doğal nişasta içerisinde dirençli nişasta bulunmazken bu değer jelatinizasyon-otoklavlama işlemi sonucunda %9,2'ye kadar yükseltilmiştir.

Polesi ve Sarmento (2011) tarafından nohut nişastası kullanılarak yapılan araştırmada; ısı ve hidroliz işlemleri ile üretimi sağlanan dirençli nişastanın strüktürünü ve fiziko-kimyasal olarak karakteristik niteliklerini tespit etmeyi hedeflemişlerdir. Bu hedef doğrultusunda jelatinize ve doğal nohut nişastasına 2M HCl ile 150 dakika asit ya da 40U/g ile 600 dakika enzimatik hidroliz işlemi uygulanmıştır. Sonrasında 121°C'de yarım saat otoklavlanmış ve 4°C'de 24 saat buzdolabında bekletilerek liyofilize işlemi yapılmıştır. Dirençli nişastanın içeriği nişasta hidrolizi ile birlikte %16'dan %20 ve daha sonrasında %32'ye kadar yükselmiştir.

Zhang ve Jin (2011) tarafından gerçekleştirilen araştırmada; mısır nişastası pullulanaz enzimiyle hidroliz edilerek yüksek dirençli nişasta içeren numuneler hazırlanmıştır. Bu araştırmadaki temel amaç hidroliz için optimum koşulların araştırılmasıdır. Bu koşullar, 32 saat, pH 6, 47°C inkübasyon sıcaklığı ve 13 ASPU/g pullulanaz varlığı şeklinde tespit edilmiştir. Bu işlemde 121°C'de 60 dakika otoklavlanmış ve oda sıcaklığına soğutulularak, 4°C'de 1 gece bekletilmiştir. Bu süreç döngüsü iki kez tekrarlanarak numuneler 105°C'de kurutulma işlemine tabi tutulmuştur. Bu süreçler sonunda dirençli nişasta içeriği %45,78'ye yükseltilmiştir.

Dündar ve Göçmen (2012) tarafından yapılan araştırmada otoklav sıcaklığının ve depolama süresinin dirençli nişasta üretimine ve nişastanın fiziko-kimyasal ve işlevsel niteliklerine etkisini incelenmiştir. Otoklav sıcaklığı 140-145 °C ve depolama süreleri 1-2-3 gün olarak seçilmiştir. Araştırmada yüksek amiloz içeren mısır nişastası kullanılmıştır. En yüksek dirençli nişasta içeriği 145°C – 3 saat uygulamada %31.52 şeklinde saptanmıştır. Otoklav sıcaklığı arttıkça viskozitede büyük oranda düşüş tespit edilmiştir. 145°C'de hazırlanan numunelerde 140°C'ye oranla daha yüksek su tutma kapasitesi gözlemlenmiştir. Üç kere yapılan otoklavlama ve soğutma işlemleri sonrasında retrograde mısır nişastası 40°C'de 1 gün HCl ile işlem görmüştür. 140°C'de 1 gün analizinde %22,68 dirençli nişasta tespit edilirken, 145 °C 1 gün analizinde % 25.01, 145°C 3 gün analizindeyse en üst dirençli nişasta seviyesine erişilmiştir.

Reddy ve arkadaşları (2013) tarafından Meksika fasülyesi nişastasıyla yapılan araştırmada; enzimatik metot ile dirençli nişasta üretimi ve bunun işlevsel ve fiziko-kimyasal nitelikleri incelenmiştir. Jelatinize ve doğal nişasta 40U/g pullulanaz enzimiyle 600 dakika 60°C'de bekletilmiş ve sonrasında 121°C sıcaklığında 30 dakika otoklavlanmış, 4°C'de 1 gün boyunca bekletilmiş ve sonrasında liyofilize işlemi gerçekleştirilmiştir. Tüm bu işlemler neticesinde dirençli nişasta oranı yükselmiş ve bu artış ile birlikte su tutma becerisi ve suda çözünürlük endeksi de artış göstermiştir. Bu özelliklerin aksine şişme gücündeyse azalma meydana gelmiştir. Viskozite işlemi; dirençli nişasta oranı ile ters orantılı sonuç vermiştir. Dirençli nişasta seviyeleri retrograde doğal nişastada %22.31; doğal nişastaya enzim uygulanmasında %32.48; jelatinize nişastaya enzim uygulamasında ise %43.41 şeklinde bulunmuştur.

Medina ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan araştırmada beş farklı baklagilden elde edilen enzimatik hidroliz ile dirençli nişasta üretimi gerçekleştirilmiştir. Her bir baklagil türüne ilk olarak ısıl işlem yapılmış, sonrasındaysa enzimi aracılığı ile 1 gün boyunca 50°C pH 5 uygulama şartlarında hidrolize işlemi yapılmıştır. Söz konusu bu uygulamaların bitiminde dirençli nişasta seviyesi en çok %7.5 oranla nohutta saptanmıştır.

2.3. Glisemik İndeks

2.3.1. Glisemik İndeks Kavramı

Glisemik indeks olgusu, farklı besin maddelerinde aynı oranda bulunan karbonhidratların farklı kan glukoz tepkisi yaratması temeline dayanmaktadır. Glisemik indeks, elli gram sindirilebilir karbonhidrat içeren besinin tüketildikten sonra, iki saat süresince meydana getirdiği kan glukoz artışının, aynı oranda karbonhidrat içeren referans gıdanın meydana getirdiği artışa oranlanması şeklinde hesaplanmaktadır (Crapo, 1994).

$$\text{Glisemik İndeksin Hesaplanması : } \frac{\text{Test edilen besinin 50 gr karbonhidratında oluşan glukoz yanıt eğrisi altında kalan alan}}{\text{Referans besinin 50 gr karbonhidratında oluşan glukoz yanıtı eğrisi altında kalan alan}}$$

2.3.2. Glisemik İndekse Etki Eden Faktörlere Genel Bakış

2.3.2.1. Besinlerin İçerdiği Nişasta Türleri

Nişastada bulunan amiloz ve amilopektin oranları da glisemik indekse etki etmektedir. Nişastadaki amiloz miktarının yüksek oranda olması glisemik indeksi düşürmektedir. Baklagillerde yüksek oranda amiloz bulunduğundan ötürü glisemik indeks oranı düşüktür. Buğdaydan elde edilen unda amilopektin seviyesi yüksek olduğundan glisemik indeks değeri oldukça yüksektir. İçerdiği amilopektin ve amiloz seviyelerine göre farklı tip pirinçlerin Gİ değerleri 67-102 arasında değişiklik göstermektedir (Crapo, 1994).

2.3.2.2. Besinlerin Olgunluk Seviyesi ve Diyet Posası

Viskoziteyi arttıran maddeler ve su çözünebilen posa türleri besinlerin mideden ince bağırsağa geçiş hızını yavaşlatır ve glisemik indeks değerinde düşüşe neden olur. Sebze ve meyveler olgunlaştıkça içerdiği nişasta şekere transpoze olur. Meyvelerde bulunan nişastanın glisemik değeri, meyve şekerindeki fruktoza nazaran daha yüksek bir seviyededir (Crapo, 1994; Akbulut ve ark., 2013).

2.3.2.3. Besinlerin Fiziki Yapıları

Baklagiller ve tahıllar gibi dış tabakası sağlıklı bir sindirim için engel teşkil eden fibrözle kaplı olan besin maddelerinde, besinin sindirimi yavaş olur. Bu durumda glisemik indeksin düşmesine neden olur. Saflaştırma ve öğütme gibi işlemlerde glisemik değer yükseliş göstermektedir. Besinlerin boyutlarının küçültülmesi, besinlerin glisemik indeks düzeylerinin artmasına neden olmaktadır. Söz gelimi meyve sularının glisemik indeksleri meyvenin kendisine nazaran daha yüksektir (Crapo, 1994; Akbulut ve ark., 2013).

2.3.2.4. Besine Uygulanan İşlemler ve Besinlerin Yapısı

Besinlerin içerdiği protein, yağ ve posanın miktarı ve türü glisemik indeks düzeyine etki eder. Proteinler, insülin salgısının artmasına neden olur ve nişasta maddesinin sindirim hızını düşürerek glisemik indeks değerinin düşmesine neden olur. Protein açısından zengin olan soya maddesinin glisemik indeksi düşük, protein açısından fakir olan pirincin ise glisemik indeksi yüksektir. Tüm bunların yanı sıra protein katkısı bulunan makarnanın glisemik indeks düzeyi normal makarnanın indeks düzeyinden daha

düşüktür. Yağlar ise alınan gıdanın mideden incebağırsağa geçişini yavaşlatarak ve nişastayla etkileşime geçerek glisemik indeksin düşmesine neden olur. Söz gelimi patates cipsinin glisemik indeksi haşlanarak pişirilen patatese nazaran daha düşük seviyededir (Chlup ve ark., 2010).

Besinleri pişirerek tüketmek, sindirimde emilimin daha kolay olmasını sağlayacağından ötürü glisemik indeks değerinin yükselmesine sebep olur. Bunlara rağmen bulgur üretimi, noodle ve makarna üretiminde kullanılan gıda işleme yöntemleri de bu tür besinlerin içerdikleri nişasta maddesinin enkapsülasyonuna sebebiyet vererek glisemik indeksin düşmesine neden olur. Patlatma, flaking ve ekstrüzyon gibi gıda işleme yöntemleri de glisemik indeksin yükselmesine sebep olur. Söz gelimi mısırın glisemik indeksi %50 seviyesindeyken, mısır gevreğinin glisemik indeksi %80'e kadar çıkmaktadır (Whitham ve ark., 2014).

2.3.2.5. Besin Tüketim Hızları ve Asidite

Besinler yavaş tüketildiğinde sindirim ve emilim de yavaşladığından glisemik indeks değeri düşüş göstermektedir. Fenolik maddeler, fitik asit, lektinler ve bazı organik asitler, ince bağırsakta nişasta maddesinin sindirim hızını düşürerek glisemik indeks değerinin düşmesine neden olur. Besinlerin asiditesinin yüksek olması, besinlerin glisemik indeksinin düşmesine neden olur. Bu durumun sebebi midedeki gastrik boşalmanın yavaşlamasının glukoz yanıtını etkilemesiyle gerçekleşmektedir (Whitham ve ark., 2014).

2.3.3. Nişasta Türünün Glisemik İndekse Etkisi

Beslenme yolu ile alınan nişasta maddesinin bir bölümü ağız içerisinde amilaz enzimi aracılığı ve su ile oligosakkaritlere ve a-limit dekstrinlere çevrilir. İnce bağırsağın üst kısmındaysa pankreastan salgılanan a-amilaz enzimiyle maltoz ve dekstrinlere parçalanır. Sonrasında bu oligosakkaritler, ince bağırsağın yüzeyinde yer alan özel enzimler aracılığı ile glukozu parçalanır ve emilim işlemi gerçekleşir. Sindirimi sağlanamayan karbonhidrat türleri (dirençli nişasta gibi), kalın bağırsağa geçerek mikrobiyal fermantasyon sonucunda parçalanmaktadır (Sayaslan, 2005).

Glisemik indeks seviyesine etki eden faktörler üzerinde birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Tümel anlamda karbonhidratların bilhassa da nişasta içeren gıda maddelerinin in-vitro sindirimiyle glisemik indeks seviyeleri arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur (Englyst, Veenstra ve Hudson, 1996; Heaton ve ark., 1988).

Nişasta içeren gıda maddelerinde, nişastada bulunan amiloz-amilopektin seviyesinin artış göstermesi, glisemik indeks seviyesinde düşüşe neden olur. Tüm bunların yanı sıra amilozun zincir uzunluğunun amilopektinin zincir uzunluğundan daha fazla olması, amilozun a-amilazla gerçekleştirdiği hidroliz sonucunda daha az glukozun açığa çıkmasına sebebiyet verir ve glisemik indeks seviyesinde düşüşe neden olur (Sayaslan, 2005). Dirençli nişastalar, ince bağırsakta sindirilemeyip direk kalın bağırsağa geçtiklerinden glisemik indeks düzeyinin düşmesine neden olurlar (Sayaslan, 2005).

Crapo, Reaven ve Olefsky (1977), tarafından yapılan araştırmada; sükroz, glukoz, ve çeşitli nişastaların, kan glukoz yanıtına etkileri incelenmiştir. Patates ile pirinç karşılaştırıldığında, pirince karşı olan kan glukoz yanıtı, patatesin kan glukoz yanıtından %50 daha düşük seviyede bulunmuştur. Bu durumun farklı nişasta türlerinin sindirilmesindeki farklılıklar ile ilişkili olduğu varsayılmaktadır. Patates nişastası, incelenen diğer besin maddelerinden daha az amiloz içerdiğinden daha hızlı sindirilmektedir. Patates nişastası ortalama olarak %19 amiloz, %81 amilopektin içermektedir.

Amiloz içeriğinin glukoz ve insülin yanıtına olan etkisinin incelendiği bir araştırmada, 34 sağlıklı deneğe, %0, %1-18 ve %24-26 amiloz formuna sahip karbonhidrat içeren üç farklı pirinç türü verilmiş ve pirinçlerin verildiği anda, yarım saat sonrasında, bir saat sonrasında, iki saat sonrasında ve üç saat sonrasında kandaki insülin ve glukoz ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yüksek amiloz formuna sahip pirincin yanıt süresi daha düşük olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç, yüksek amiloz formu içeren pirincin, sindirimini ve emiliminin yavaşlattığını göstermektedir (Goddard, Young ve Marcus, 1984).

Mercanlıgil, Keçecioğlu ve Baysal (1985) tarafından yapılan ve ekmek, patates, kuru baklagil ve pirincin Tip 2 diyabetik teşhisi konulmuş hastalarda glisemik indekse olan etkisinin incelendiği araştırmada, en yüksek kan glukoz yanıtının patates, en düşük

kan glukoz yanıtının ise kuru baklagillerden sağlandığı saptanmıştır. Kuru baklagillerin içerdiği amiloz ve protein miktarının diğer gıda maddelerinden yüksek olmasının düşük kan glukoz yanıtının oluşmasında etkin olduğu görülmüştür.

2.3.4. Nişastanın Sindirilebilirlik Durumu ve Glisemik İndeks

Nişasta maddesinin sindirilebilirlik durumunun tespit edilmesi amacı ile çeşitli bulgular numunelerine çiğneme ve pişirme işlemleri uygulanmıştır. Goni ve arkadaşları (1997) aracılığı ile tasarlanan metot biraz farklılaştırılarak 800 mg bulgur numunesi santrifüj tüpü içerisinde 10 mL kaynar suda yaklaşık 20 dakika bekletilmiştir. Bu işlem sonucunda örnekler 45 saniye süresinde homojenizatörde dinlenmeye alınmıştır. Sonrasında numune 300 saniye süresinde 4000 rpm'de santrifüjlenmiş ve su uzaklaştırılmıştır. Tüm bu işlemlerin ardından çeşitli nişasta fraksiyonlarının miktar olarak tespit edilmesi amacı ile Englyst ve arkadaşları (1996) aracılığı ile tasarlanan yöntem tercih edilmiştir. Bu yöntemle göre, numune (800 mg) üzerine 5 adet cam bilye ve 50 mg guar gam eklenmiş, sonrasındaysa 20 mL sodyum asetat tamponu (pH 5,2; 20 mL) ve toplam miktarı 5 mL olan ve pankreatik a-amilaz, invertaz ve amiloglukosidaz içeren enzim solüsyonu eklenmiştir. Tüpler 37 derecedeki çalkalamalı su banyosunda 2 saat süresinde bekletilerek inkübe edilmiş (160 devir/dak) ve numunelerdeki sakkaroz ve nişastanın hidrolizi gerçekleştirilmiştir. Çalkalamalı inkübasyonun yirminci dakikasında ve ikinci saatinde bu tüplerden 0,5 mL numune alınarak, örneklerdeki enzimatik aktivite bu numunelere %66'lık oranda etanol ilave edilerek durdurulmuştur. Santrifüj işlevi yapılarak (4000 rpm/5 dak) berraklığı sağlanan bu numunelerin toplam glikoz miktarları GOPOD esaslı glikoz analiz kiti (MEGAZYME, İrlanda) ile tespit edilmiştir.

2.3.5. Glisemik İndeksin Obezite ve Diyabet İle İlişkisi

Yıllar boyunca diyet programlarında ağırlık kaybı için düşük yağ oranlı ve yüksek karbonhidratlı besinler kullanılmıştır. Fakat yağ alımının azaltılması kilo alımını yeteri kadar engelleyememiştir. Düşük glisemik indeks ve yüksek protein içeren alternatif diyet programları ile diyet programının insülin yanıtı ve glisemik yükü düşürülerek, yağ oksidasyonuna neden olabileceği belirtilmiştir (McMillan-Price ve Brand-Miller, 2004).

Glisemik indeksin kilo kaybı, inflamasyon, doyunluk oluşumu ve diğer metabolik risk faktörleriyle olan ilişkisinin incelendiği bir araştırmada, 122 kilolu ve obez

bireye; orta düzeyde karbonhidrat ve yüksek glisemik indeksli, orta düzeyde karbonhidratlı ve düşük glisemik indeksli ve son olarak düşük yağ seviyeli yüksek glisemik indeksli üç farklı diyet programı uygulanmış ve yirminci haftanın sonunda düşük glisemik indeksli diyet programı uygulanan gruba, düşük yağlı diyet programı uygulanan gruba göre nazaran beden kütle endeksiz azalması daha fazla olmuştur. Ayrıca, insülin direnci, açlık direnci ve β hücre işlevlerindeki düşüşte, düşük glisemik indeksli diyet programı uygulayan gruba, düşük yağlı diyet programı uygulayan gruba nazaran daha fazla gerçekleşmiştir. Sonuç olarak; insülin ve glukoz metabolizmasının kontrolünde, kilo kaybında düşük glisemik indeks içeren diyet programının yüksek glisemik indeks ya da düşük yağ seviyesi içeren diyet programına nazaran daha başarılı olduğu saptanmıştır (Juanola-Falgarona ve ark., 2014). Gerçekleştirilen diğer bir araştırmada, çocuklara uygulanan düşük glisemik indeksli diyet programlarının, enerji alımı ve obeziteyi azalttığı saptanmıştır (Rouhani, Salehi-Abargouei ve Azadbakh, 2013).

Diyabet hastalığının tedavisinde insülinin keşfine kadar beslenme tedavisi ana tedaviyi oluşturmaktadır. Oral anti diyabetiklerin ve insülinin keşfi sonrasında beslenme tedavisi önemini yitirmiş fakat yıllar sonra “Tıbbi Beslenme Tedavisi” adı altında önem kazanarak, 1994 yılından itibaren Amerikan Diyetisyenler Derneği tarafından geliştirilerek yeniden tercih edilmeye başlanmıştır (Pastors, Warshaw ve Daly, 2002). Glisemik indeks düzeyi yüksek olan besin maddeleri kan glukoz seviyesinin aşırı yükselmesine sebebiyet vererek insülin salgısının artmasına neden olmaktadır. Bunların yanı sıra diyetin glisemik yükünün artması hiperglisemi ve hiperinsülinemiye sebebiyet vermektedir. Söz konusu bu durum uzun dönemde insan bedeninin insüline duyarsızlaşarak tip 2 diyabet gelişimine neden olabilmektedir (Alphan, 2008).

2.4. Sağlıklı Beslenme (Yeterli ve Dengeli Beslenme)

Globalleşmeyle beraber arzu edilen yaşam kalitesine erişebilmek için toplumun beslenme hususundaki tecrübe ve bilgilerini arttırarak, sağlıklı beslenme kavramının bir yaşam şekline evrilmesi gerekmektedir. İnsanların demografik özellikleriyle buldukları fizyolojik ortama göre dokuların sağlıklı yenilebilmesi ve vücudun sağlıklı gelişebilmesi için gereken besinlerin yeterli düzeyde alınması ve vücutta uygun yerlerde kullanılması dengeli ve yeterli beslenme şeklinde ifade edilmektedir (Baysal, 2015). Sağlık olgusunun

temeli olarak görülen dengeli ve yeterli beslenmeyle insanların yaşam boyu sağlık durumlarının korunması, daha iyi hale gelebilmesi, arzu edilen yaşam kalitesinin sağlanabilmesi ve sağlıklı beslenme yöntemlerinin seçilmesi amaçlanmaktadır. Var olan beslenme sorunlarının hayat standardını bozmasının önüne geçmek, yetersiz ve dengesiz beslenmenin neden olabileceği kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, hipertansiyon, raşitizm, demir-iyot-protein yetersizlikleri, diş çürükleri ve obezite gibi hastalıkların engellenebilmesi çevre şartlarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Tüm bunların yanında sağlıklı gıdalara erişebilmenin ve sağlıklı gıdalar tüketebilmenin kolaylaşması, besin reasüransının yaratılabilmesi ve ayrıca toplumun beslenme, besin, besin güvenliği ve sağlıkla ilgili konularda yeteri kadar bilinçlendirilmesi gerekmektedir (Pekcan, 2009).

Dengeli ve yeterli beslenmeyi etkileyen negatif etmenlerden bazıları aşağıda verilmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Milli Eğitim Bakanlığı, 2011):

- Beslenme konusunda yeteri kadar eğitim almama/alamama
- Sağlık kurumlarından yeteri kadar yararlanılmaması
- Fiziki çevrenin sağlık için elverişli olmaması
- Besin güvenliği ve besin hijyeni konusundaki yeteri kadar bilgi sahibi olmama
- Besinlerin tüketim ve üretim basamakları arasında olan proste gerçekleşen gerçek dışı durumlar
- Savaş, kıtlık, doğal afet gibi sebeplerle yeterli miktarda besinin sağlanamaması
- Satın alma şartlarındaki eksiklikler
- Yüksek hızlı nüfus artışı

Dengeli ve yeterli beslenme, insanların sağlığını korumasını sağlayan, hastalıklara karşı olan direncini yükselten, vücuda enerji sağlayan büyük bir etmenddir. Dengeli ve yeterli beslenme başarılı ve sağlıklı bir hayat için gereken öğelerin başında bulunmaktadır. Yeterli ve dengeli beslenmenin insan bedenine sağladığı faydalar birçok bilimsel çalışmanın konusu olmuştur (Demirci, 2003). Dengeli ve yeterli beslenen bireylerin sağlıklı bir görünüşü, aktif ve hareketli bir hayat tarzı bulunmaktadır (Ülker, 2016).

Dengeli ve yeterli beslenme için; et-süt grubu, kuru baklagiller, meyve ve sebze grubu ve tahıl grubu besin maddelerinden her gün yeterli seviyede tüketilmelidir. Beslenme rutinde besin maddelerinin çeşitliliği göz önünde bulundurulmalıdır ve sürekli olarak aynı besin maddeleri tüketilmemelidir. Öğün atlaması yapılmamalı bilhassa

güne başlamadan önce kahvaltı yapılmasına dikkat edilmelidir Yüksek dozda şeker ve tuz tüketimi yapılmamalıdır. Tahıl grubu içinde çoğunlukla tam tahıllı ürünler tercih edilmelidir. Yüksek miktarda doymuş yağ içeren hayvansal kaynaklı yağlar yerine, doymamış yağ içeren bitkisel kaynaklı sıvı yağlar tercih edilmelidir. Gün içerisinde en iki litre su tüketimi yapılmalıdır. Bunların yanı sıra alkol ve tütün ürünlerinden uzak durulmalı ve günlük yaşam rutinine fiziksel aktivitelerde eklenmelidir (Sağlık Bakanlığı, 2013). İnsanların dengeli ve yeterli beslenme alışkanlığı kazanması ilerleyen yaşlarda da sağlık durumlarını sürdürebilmeleri açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle dengeli ve yeterli konularında verilecek ve inşaları bu konuda bilinçlendirecek eğitimlerin ve seminerlerin her bölgede sıklıkla yapılmaktadır (Yılmaz ve Özkan, 2007).

2.5. Dirençli Nişastanın Sağlıklı Beslenme Üzerine Etkileri

Sağlık üzerindeki pozitif tesirleri sebebiyle fonksiyonel gıdalara olan ilgi artış göstermiştir. Bir fonksiyonel gıda olan dirençli nişasta, ince bağırsakta sindirilemeyerek kalın bağırsaklara geçer ve bura bulunan bakteri florası tarafından fermente edilir. Dirençli nişasta sindirim sisteminin işlevlerini düzenler, kalın bağırsakta bulunan mikrobiyal floraya pozitif açıdan etki eder, glisemik indeksi ve kolesterol düzeyini düşmesine neden olur (Levent ve ark.2011).

Dirençli nişastanın sağlık üzerindeki etkileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4. Dirençli nişastanın sağlık üzerine etkisi (Fuentes-Zaragoza ve ark. 2010)

Koruyucu Etki	Potansiyel Fizyolojik Etki
Diyabet	Glisemik indeksi kontrol
Mide- bağırsak problemleri	Mide- bağırsak sağlığını iyileştirme
Kalp- damar hastalıkları, kolestrol	Kandaki yağ oranını iyileştirme
Kolonik hastalıklar	Prebiyotik etki
Obezite	Enerji alımını azaltma

İnce bağırsaklardan sindirime uğramadan ilerleyen dirençli nişastanın kalın bağırsakta fermente edilmesi ile beraber metan, karbondioksit, organik asitler, hidrojen ve kısa zincirli yağ asitleri gibi bazı mayalanma ürünleri meydana gelmektedir. Kısa zincirli

yağ asitleri kalın bağırsağın iç yüzünde bulunan hücreler için birer enerji kaynağıdır. Kısa zincirli yağ asitleri kan akışını ivmelendirir, pH oranını düşürür ve anormal kalın bağırsak hücre nüfusunun gelişmesini engeller. Tüm bunların yanı sıra yetişkinler arasında gerçekleştirilen bir çalışmada dirençli nişasta kullanımının kolon kanserine yakalanma riskini düşürdüğü saptanmıştır (Maki ve ark. 2009).

Dirençli nişasta kalın bağırsakta bulunan faydalı bakteriler aracılığı ile mayalandığından prebiyotik etki göstermektedir. Fruktoligosakkaritler ve dirençli nişasta beraber tüketildiğinde fekal bakteri düzeyindeki yükseliş olduğu tespit edilmiştir. Dirençli nişastanın bilhassa Bifido-bakteriler için yararlı etkilerinin olduğu tespit edilmiştir (Fuentes-Zaragoza ve ark. 2010).

Karbonhidratların büyük çoğunluğu, alındıktan yaklaşık olarak 15-50 dakika sonrasında kandaki glikoz düzeyini artırır. İçeriğinde dirençli nişasta barındıran besinler ise sindirim seviyeleri daha düşük olduğundan kandaki glikoz düzeyini kontrollü olarak yavaş yavaş yükseltir. Bu sayede kanda bulunan düşük glikoz yoğunluğuyla beraber insülin hormonu düzeyinde düşüş olmakta ve depolanmış yağların kullanılmasını artmaktadır. Bunların yanı sıra açlık hissini engellemesinden ötürü de obezite ve diabet hastaları tarafından sıklıkla kullanılmaktadır (Cumming ve ark. 2004; Harazaki ve ark. 2014).

Kwak ve arkadaşları tarafından 2012 senesinde gerçekleştirilen araştırmada; 1 aylık bir süreçte diyabet öncesinde olan veya tip2 diyabet teşhisi yeni koyulmuş hastaların beslenme programları dirençli nişasta içeren pirinç nişasta ile desteklenerek kontrol grubu ile karşılaştırılmış ve yükselen dirençli nişasta seviyesiyle insülin direnci ve hızlı insülin salınımıyla ilişkili olarak endotel işlevlerinin gelişim gösterdiği ve kandaki glikoz düzeyinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Alınan enerji ile harcanılan enerji arasında balansın kurulamaması durumunda kilo artışı gerçekleşir. Dirençli nişastanın kilo ağırlık kaybını düzenlemek, tokluk hissini arttırmak gibi etkileri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra dirençli nişasta, lifli yapısı nedeniyle besinlerin termik etkisini arttırarak harcanılan toplam enerjiyi artışa neden olur (Higgins, 2014).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Nişasta Tayini

Numunelerdeki nişasta tayini AOAC Metot 996.11 metoduna göre yapılmıştır. Kısaca metot şu şekildedir; 0.1 g örnek alınır ve 50 mL'lik plastik falkon tüp içine tartılır. Üzerine 0.2 mL sulu etanol (80% v/v) ilave edilir ve örneğin dağılmasını sağlamak için bir vorteks'de karıştırılır. Üzerine 2 mL of 2 M KOH çözeltisi ilave edilir ve magnetic stirrer bar (5 x 15 mm) ile 20 dakika buz/su banyosu içinde karıştırılır. Her bir tüp içine 8 mL 1M sodyum asetat çözeltisi ilave edilir ve magnetic stirrer bar ile karıştırılır. Üzerine 0.1 mL a-amilaz ve 1 mL AMG enzimlerinde ilave edilir ve 50°C'de çalkalamalı su banyosunda 30 dakika bekletilir. Enzimatik inkübasyon tamamlandıktan sonra hacim 50 ml'ye deiyonize su ile tamamlanır ve 3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilir. Analiz için bu sıvıdan belirli bir miktar alınır ve 45 mikronluk filtreden geçirilir. Elde edilen berrak sıvıdan 0.1 mL alınır ve 10 mil'lil cam tüp içine konur. Üzerinde daha önce hazırlanan 3.0 mL of GOPOD Reagent çözeltisi ilave edilir ve 50°C'de 20 dakika su banyosunda bekletilir. Spektrofotometrede 510 nm dalga boyunda numunelerin ve d-glukoz (1 g/mL) standart çözeltisini absorbanları kör numuneye karşı okunur. Elde edilen toplam glukoz miktarı 0.9 dönüşüm faktörü ile çarpılarak toplam nişasta belirlenir.

Farklı nişastaların fraksiyonları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

- **TS** : Toplam nişasta, $TS = (TG-FG) \times 0,9$
- **RDS** : Hızla sindirilebilir nişasta, $RDS = (G20 - FG) \times 0,9$
- **SDS** : Yavaşça sindirilebilir nişasta, $SDS = (G120 - G20) \times 0,9$
- **RS** : Dayanıklı nişasta $RS = TS - (RDS + SDS)$
- **RAG** = 20 dakika inkübasyonda nişasta ve şekerden salınan glikoz.
- **AG** = 120 dakika inkübasyonda nişasta ve şekerden salınan glikoz.

3.2. In-Vitro Sindirilebilirlik ve Tahmini Glisemik İndeksin Ölçülmesi

In vitro nişasta sindirilebilirliği metodu Englyst ve arkadaşları (1992) tarafından bir kısım değişiklikten sonra standartlaştı. Sindirim için gerekli olan enzim solüsyonları olan mide ve ince bağırsak enzimlerini içerecek şekilde 2 farklı türde hazırlandı.

- **Enzim Solüsyonu 1**

Pepsin/Guar Gum Solüsyonu olarak isimlendirilen bu solüsyon, 2.195 U unite enzim içeren pepsin enzimi ile 0.5 g guar gum 100 mL'lik volumetrik flask içinde karıştırıldı. Üzerine bir miktar 0.5 N Hidroklorik asit (HCl) ilave edildi ve magnetic stirrer bar ile karıştırdı. Daha sonra hacmi 0.5 N HCl ile tamamlandı.

- **Enzim Solüsyonu 2**

Pankretin (136 mg/ml), AMG(13.4 U/mL) ve Intervaz (25.43 U/mL). Her bir örnek için 680 mg pankreatin 50 mL'lik falkon tüp içine aktarıldı ve üzerine 4 mL deiyonize su ilave edildi. Vorteks ile karıştırıldıktan sonra 2000 rpm'de 10 dakika santrifüj edildi. Katı kısım atıldı ve supernatant kısım üzerine 67 U amiloglikosidaz enzimi (AMG) ve 127.15 U invertaz ilave edildi ve hacim 5 mL'ye tamamlandı.

- **Uygulama Metodu**

Homojen edilmiş 1 g örnek 250 mL'lik erlen içine tartıldı. Üzerine 5 mL deiyonize su ve 10 mL taze hazırlanmış Enzim Solüsyonu 1'den 10 mL ilave edildi. Numunenin parçalanmasını sağlamak için 5 adet glass balls (6 mm) ilave edildi ve 37°C'de çalkalamalı su banyosunda 30 dakika inkübe edilerek proteinlerin hidroliz edilmesi sağlandı. Daha sonra A 0.5M sodyum asetat solüsyonu (5,0 mL) ilave edildi ve pH 5.2'ye ayarlandı. Enzim solüsyonu 2 çözeltisinden 5 mL ilave edildi ve hacim deiyonize su ile 100 mL'ye tamamlandı. Çalkalamalı su banyosunda 37°C'de inkübe edildi. 30, 60, 90, 120 ve 180. dakikalarda örnekten 0,5 mL alındı ve 10 mL'lik cam tüp içine alındı. 100°C'de kaynayan su banyosunda enzimler 5 dakika süre ile denatüre edildi. Örnek deiyonize su ile 15 mL'lik plastik falkon tüp içine alındı ve hacmi 5 mL'ye tamamlandı 8000 rpm'de 5 dakika ile santrifüj edildi. Örnekten 0,1 mL 10 mL'lik cam tüp içine alındı

ve üzerine 3 mL GOPOD çözeltisinden ilave edildi. 50°C’de su banyosunda 20 dk bekletildi ve daha sonra spektrofotometrede 510 nm’de absorbansı ölçüldü.

Tahmini glisemik indeks (pGI) her bir numunenin HI değerinden hesaplandı.

$$AUC = \frac{C_{\infty}(tf-t_0) - (C_{\infty}/k)[1 - \exp[-k(tf-t_0)]]}{C_{\infty}}$$

0-180’ dk arasında test numunesinin hidroliz eğrisinin altında kalan alanın (AUC) referans numune (beyaz ekmek) eğrisinin altında kalan alana oranlanması ile elde edilir. GI indeks daha sonra Goni ve ark tarafından tanımlanan denklem kullanılarak hesaplandı.

$$GI = 39.71 + 0.549HI.$$

Tahmini glisemik indeks (pGI) ayrıca Granfeldt tarafından kullanılan ampirik formül kullanılarak HI değerleri üzerinden yeniden hesaplandı.

$$(pGI) 0.862(HI) + 8.19$$

3.3. Dirençli Nişasta Üretim Prosesi

Dirençli nişasta üretiminde kullanılan cihazlar:

- pH metre
- Etüv
- Manyetik karıştırıcı
- Su banyosu
- Santifüj

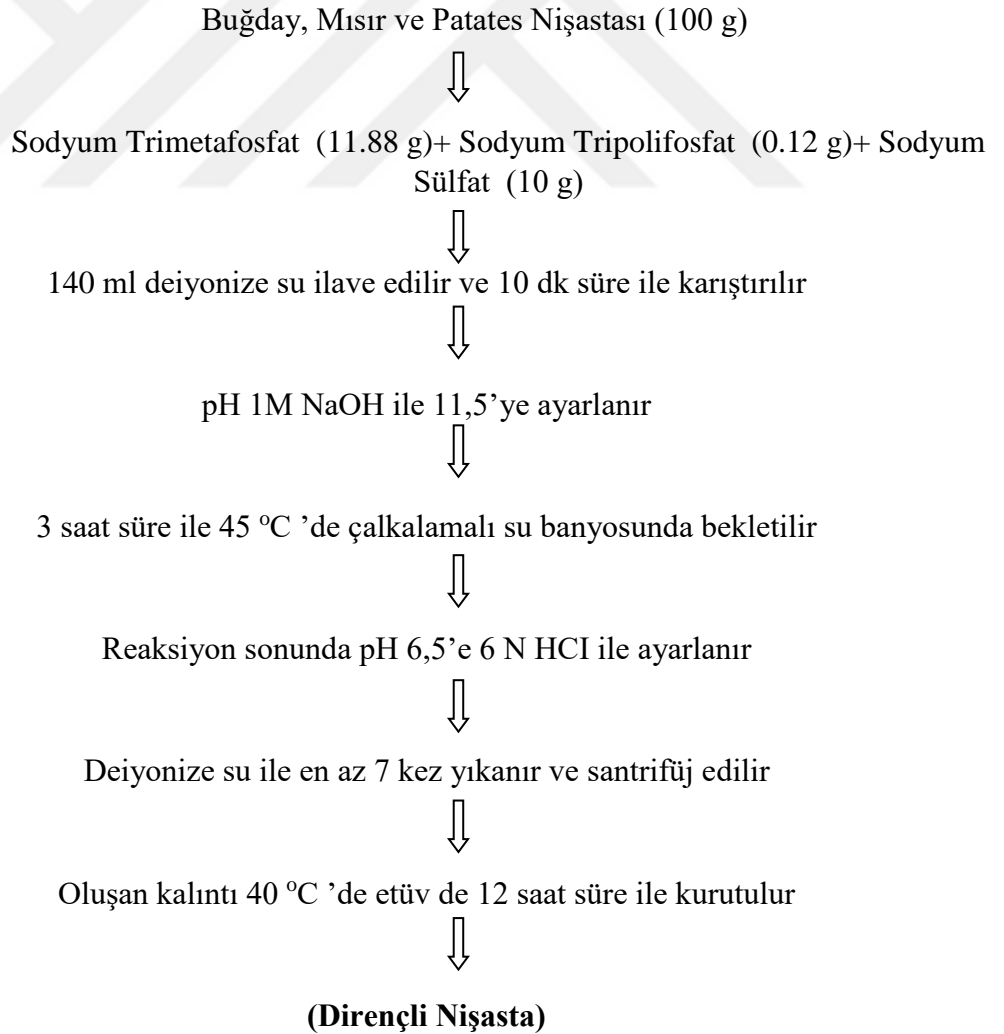
Dirençli nişasta üretiminde kullanılan kimyasallar:

- Buğday Nişastası
- Sodyum Trimetafosfat (STMP)
- Sodyum Tripolifosfat (STPP)
- Sodyum Sülfat (Na₂SO₄)
- Sodyum Hidroksit (NaOH)

- Hidroklorik Asit (HCl)
- Megazyme (Total Dietary Fiber Assay Kit)
- Megazyme (Total Starch Assay Kit)

Genel olarak dirençli nişasta eldesi pH:11-11,5 arasında sodyum trifosfat (STPP), sodyum tri-metafosfat (STMP) çapraz bağlama ajanları ve sodyum sülfat kullanılarak yapılmakta ve MGP içindekiler tarafından bu şekilde üretilmektedir. Çalışmada, literatürden farklı olarak sodyum sülfat yerine sodyum klorür kullanılmıştır. Çapraz bağlama ajanları olarak Sodyum trifosfat (STPP), sodyum trimetafosfat (STMP) kullanılmıştır. Reaksiyon pH:11,5'de 45°C'de üç saat sürede gerçekleşmiştir. Dirençli nişasta tayini AOAC.991,43 yöntemine göre yapılmıştır.

3.3.1. Dirençli Nişastanın Üretim Şeması



3.4. Dirençli Nişasta Tayini

3.4.1. Kullanılan Malzemeler

TDF Enzimi İçin Gerekenler – (0-5°C’de Saklanmalıdır.)

- A-Amilaz, Heat-Stable (E-Blaam): 3000 Ceralpha Units/mL
- Proteaz (E-BSPRT); 50mg/ML; 350 Tyrosine Units/mL.
- Amiloglukodos (E-AMGDF); 200 pNP B-maltoside Units/mL (or 3300 Units/mL on soluble starch).

Aseton

Etanol Çözeltisi (%95)

Hidroklorik Asit Çözeltisi (0.5 N)

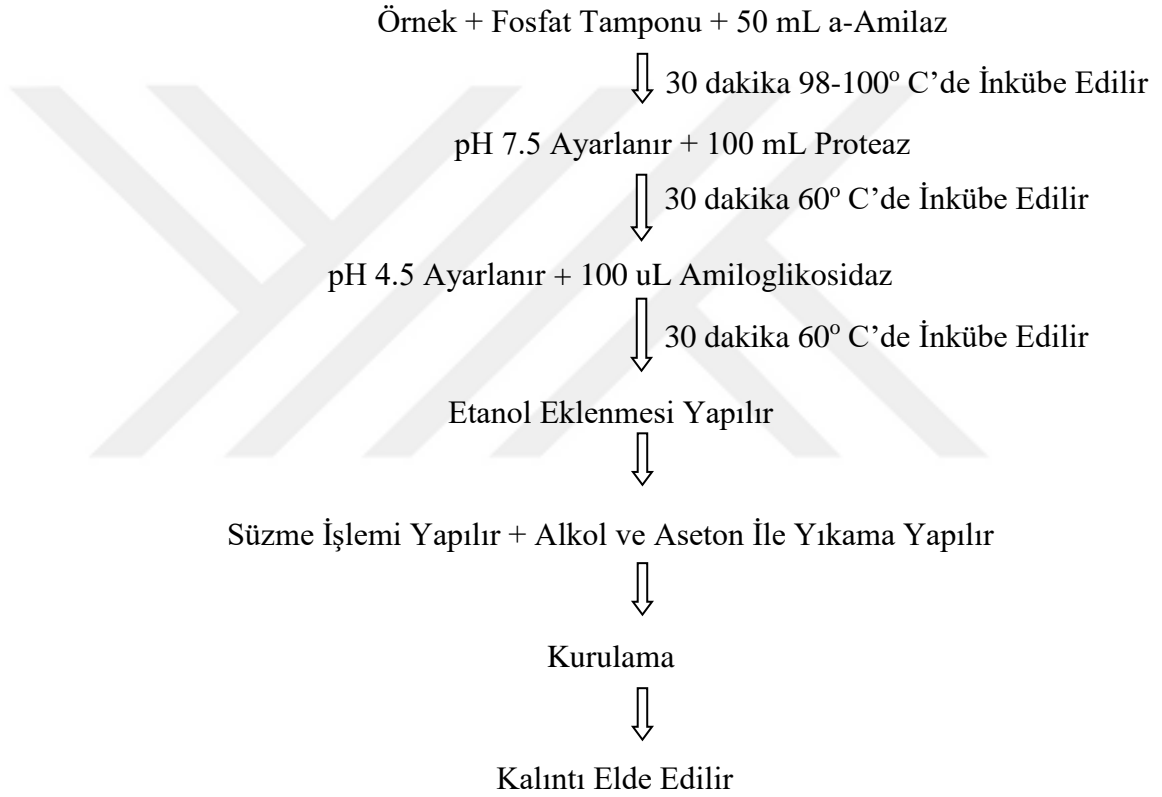
MES/TRIS Tamponu: 2 L’lik balon jojeye 19.52 g MES, 14.2 g TRIS tartılır, 1.7 L distile suda çözündürülür, 6.0 N sodyum hidroksit ile pH 8.2’ye ayarlanır ve hacimine tamamlanır (AOAC, 1994; Megazyme, 2005).

3.4.2. Örneğin Hazırlanması

1 g örnek 250 mL’lik behere tartılır. Tartılır ve üzerine 40 mL MES/TRIS tampon çözeltisinden eklenir, manyetik karıştırıcıda karıştırılmaya başlanır. Karıştırma düşük hızda yapılırken örnek üzerine 50 µl α-amilaz eklenir. Beherlerin ağzı alüminyum folyo ile kaplanır, 95-100°C’deki k su banyosunda sürekli çalkalanarak 35 dakika tutulur. Örnek süre sonunda su banyosundan alınır ve 60°C’ye soğutulur. Su banyosunun sıcaklığı, sıcak suyun alınıp yerine bir miktar soğuk su eklenmesi ile 60°C’ye ayarlanır. Beher içindeki örnek üzerine 100 µl proteaz enzimi eklenir, üzeri alüminyum folyo ile kaplanır, su banyosunda 60°C’de 30 dakika tutulur. Daha sonra 0.5 N hidroklorik asit çözeltisi ile, pH değeri 4.1-4.8’ e ayarlanır. Üzerine 200 µl amiloglikozidaz enzimi ilave edilir ve su banyosunda 60°C’de 30 dakika tutulur. Daha sonra etanol ilave edilerek çöktürülür ve santifüj edilir. Kalıntı etanol ve aseton ile iyice yıkanır. 103°C’deki etüvde yaklaşık 12 saat süreyle bekletilir, sabit ağırlığa getirilir ve toplam dirençli nişasta miktarı hesaplanır.

In vitro glisemik indeks tayininde kullanılan toplam nişasta analizinde toplam nişasta ile dirençli nişasta miktarları toplanmıştır. Toplam nişasta olarak değerlendirilmiştir (AOAC, 1994; Megazyme, 2005).

3.4.3. Diyet Nişasta Tayini Şeması



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Galetanın Analizi Sonucunda Elde Edilen Bulgular

Tablo 5. 20. ve 180. Dakika Arasında Sindirilme Oranları

	20	30"	60"	90"	120"	180	Toplam Nişasta
Sade Galeta	0,31±0,01	0,37±0,02	0,48±0,01	0,60±0,02	0,69±0,01	0,78±0,0	0,698±0,014
%10 DN Mısır Galeta	0,34±0,02	0,39±0,04	0,40±0,02	0,45±0,04	0,56±0,03	0,78±0,03	0,654±0,0180
0%20 DN Mısır Galeta	0,24±0,01	0,28±0,00	0,35±0,02	0,42±0,01	0,55±0,01	0,77±0,02	0,685±0,01
%30 DN Mısır Galeta	0,21±0,01	0,28±0,00	0,32±0,02	0,43±0,03	0,52±0,03	0,62±0,03	0,710±0,013
%10 DN Patates Galeta	0,37±0,01	0,38±0,01	0,42±0,02	0,47±0,02	0,58±0,03	0,72±0,01	0,680±0,020
%20 DN Patates Galeta	0,26±0,01	0,30±0,01	0,41±0,01	0,46±0,02	0,56±0,04	0,65±0,02	0,710±0,016
%30 DN Patates Galeta	0,24±0,02	0,24±0,07	0,40±0,01	0,44±0,02	0,50±0,05	0,61±0,05	0,731±0,014
%10 DN Buğday Galeta	0,28±0,01	0,35±0,02	0,40±0,02	0,49±0,03	0,62±0,01	0,70±0,03	0,617±0,016
%20 DN Buğday Galeta	0,27±0,00	0,34±0,03	0,45±0,02	0,51±0,01	0,53±0,02	0,63±0,01	0,639±0,011
%30 DN Buğday Galeta	0,25±0,02	0,29±0,00	0,39±0,01	0,45±0,05	0,51±0,02	0,54±0,01	0,707±0,019
Beyaz Ekmek	0,30±0,00	0,37±0,02	0,42±0,03	0,52±0,02	0,66±0,05	0,69±0,01	0,625±0,029

İstatiksel açıdan anlamlı farklılık için alt sınır 0,05'ten büyük olmalıdır.

DN: Dirençli Nişasta

Tablo 5'te sade galeta, %10 DN Mısır Galetası, %20 DN Mısır Galetası, %30 DN Mısır Galetası, %10 DN Mısır Galetası, %20 DN Patates Galetası, %30 DN Mısır Galetası, %10 DN Buğday Galetası, %20 DN Buğday Galetası, %30 DN Buğday Galetası ve Beyaz Ekmeğin 20. ve 180. dakika arasındaki sindirilme oranları verilmiştir.

Çalışmada, %10 DN Mısır Galetası, %20 DN Mısır Galetası ve %30 DN Mısır Galetası ile sade galeta arasındaki nişasta sindirim oranlarına bakıldığında; 20. dakikada sade galeta %31±, %10 DN Mısır Galetası %34±2, %20 DN Mısır Galetası %24±1 ve %30 DN Mısır Galetası %21±1 oranında sindirilmiştir. 120. dakikada sade galeta %69±1, %10 DN Mısır Galetası %56±3, %20 DN Mısır Galetası %55±1 ve %30 DN Mısır Galetası %52±3 oranında sindirilmiştir. 180. dakikada sade galeta %78±0,0, %10 DN

Mısır Galetası %78±3, %20 DN Mısır Galetası %77±2 ve %30 DN Mısır Galetası %62±3 oranında sindirilmiştir. Galetaların *in vitro* glisemik indeks değerlerini hesaplamak için referans olarak almış olduğumuz beyaz ekmeğin 20. dakikada %30±0,00, 120. dakikada %66±5 ve 180. dakikada %69±1 oranında sindirilmiştir. Beyaz ekmeğin, sade galeta, %10 DN Mısır galeta, %20 DN Mısır galeta ve %30 DN Mısır galetanın toplam nişasta oranları sıra ile %69,8, %64,5, %68,5 ve %71,10 olarak bulunmuştur.

Çalışmada, %10 DN Patates Galetası, %20 DN Patates Galetası ve %30 DN Patates Galetası ile sade galeta arasındaki nişasta sindirim oranlarına bakıldığında; 20. dakikada sade galeta %31±, %10 DN Patates Galetası %37±1, %20 DN Patates Galetası %26±1 ve %30 DN Patates Galetası %24±2 oranında sindirilmiştir. 120. dakikada sade galeta %69±1, %10 DN Patates Galetası %58±3, %20 DN Patates Galetası %56±4 ve %30 DN Patates Galetası %61±5 oranında sindirilmiştir. 180. dakikada sade galeta %78±0,0, %10 DN Patates Galetası %72±1, %20 DN Patates Galetası %65±2 ve %30 DN Patates Galetası %61±5 oranında sindirilmiştir. Galetaların *in vitro* glisemik indeks değerlerini hesaplamak için referans olarak almış olduğumuz beyaz ekmeğin 20. dakikada %30±0,00 120. dakikada %66±5 ve 180. Dakikada %69±1 oranında sindirilmiştir. Beyaz ekmeğin, sade galeta, %10 DN Patates galeta, %20 DN Patates galeta ve %30 DN Patates galetanın toplam nişasta oranları sıra ile %62,5, %69,8, %68, %71 ve %73 olarak bulunmuştur.

Çalışmada, %10 DN Buğday Galetası, %20 DN Buğday Galetası ve %30 DN Buğday Galetası ile sade galeta arasındaki nişasta sindirim oranlarına bakıldığında; 20. dakikada sade galeta %31±, %10 DN Buğday Galetası %28±1, %20 DN Buğday Galetası %27± ve %30 DN Buğday Galetası %25±2 oranında sindirilmiştir. 120. dakikada sade galeta %69±1, %10 DN Buğday Galetası %62±1, %20 DN Buğday Galetası %53±2 ve %30 DN Buğday Galetası %51±2 oranında sindirilmiştir. 180. dakikada sade galeta %78±0,0, %10 DN Buğday Galetası %70±3, %20 DN Buğday Galetası %63±1 ve %30 DN Buğday Galetası %54±1 oranında sindirilmiştir. Galetaların *in vitro* glisemik indeks değerlerini hesaplamak için referans olarak almış olduğumuz beyaz ekmeğin 20. dakikada %30±0,00, 120. dakikada %66±5 ve 180. dakikada %69±1 oranında sindirilmiştir. Beyaz ekmeğin, sade galeta, %10 DN Buğday galeta, %20 DN Buğday galeta ve %30 DN Buğday

galetanın toplam nişasta oranları sıra ile %62,5, %69,8, %61,7, %63,9 ve %70,9 olarak bulunmuştur.

Tablo 6. Galeta Hızlı Çözünebilen Toplam Nişasta Oranları

	RDS	SDS	RS
Sade Galeta	31,1±0,8	34,3±1,2	0,1±0,1
%10 DN Mısır Galeta	34,0±2,4	19,8±1,1	17,2±3,3
%20 DN Mısır Galeta	24,2±1,3	28,1±0,3	16,0±0,5
%30 DN Mısır Galeta	20,9±1,2	28,4±4,0	14,8±3,2
%10 DN Patates Galeta	36,5±1,2	19,7±1,3	15,6±2,5
%20 DN Patates Galeta	26,0±1,0	27,3±3,6	20,8±2,7
%30 DN Patates Galeta	23,7±2,0	23,4±6,3	12,6±5,2
%10 DN Buğday Galeta	27,5±1,4	30,9±2,0	7,2±1,4
%20 DN Buğday Galeta	27,2±0,3	22,8±1,7	20,4±2,4
%30 DN Buğday Galeta	24,6±1,9	23,6±0,2	21,9±1,0
Beyaz Ekmek	30,3±0,3	32,0±4,4	28,4±0,5

Hızlı çözünebilen nişasta (HÇN) oranlı 20. dakikada sindirilen nişasta şeklinde tanımlanmaktadır. HÇN oranları sıra ile beyaz ekmekte %30±0, sade galetada %31±1, %10 DN mısır galetasında %34±2, %20 DN mısır galetasında 24±1 ve %30 DN mısır galetasında ise %21±1'dir. Yavaş çözünebilen nişasta (YÇN) 20. dakika ile 120. dakika arasında çözünebilen nişasta olarak tanımlanmaktadır. YÇN oranları sıra ile beyaz ekmekte 30,3±3, sade galetada 31,1±8, %10 DN mısır galetasında 34,0±2,4. %20 DN mısır galetasında 24,2±1,3 ve %30 DN mısır galetasında ise 20,9±1,2'dir.

Dirençli nişasta (DN), toplam nişasta ile sindirimin 120. dakika arasındaki nişasta miktarı olarak tanımlanır. DN oranları sırası ile beyaz ekmekte 32,0±4,4, sade galetada 34,3±1,2, %10 DN mısır galetasında 19,8±1,1, %20 DN mısır galetasında 28,1±0,3 ve %30 DN mısır galetasında ise 28,4±4'dür.

Hızlı çözünebilen nişasta (HÇN) oranı 20. dakikada sindirilen nişasta miktarı şeklinde tanımlanmaktadır. HÇN oranları sırası ile beyaz ekmekte %30±0, sade galetada %31±1, %10 DN patates galetasında %37±1, %20 DN patates galetasında 26±1 ve %30 DN patates galetasında ise %24±2'dir. Yavaş çözünebilen nişasta (YÇN) 20. dakika ile 120. dakika arasında çözünebilen nişasta miktarı olarak tanımlanır. YÇN oranları sıra ile

beyaz ekmekte $30,3\pm 3$, sade galetada $31,1\pm 8$, %10 DN patates galetasında $36,5\pm 1,2$. %20 DN patates galetasında $26,0\pm 1$, ve %30 DN patates galetasında ise $23,7\pm 2$ 'dir.

Dirençli nişasta (DN), toplam nişasta ile sindirimin 120. dakikası arasındaki nişasta miktarı olarak tanımlanır. DN oranları sırası ile beyaz ekmekte $32,0\pm 4,4$, sade galetada $34,3\pm 1,2$, %10 DN patates galetasında $19,7\pm 1,3$, %20 DN patates galetasında $27,3\pm 3,6$ ve %30 DN patates galetasında ise $23,4\pm 6,3$ 'dür.

Hızlı çözünebilen nişasta (HÇN), 20. dakikada sindirilen nişasta oranı olarak tanımlanır. HÇN oranları sırası ile beyaz ekmekte 30 ± 0 , sade galetada 31 ± 1 , %10 DN Buğday galetasında 28 ± 1 , %20 DN buğday galetasında 27 ± 1 ve %30 DN buğday galetasında ise 25 ± 2 'dir. Yavaş çözünebilen nişasta (YÇN), sindirimin 20. dakika ile 120. dakika arasındaki çözünebilen nişasta miktarı olarak tanımlanmaktadır. YÇN oranları sıra ile beyaz ekmekte $30,3\pm 3$, sade galetada $31,1\pm 8$, %10 DN buğday galetasında $27,5\pm 1,4$, %20 DN buğday galetasında $27,2\pm 3$ ve %30 DN buğday galetadasın ise $23,7\pm 2$ olarak tespit edilmiştir.

Dirençli nişasta (DN), toplam nişasta ile sindirimin 120. dakikası arasındaki nişasta olarak tanımlanmaktadır. DN oranları sırası ile beyaz ekmekte $32,0\pm 4,4$, sade galetada $34,3\pm 1,2$, %10 DN buğday galetasında $30,9\pm 2$, %20 DN buğday galetasında $22,8\pm 1,7$ ve %30 DN buğday galetadasın da ise $23,6\pm 2$ olarak tespit edilmiştir.

Tablo 7. Hidroliz İndeksine Göre, Beyaz Ekmeğin Glisemik İndeksine Göre Oranları, Glikoz Oranları

	HI	GI
Sade Galeta	98,8±0,7	99,0±0,4
%10 DN Mısır Galeta	87,2±3,5	92,1±2,1
%20 DN Mısır Galeta	80,6±0,9	88,1±0,5
%30 DN Mısır Galeta	73,3±2,9	83,7±1,7
%10 DN Patates Galeta	87,7±2,5	92,4±1,5
%20 DN Patates Galeta	80,9±2,1	88,3±1,3
%30 DN Patates Galeta	74,2±4,4	84,3±2,6
%10 DN Buğday Galeta	86,4±2,3	91,6±1,4
%20 DN Buğday Galeta	81,8±1,9	88,8±1,1
%30 DN Buğday Galeta	74,0±2,6	84,1±1,5
Beyaz Ekmek	90,5±2,3	94,1±1,4

$$GI=39.71+0.54+HI$$

Yukarıdaki tabloda, sade galeta, %10 DN Mısır Galetası, %20 DN Mısır Galetası, %30 DN Mısır Galetası, %10 DN Patates Galetası, %20 DN Patates Galetası, %30 DN Patates Galetasının beyaz ekmeğe göre hidroliz endeksi sonucunda glikoz oranları karşılaştırılmıştır.

Beyaz ekmek ile sade galetanın hidroliz İndeksi ve glisemik indeksi karşılaştırıldığında; sade galetanın hidroliz endeksinin ve glisemik endeksinin beyaz ekmekten yüksek olduğu görülmektedir.

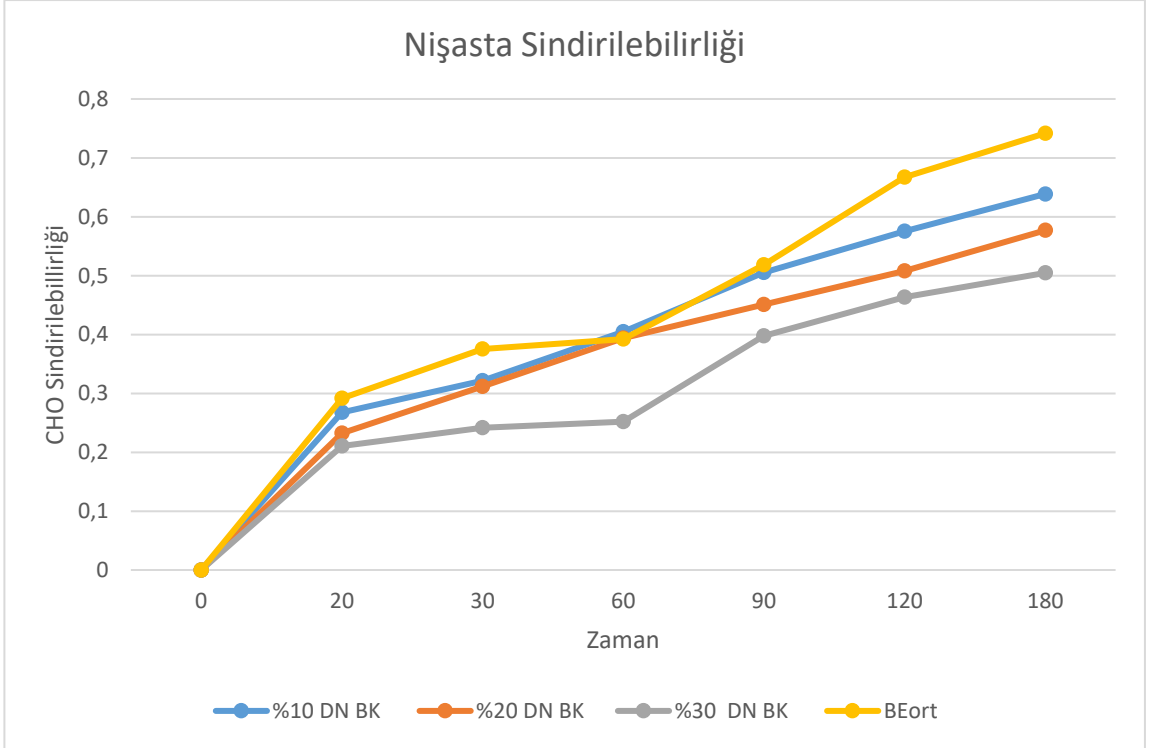
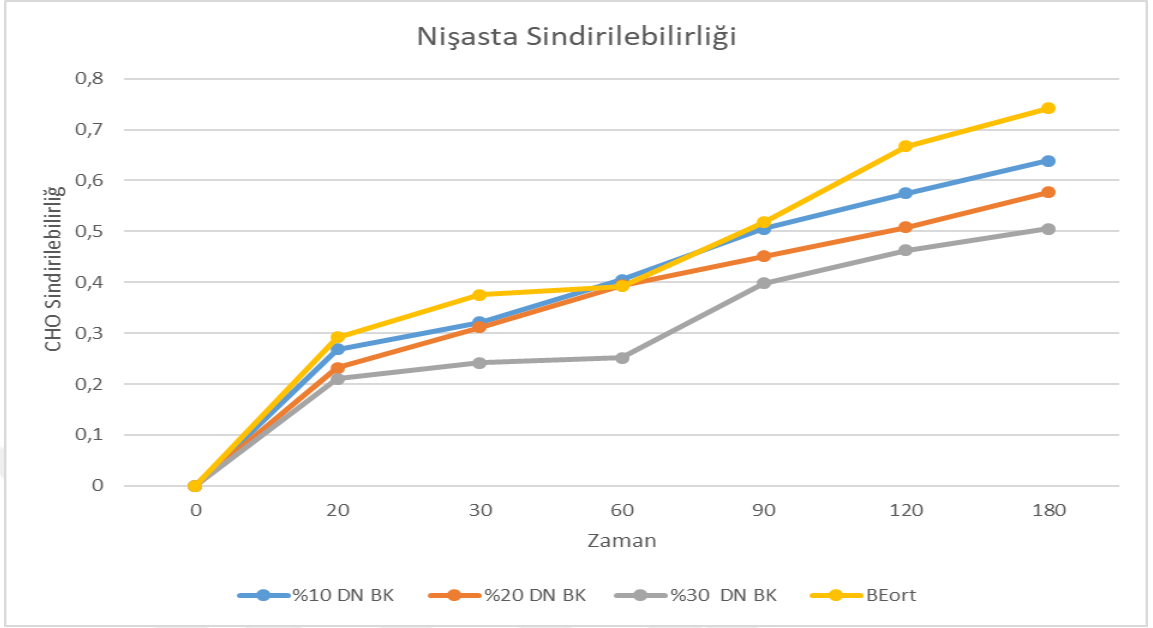
Beyaz ekmek referans olarak alındığında hidroliz indeksi 90,5±2,3 iken hesaplanmış olan *in vitro* GI 94,1±1,4'dür. %10 DN mısır galetasında hidroliz indeksi 87,2±3,5 iken hesaplanmış *in vitro* GI 92,1±2,1'dir. %20 DN olduğunda hidroliz indeksi 80,6±0,9 iken hesaplanmış ve GI'in 88,1±0,5'e düştüğü gözlemlenmiştir. Mısır galetasında dirençli nişasta oranı %30 olduğunda ve hidroliz indeksi 73,3±2,9 iken hesaplanmış GI 83,7±1,7'dir. Sonuçlardan görüldüğü üzere, mısır galetasında dirençli

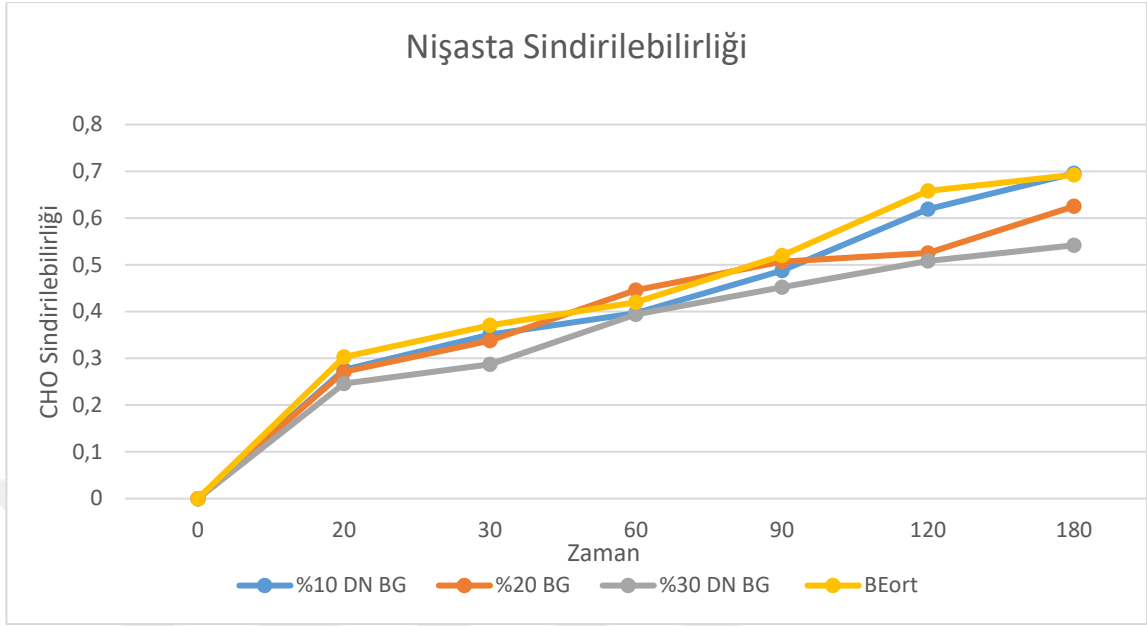
nişasta miktarı arttıkça hidroliz indeksinin ve hesaplanmış *in vitro* glisemik indeksin düştüğü görülmüştür.

Beyaz ekmek referans olarak alındığında hidroliz indeksi $90,5 \pm 2,3$ iken tespit edilen *in vitro* GI $94,1 \pm 1,4$ olarak tespit edilmiştir. %10 DN Patates galetasının hidroliz indeksi $87,7 \pm 2,5$ iken, hesaplanmış *in vitro* GI $92,4 \pm 1,5$ 'dir. %20 DN olduğunda hidroliz indeksi $780,9 \pm 2,1$ iken hesaplanmış *in vitro* GI $88,3 \pm 1,3$ 'dür. Patates galetasında dirençli nişasta oranı %30 olduğunda hidroliz indeksi $74,2 \pm 4,4$ iken, hesaplanan glisemik indeks $84,3 \pm 2,6$ 'dır. Sonuçlardan görüldüğü gibi, patates galetasında dirençli nişasta miktarı arttıkça hidroliz indeksi ve hesaplanmış *in vitro* glisemik indeksin düştüğü görülmüştür.

Beyaz ekmek referans olarak alındığında hidroliz indeksi $90,5 \pm 2,3$ iken hesaplanan *in vitro* GI $94,1 \pm 1,4$ 'dür. %10 DN buğday galetasının hidroliz indeksi $86,4 \pm 2,3$ iken hesaplanan *in vitro* GI $91,6 \pm 1,4$ 'dür. %20 DN olduğunda hidroliz indeksi $81,8 \pm 1,9$ iken hesaplanan *in vitro* GI $88,8 \pm 1$ 'dir. Buğday galetasında dirençli nişasta oranı %30 olduğunda hidroliz indeksi $74,0 \pm 2,6$ iken hesaplanan *in vitro* GI $84,1 \pm 1,5$ 'dir. Sonuçlardan görüldüğü gibi, buğday galetasında dirençli nişasta miktarı arttıkça hidroliz indeksinin ve hesaplanmış *in vitro* glisemik indeksin düştüğü görülmüştür.

Şekil 5. Galeta Türlerine Göre Çözünabilir Nişasta Miktarları





4.2. Krakerin Analizi Sonucunda Elde Edilen Bulgular

Tablo 8. 20. ve 180. Dakika Arasında Sindirilme Oranları

	20	30"	60"	90"	120"	180	Toplam Nişasta
%10 DN Buğday Kraker	0,27±0,01	0,32±0,01	0,40±0,01	0,51±0,01	0,58±0,01	0,64±0,01	0,694±0,009
%20 DN Buğday Kraker	0,23±0,00	0,31±0,02	0,39±0,01	0,45±0,02	0,51±0,02	0,58±0,03	0,721±0,008
%30 DN Buğday Kraker	0,21±0,01	0,24±0,00	0,25±0,01	0,40±0,02	0,46±0,02	0,50±0,02	0,751±0,011
%10 DN Mısır Kraker	0,24±0,01	0,28±0,00	0,36±0,01	0,43±0,01	0,48±0,01	0,54±0,01	0,689±0,004
%20 DN Mısır Kraker	0,17±0,01	0,26±0,01	0,33±0,01	0,41±0,00	0,46±0,01	0,50±0,01	0,757±0,009
%30 DN Mısır Kraker	0,20±0,01	0,25±0,01	0,29±0,01	0,38±0,01	0,44±0,01	0,48±0,01	0,795±0,007
%10 DN Patates Kraker	0,23±0,01	0,24±0,01	0,32±0,00	0,38±0,01	0,49±0,01	0,55±0,01	0,637±0,009
%20 DN Patates Kraker	0,21±0,01	0,26±0,00	0,31±0,01	0,36±0,01	0,43±0,01	0,48±0,01	0,699±0,006
%30 DN Patates Kraker	0,22±0,01	0,24±0,01	0,29±0,01	0,32±0,01	0,38±0,00	0,44±0,01	0,752±0,008
Beyaz Ekmek	0,29±0,00	0,38±0,01	0,39±0,00	0,52±0,00	0,67±0,01	0,74±0,01	0,662±0,037

DN: Dirençli Nişasta

Tablo 7’te beyaz ekmek ile %10 DN Buğday kraker, %20 DN Buğday kraker, %30 DN Buğday Kraker, %10 DN Mısır Kraker, %20 DN Mısır Kraker, %30 DN Mısır Kraker, %10 DN Patates Kraker, %20 DN Patates Kraker, %30 DN Patates Kraker ve Beyaz 20 ve 180 dakika arasındaki sindirilme oranları verilmiştir.

Çalışmada, %10 DN Buğday Krakeri, %20 DN Buğday Krakeri ve %30 DN Buğday Krakeri ile beyaz ekmek arasındaki nişasta sindirim oranlarına bakıldığında; 20. dakikada beyaz ekmek %29±, %10 DN Buğday Krakeri %27±1, %20 DN Buğday Krakeri %23± ve %30 DN Buğday Krakeri %21±1 oranında sindirilmiştir. 120. dakikada beyaz ekmek %67±1, %10 DN Buğday Krakeri %58±1, %20 DN Buğday Krakeri %51±2 ve %30 DN Buğday Krakeri %46±2 oranında sindirilmiştir. 180. dakikada beyaz ekmek %74±1, %10 DN Buğday Krakeri %64±1, %20 DN Buğday Krakeri %58±3 ve %30 DN Buğday Krakeri %50±2 oranında sindirilmiştir. Krakerlerin *in vitro* glisemik indeks değerlerini hesaplamak için referans olarak almış olduğumuz beyaz ekmek 20. Dakikada %29±0,00, 120. Dakikada %67±1 ve 180. Dakikada %74±1 oranında sindirilmiştir. Beyaz ekmek, %10 DN Buğday Krakeri, %20 DN Buğday Krakeri ve %30 DN Buğday Krakerinin toplam nişasta oranları sıra ile %66,2, %69,4, %72,1 ve %75,1 olarak bulunmuştur.

Çalışmada, %10 DN Mısır Krakeri, %20 DN Mısır Krakeri ve %30 DN Mısır Krakeri ile beyaz ekmek arasındaki nişasta sindirim oranlarına bakıldığında; 20. dakikada beyaz ekmek %29±, %10 DN Mısır Krakeri %24±1, %20 DN Mısır Krakeri %17±1 ve %30 DN Mısır Krakeri %20±1 oranında sindirilmiştir. 120. dakikada beyaz ekmek %67±1, %10 DN Mısır Krakeri %48±1, %20 DN Mısır Krakeri %46±1 ve %30 DN Mısır Krakeri %44±1 oranında sindirilmiştir. 180. dakikada beyaz ekmek %74±1, %10 DN Mısır Krakeri %54±1, %20 DN Mısır Krakeri %50±1 ve %30 DN Mısır Krakeri %48±1 oranında sindirilmiştir. Krakerlerin *in vitro* glisemik indeks değerlerini hesaplamak için referans olarak almış olduğumuz beyaz ekmek 20. Dakikada %29±0,00, 120. Dakikada %67±1 ve 180. Dakikada %74±1 oranında sindirilmiştir. Beyaz ekmek, %10 DN Mısır Krakeri, %20 DN Mısır Krakeri ve %30 DN Mısır Krakerinin toplam nişasta oranları sıra ile %66,2, %68,9, %75,7 ve %79,5 olarak bulunmuştur.

Çalışmada, %10 DN Patates Krakeri, %20 DN Patates Krakeri ve %30 DN Patates Krakeri ile beyaz ekmek arasındaki nişasta sindirim oranlarına bakıldığında; 20. dakikada beyaz ekmek %29±, %10 DN Patates Krakeri %23±1, %20 DN Patates Krakeri %21±1 ve %30 DN Patates Krakeri %22±1 oranında sindirilmiştir. 120. dakikada beyaz ekmek %67±1, %10 DN Patates Krakeri %49±1, %20 DN Patates Krakeri %43±1 ve %30 DN Patates Krakeri %38±1 oranında sindirilmiştir. 180. dakikada beyaz ekmek %74±1, %10 DN Patates Krakeri %55±1, %20 DN Patates Krakeri %48±1 ve %30 DN Patates Krakeri %44±1 oranında sindirilmiştir. Krakerlerin *in vitro* glisemik indeks değerlerini hesaplamak için referans olarak almış olduğumuz beyaz ekmek 20. Dakikada %29±0,00, 120. Dakikada %67±1 ve 180. Dakikada %74±1 oranında sindirilmiştir. Beyaz ekmek, %10 DN Patates Krakeri, %20 DN Patates Krakeri ve %30 DN Patates Krakerinin toplam nişasta oranları sıra ile %66,2, %63,7, %69,9 ve %75,2 olarak bulunmuştur.

Tablo 9. Kraker Hızlı Toplam Nişasta Oranları

	RDS	SDS	RS
%10 DN Buğday Kraker	18,6±0,3	19,2±0,3	26,5±0,9
%20 DN Buğday Kraker	16,8±0,4	17,9±1,2	34,6±0,9
%30 DN Buğday Kraker	15,8±0,4	17,1±1,6	34,6±1,0
%10 DN Mısır Kraker	16,8±0,4	14,5±0,2	32,4±0,7
%20 DN Mısır Kraker	13,1±0,7	19,3±0,8	37,0±0,5
%30 DN Mısır Kraker	16,0±0,6	16,9±0,4	40,2±0,7
%10 DN Patates Kraker	14,6±0,4	15,1±0,3	29,2±1,6
%20 DN Patates Kraker	14,9±0,5	13,8±0,1	35,7±1,1
%30 DN Patates Kraker	16,2±0,4	11,3±0,6	41,8±0,7
Beyaz Ekmek	29,1±0,4	33,8±0,7	32,8±5,1

Hızlı çözünebilen nişasta (HÇN) oranı, 20. dakikada sindirilen nişasta miktarı olarak tanımlanmaktadır. HÇN oranları sırası ile beyaz ekmekte %29±0, %10 DN buğday krakerinde %27±1, %20 DN buğday krakerinde 23±1 ve %30 DN buğday krakerinde ise %21±1'dir. Yavaş çözünebilen nişasta (YÇN) oranı, 20. dakika ile 120. dakika arasında çözünebilen nişasta miktarı olarak tanımlanmaktadır. YÇN oranları sıra ile beyaz ekmekte 29,1±4, %10 DN buğday krakerinde 18,6±3, %20 DN buğday krakerinde 16,8±4 ve %30 DN buğday krakerinde ise 15,8±4'dür.

Dirençli nişasta (DN), toplam nişasta ile 120. dakika arasında sindirilen nişasta miktarı olarak tanımlanmaktadır. DN oranları sıra ile beyaz ekmekte $33,8\pm 7$, %10 DN buğday krakerinde $19,2\pm 3$, %20 DN buğday krakerinde $17,9\pm 1,2$ ve %30 DN buğday krakerinde ise $17,1\pm 1,6$ 'dır.

Hızlı çözünebilen nişasta (HÇN) oranı, 20. dakikada sindirilen nişasta miktarı olarak tanımlanmaktadır. HÇN oranları sırası ile beyaz ekmekte 29 ± 0 , %10 DN mısır krakerinde 24 ± 1 , %20 DN mısır krakerinde 17 ± 1 ve %30 DN mısır krakerinde ise 20 ± 1 olarak tespit edilmiştir. Yavaş çözünebilen nişasta (YÇN), 20. dakika ile 120. dakika arasında çözünebilen nişasta miktarı olarak tanımlanmaktadır. YÇN oranları sırası ile beyaz ekmekte $29,1\pm 4$, %10 DN mısır krakerde $16,8\pm 4$, %20 DN mısır Kraker $13,1\pm 7$ ve %30 DN mısır krakerde ise $16,0\pm 6$ 'dır.

Dirençli nişasta (DN), toplam nişasta ile 120. dakika arasındaki sindirilen nişasta miktarı olarak tanımlanır. DN oranları sıra ile beyaz ekmekte $33,8\pm 7$, %10 DN mısır krakerinde $14,5\pm 2$, %20 DN mısır krakerinde $19,3\pm 8$ ve %30 DN mısır krakerinde ise $16,9\pm 4$ 'dür.

Hızlı çözünebilen nişasta (HÇN), oranı 20. dakikada sindirilen nişasta miktarı olarak tanımlanmaktadır. HÇN oranları sırası ile beyaz ekmekte 29 ± 0 , %10 DN patates krakerinde 23 ± 1 , %20 DN patates krakerinde 21 ± 1 ve %30 DN patates krakerinde ise 22 ± 1 olarak tespit edilmiştir. Yavaş çözünebilen nişasta (YÇN), 20. dakika ile 120. dakika arasında çözünebilen nişasta miktarı olarak tanımlanmaktadır. YÇN oranları sıra ile beyaz ekmekte $29,1\pm 4$, %10 DN patates krakerinde $14,6\pm 4$. %20 DN patates krakerinde $14,9\pm 5$ ve %30 DN patates krakerinde ise $16,2\pm 4$ 'dür.

Dirençli nişasta (DN), toplam nişasta ile 120. dakika arasında sindirilen nişasta miktarı olarak tanımlanır. DN oranları sıra ile beyaz ekmekte $33,8\pm 7$, %10 DN patates krakerinde $15,1\pm 3$, %20 DN patates krakerinde $13,8\pm 1$ ve %30 DN patates krakerinde ise $11,3\pm 6$ olarak tespit edilmiştir.

Tablo 10. Hidroliz İndeksine Göre, Beyaz Ekmegin Glisemik İndeksine Göre Oranları, Glikoz Oranları

	Hİ	Gİ
%10 DN Buğday Kraker	82,8±1,7	89,4±1,0
%20 DN Buğday Kraker	75,2±2,9	84,9±1,8
%30 DN Buğday Kraker	63,4±2,2	77,8±1,3
%10 DN Mısır Kraker	70,7±0,6	82,2±0,4
%20 DN Mısır Kraker	65,4±0,5	79,0±0,3
%30 DN Mısır Kraker	62,6±0,6	77,3±0,4
%10 DN Patates Kraker	66,8±1,3	80,7±0,8
%20 DN Patates Kraker	62,4±1,2	77,2±0,7
%30 DN Patates Kraker	56,7±0,8	73,8±0,5
Beyaz Ekmek	91,5±0,6	94,6±0,4

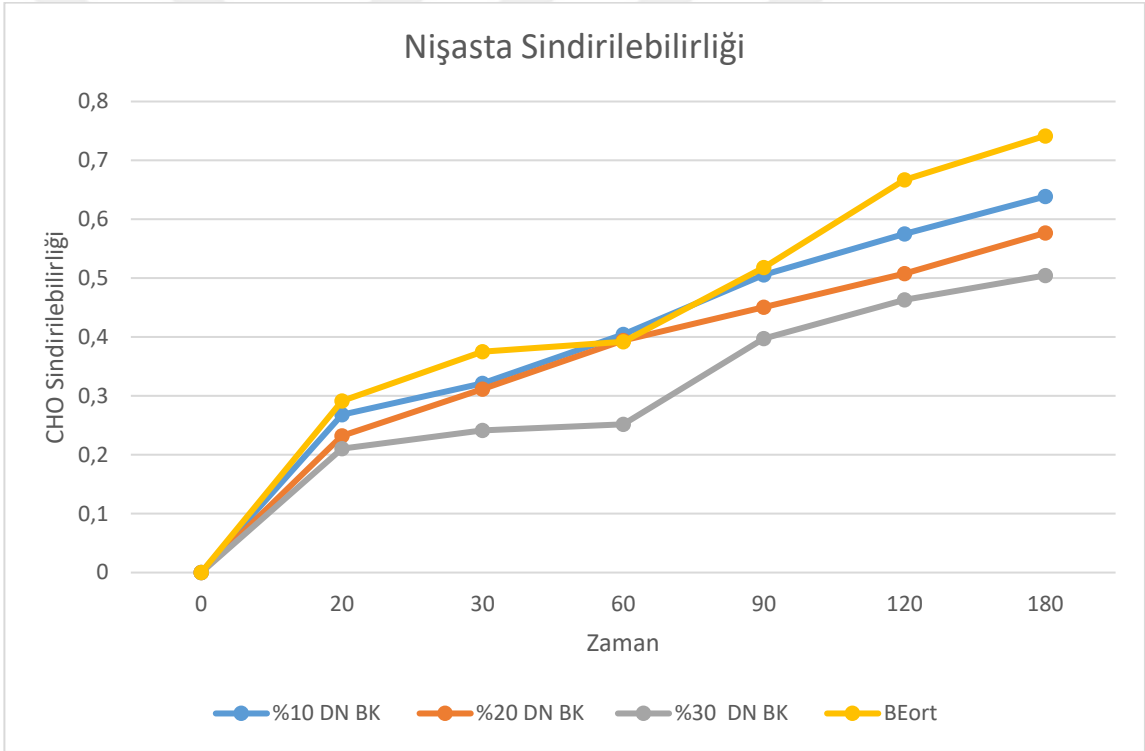
$$GI=39.71+0.54+HI$$

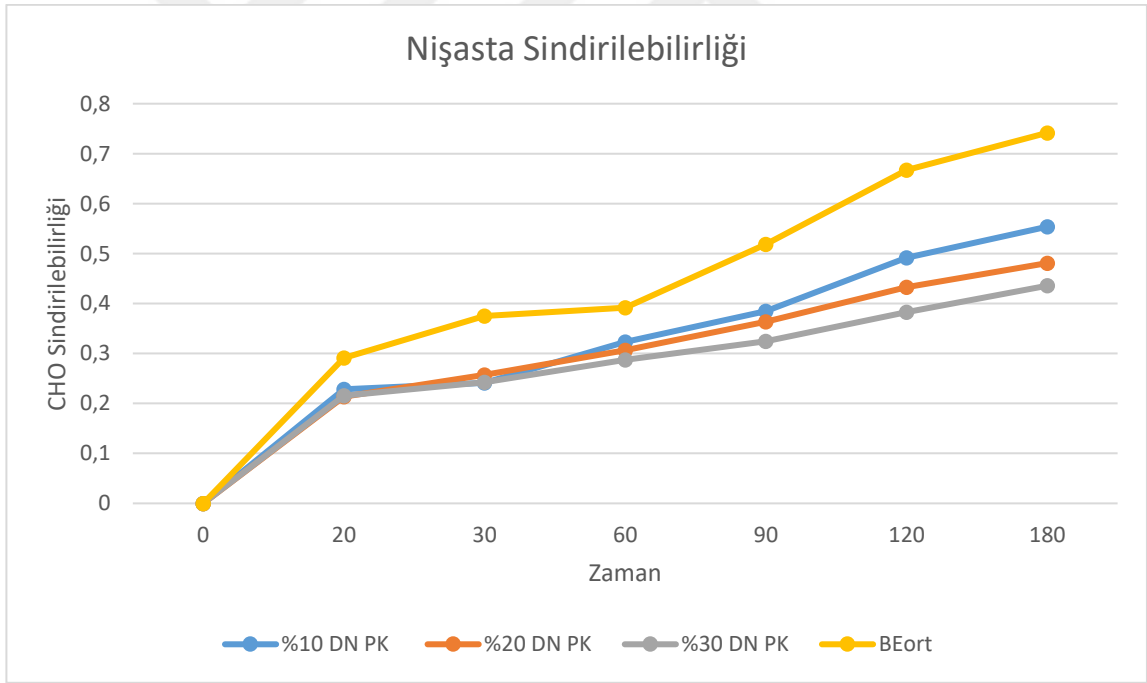
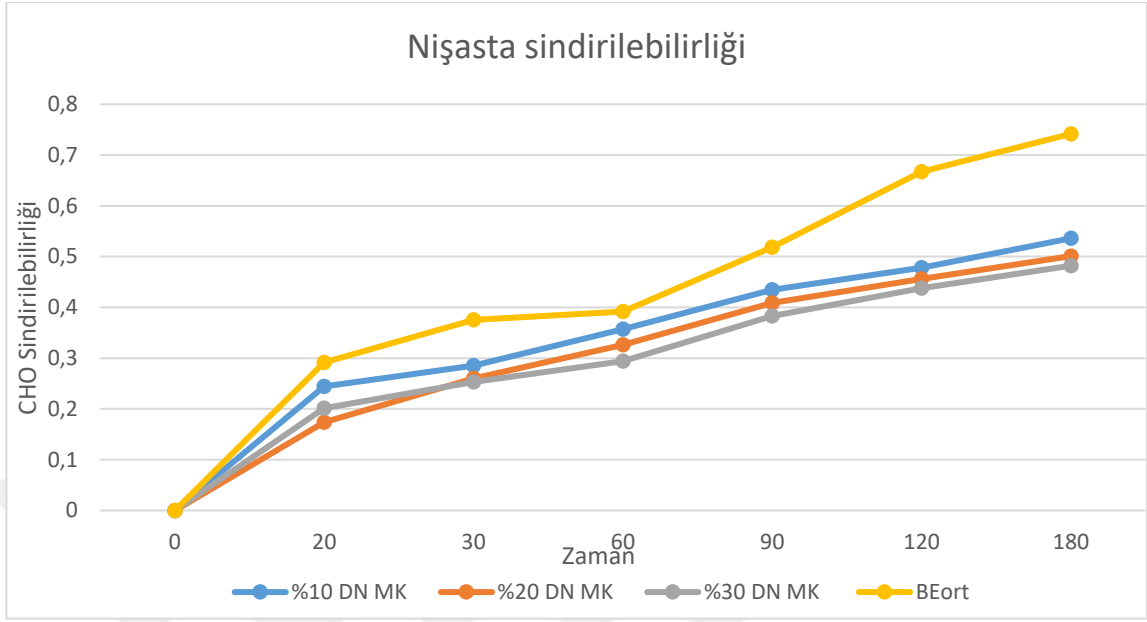
Beyaz ekmek referans olarak alındığında hidroliz endeksi 91,5±0,6 iken hesaplanmış *in vitro* Gİ 94,6±0,4'dür. %10 DN buğday krakerinde hidroliz endeksi 87,2±3,5 iken hesaplanmış *in vitro* Gİ 89,4±1,0'dır. Buğday krakerindeki DN miktarı %20 olduğunda hidroliz endeksi 75,2±2,9 iken, hesaplanmış *in vitro* Gİ 84,9±1,8'dir. Buğday krakerindeki dirençli nişasta oranı %30 olduğunda hidroliz endeksi 63,4±2,2 iken hesaplanmış *in vitro* Gİ 77,8±1,3'dür. Sonuçlardan görüldüğü üzere buğday krakerinde dirençli nişasta miktarı arttıkça hidroliz indeksinin ve hesaplanmış *in vitro* glisemik indeksin düştüğü görülmüştür.

Beyaz ekmek referans olarak alındığında hidroliz endeksi 91,5±0,6 iken hesaplanmış *in vitro* Gİ 94,6±0,4'dür. %10 DN mısır krakerinde hidroliz endeksi 70,7±0,6 iken hesaplanana *in vitro* Gİ 82,2±0,4'dür. %20 DN olduğunda hidroliz endeksi 65,4±0,5 iken hesaplanmış *in vitro* Gİ 79,0±0'dır. Mısır krakerinde dirençli nişasta oranı %30 olduğunda hidroliz endeksi 62,6±0,6 iken hesaplanmış *in vitro* Gİ 77,3±0,4'dür. Sonuçlardan görüldüğü üzere, mısır krakerinde dirençli nişasta miktarı arttıkça hidroliz indeksinin ve hesaplanmış *in vitro* glisemik indeksin düştüğü görülmüştür.

Beyaz ekme referans olarak alındığında hidroliz indeksi $91,5 \pm 0,6$ iken hesaplanmış *in vitro* GI $94,6 \pm 0,4$ 'dür. %10 DN patates krakerinde hidroliz indeksi $66,8 \pm 1,3$ iken hesaplanmış *in vitro* GI $80,7 \pm 0,8$ 'dir. %20 DN olduğunda hidroliz indeksi $62,4 \pm 1,2$ iken hesaplanmış *in vitro* GI $77,2 \pm 0,7$ 'dir. Krakerdeki patates dirençli nişasta oranı %30 olduğunda hidroliz indeksi $56,7 \pm 0,8$ iken hesaplanmış *in vitro* GI $73,8 \pm 0,5$ 'dir. Sonuçlardan görüldüğü gibi, krakerdeki patates dirençli nişasta miktarı arttıkça hidroliz indeksinin ve hesaplanmış *in vitro* glisemik indeksin düştüğü görülmüştür.

Şekil 6. Kraker Türlerine Göre Çözünbilir Nişasta Miktarları





5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, sade galeta ve kraker ve çeşitli miktarlarda dirençli nişasta içeren galeta ve krakerlerin alındıktan sonra 20. Dakika ve 180. Dakikadaki sindirilme oranları, hızlı çözünebilen toplam nişasta, yavaş çözünebilen nişasta oranları ve hidroliz endeks ve sonucunda ortaya çıkan hesaplanmış *in vitro* glisemik indeks değerleri ölçülmüştür. Ayrıca tüm bu örnekler referans olarak almış olduğumuz beyaz ekmekteki ölçülen değerler ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada, sade galeta ve sade kraker, %10, %20 ve %30 oranlarında olmak üzere Mısır, Patates ve Buğdaydan üretilmiş dirençli nişasta eklenerek yeniden üretilmiştir.

Üretilen bu yeni ürünlerin ilk olarak 20-180 dakika arası sindirilme oranları ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonrasında, dirençli nişasta ilave edilerek üretilen ürünlerin beyaz ekmek ve sade galetaya karşı zaman ilerledikçe daha yavaş çözündükleri görülmektedir. Galetalardaki dirençli nişasta miktarı yükseldikçe sindirilme oranının da azaldığı görülmektedir. Sindirilme süresi 20. Dakikadan 120. Dakikaya çıktığında da zamanla sindirilen nişasta miktarı artış gösterse de, dirençli nişasta ilave edilmiş galetaların sade galeta ve beyaz ekmeğe nazaran daha yavaş sindirildikleri görülmüştür. Bu durum dirençli nişasta içeren örneklerin daha yavaş sindirildiğini göstermektedir. Harazeki ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Çalışmada kullanılan normal düzeyde karbonhidrat içeren gıdaların çoğu tüketildikten yaklaşık 15-45 dakika sonra hızlıca sindirildikleri ve kana geçtikleri için kandaki glikoz seviyesini yükseltirken, dirençli nişasta içeren gıdalar ise sindirim oranları daha düşük olduğu için kandaki glikoz seviyesini kontrollü ve yavaş arttırdıkları görülmüştür.

Çalışmada sonraki aşama olarak, galeta, kraker ve referans alınan beyaz ekmeğin hızlı çözünebilen toplam nişasta oranları ölçülmüştür. Hızlı çözünebilen nişasta ekmek gibi ısıtılmış işlemler görmüş yüksek nişasta ihtiva eden ürünlerde bulunan ve sindirilerek glikoza dönüşmeleri 20 dakika sonundaki nişasta fraksiyonlarıdır (Demirekin, 2016).

Sade galetanın, %10, %20 ve %30 dirençli nişasta eklenmiş mısır, patates ve buğdaydan üretilen galetanın ve beyaz ekmeğin hızlı çözünebilen nişasta oranlarına

bakıldığında, %10 mısır galetasının ve %10 patates galetasının hızlı çözünebilen nişasta oranlarının sade galeta, beyaz ekmek ve %10 buğday nişastasına nazaran daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak işlem görmüş mısır ve patatesteki hızlı çözünebilen nişasta miktarının yapısal özellikleri nedeniyle fazla olması gösterilebilir (Sezgin, 1992). Ancak, dirençli nişasta miktarı arttıkça ürünün üretildiği örnek gıdadan (mısır, patates, buğday) bağımsız olarak hızlı çözünebilen nişasta miktarının azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

%10, %20 ve %30 dirençli nişasta eklenmiş mısır, patates ve buğdaydan üretilen krakerin ve beyaz ekmeğin hızlı çözünebilen nişasta oranlarına bakıldığında ise, beyaz ekmeğin sindirilebilen nişasta içeren tüm örneklerden daha fazla hızlı çözünebilen nişasta içerdiği tespit edilmiştir. Bu ölçümleme de buğday ile üretilen kraker örneğinde dirençli nişasta miktarı arttıkça hızlı çözünebilen nişasta oranının azaldığı görülmektedir. Ancak mısır ve patates örneklerinde bir tutarsızlık görülmektedir. Bunun nedeni olarak yukarıdaki örnekte de belirtildiği gibi işlem görmüş mısır ve patatesteki hızlı çözünebilen nişasta miktarının yapısal özellikleri nedeniyle fazla olması gösterilebilir.

Çalışmada, son olarak sade galeta, kraker ve %10, %20, %30 dirençli nişasta eklenen mısır, buğday ve patates örneklerinin hidroliz indeksleri ve glisemik indeksleri ölçülmüştür.

Sade galetanın ölçülen hidroliz indeksi ve glisemik indeks değerlerinin beyaz ekmeğin ölçülen hidroliz indeks ve glisemik indeks değerlerinden fazla olduğu görülmüştür. Bu durumun nedeni olarak galetanın pişirilme ve hazırlanma şeklinin ekmekten farklı olması gösterilebilir. Besinlere uygulanan işlemler (pişirme yöntemleri, gıda işleme yöntemleri) ve besinlerin yapısı (içerdiği protein, toplam karbonhidrat, yağ ve posanın miktarı ve türü) besinlerin glisemik indeksine etki etmektedir (Chlup ve ark, 2010; Whitham ve ark, 2014).

%10, %20, %30 dirençli nişasta eklenen mısır, buğday ve patatesten üretilen galeta ve kraker örneklerinin hidroliz ve glisemik indeks değerleri beyaz ekmeğe nazaran daha düşük ölçülmüştür. Bu durumun nedeni olarak dirençli nişastanın yavaş sindirilmesi nedeniyle kan şekerini dengeleyerek glisemik indeks değerini daha yavaş arttırması gösterilebilir (Demirekin, 2016). Yapılan iki farklı çalışmada, birbirlerine benzer nişasta

kaynaklarından üretilmiş ve dirençli nişasta miktarları aynı olan ürünlerin glisemik indekslerinin farklı olmasına neden olarak nişastanın emilim ve sindirim farklılıkları gösterilmiştir (Ludwig, 2000; Frost ve Leeds, 1999). Bizim çalışmamızda da mısır, buğday ve patatesten üretilen dirençli nişasta örneklerinin aynı seviyede dirençli nişasta içermelerine rağmen farklı glisemik indeks değerlerine sahip olmasının nedeninin nişastanın emilim ve sindirim farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Dizlek ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada da karabuğday da yüksek oranda dirençli nişasta bulunduğu ve bu durumun beslenme ve sağlık açısından önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada buna sebep olarak, yüksek düzeyde dirençli nişasta içeren gıdaların glisemik indekslerinin düşük olması gösterilmiştir. Srikaeo ve Sangkhiaw (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da pirinç eriştesine dirençli nişasta içeren mısır nişastasını eklenmiş ve buna bağlı olarak artış gösteren dirençli nişasta seviyesi ile birlikte eriştenin fizyolojik yapısının değiştiği ve bu etkiler altında glisemik indeksinin azaldığı tespit edilmiştir.

Dirençli nişasta ince bağırsakta sindirilemeden kalın bağırsağa geçmesi nedeniyle glisemik indeksi düşürmektedir (Sayaslan, 2005).

Çalışmada elde edilen sonuçlardan da görüldüğü üzere dirençli nişasta katkısı ile üretilen ürünlerin glisemik indeksi düşürdüğü görülmüştür. Glisemik indeks besinlerin kan şekeri yükseltme ölçüsü olarak tanımlanmaktadır (Dod ve ark., 2011). Glisemik indeks değeri düşük gıdalar ile beslenildiğinde, kan şekeri yavaş yavaş ve düzenli bir şekilde artış gösterir. Bu nedenden ötürü kişideki tokluk hissi uzun sürer. Düzenli bir beslenme durumu sağlanır. Eğer bir kişi sürekli ve aşırı bir şekilde glisemik indeksi yüksek besinler ile beslenirse kan şekeri hızlı yükselir ve sağlık açısından istenmeyen durumlar gerçekleşir (Atkinson, Foster-Powell ve Brand-Miller, 2002).

Glisemik indeksi yüksek besinler, diyabet, obezite ve bunlarla ilişkili olarak birçok kronik rahatsızlığın görülme yoğunluğu arasında doğrusal orantı tespit edildiğinden sağlıklı beslenme programında bulunan karbonhidratların glisemik indekslerinin düşük olması önerilmektedir. Glisemik indeks değeri yüksek olan gıdalar kan şekeri kısa sürede yükseltip düşürdüğünden daha kısa bir zamanda açlık hissedilmesine sebep olur. Ancak dirençli nişasta eklenmiş ve glisemik indeks değeri düşük olan besinler tokluk

hissinin daha uzun sürerek iştah kontrolünü sağlamaktadır. Bu sebepten ötürü zayıflamak için uygulanan diyetlerde veya kilo korunması amacı ile yapılan diyetlerde yüksek glisemik indeksli gıdaların kullanılması önerilmemektedir (T.C.S.B., 2008).

Çalışmadan elde edilen sonuçlardan da görüleceği üzere, dirençli nişasta gibi glisemik indeksi düşük olan besinler; kan şekeri kontrolünün sağlanması, insulin duyarlılığının artırılması, tokluk süresini uzatması, obezite riskini azaltması ve Tip2 diyabet riskini azaltması nedeniyle gıda sanayinde kullanılan ve daha fazla kullanılması gereken bir besin maddesidir. Sağlıklı ve dengeli beslenme için vücuda alınması gereken karbonhidrat türünün düşük glisemik indekse sahip olması gerekmektedir. Bu çalışmada, farklı nişasta kaynaklarından üretilen enzime dirençli nişasta ile geliştirilen formülasyonların düşük glisemik indekse sahip olduğu ve sağlıklı beslenme açısından yararlı olduğu görülmüştür.

Toptaş Bıyıklı, (2018) tarafından yapılan çalışmada *in vivo* ve *in vitro* çalışmada eriştelere %20 ile %35 oranında buğdaydan üretilen dirençli nişasta ilavesi yapıldığında hem *in vivo* hem de *in vitro* olarak glisemik indeksin azaldığı belirtilmiştir.

Al-Tamami ve ark. (2009) tarafında yapılan çalışmada ise, atıştırmalık Bar örneğine %34 Buğday dirençli nişastasını ilave edilmiş ve *in vivo* olarak glisemik indeksi ölçülmüştür. Çalışmada normal glikozun kan glukoz düzeyini iki saat içinde %60,5 arttırırken, dirençli nişasta içermeyen atıştırmalık barın ise %42,7 düzeyinde arttığı görülmektedir. Atıştırmalık bara dirençli nişasta ilave edildiğinde ise bu oran %20,4 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlardan da görüleceği üzere dirençli nişasta oranı arttığında kandaki glukoz seviyesinin önemli derecede düştüğü görülmektedir. Bu çalışmadaki sonuçlar incelendiğinde ise; sade galetanın ölçülen glisemik indeksi 99,0 iken, dirençli nişasta eklenen galetanın ölçülen glisemik indeksinin 83,7 'ye kadar düştüğü görülmüştür. Bu çalışmanın sonucunda buğday, mısır ve patates dirençli nişasta ilavesinin glisemik indeksi benzer oranlarda düşürdüğü de görülmektedir.

Bu çalışmanın sonucu değerlendirildiğinde enzime dirençli nişasta olan RS4'ün galeta ve krakere ilavesi *in vitro* olarak glisemik indeksi önemli derece düşürdüğü görülmektedir. Ülkemizde obezite ve diyabet hastalığı özellikle yüksek karbonhidratlı beslenme nedeni ile her yıl önemli düzeyde artış göstermektedir. Bu durumla ilişkili olarak sağlık harcamalarında önemli derecede artış görülmektedir. Ülkemizin geleneksel beslenme modellerinde tahıl ve tahıl ürünlerinden üretilen besinler önemli ölçüde yer almaktadır. Buna bağlı olarak da hastalıklarda da artış görülmektedir. Dirençli nişasta bir diyet lif olup kan glukoz seviyesini önemli derecede düşürmektedir. Normal günlük diyetle alınması gereken lif oranının 25-38 gr/gün olarak bilmektedir. Bu oran gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde çok azdır. Ülkemizde de bu oran 15 gr/gün (Monthly Fitness, 2014). Görüldüğü gibi ülkemizde de lif tüketimi çok azdır. Bu nedenle iyi bir diyet lif kaynağı olan dirençli nişasta ekmek, pastacılık gibi sık tüketilen gıdalar içerisine belirli oranda ilave edilerek glisemik indeks önemli derece azaltılmış olacaktır. Bu da toplumda hem yüksek karbonhidrat tüketimini bağlı, diyabet, obezite ve kalp hastalıklarının önemli derece azalmasına katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

- Akbulut G, Eşingen S, Bingöl FM, Bayraktar A.(2013). Diabetes mellitus'un tıbbi beslenme tedavisine farklı bir bakış: glisemik indeks mi, glisemik yük mü daha etkindir?. *Bozok Tıp Dergisi*; 2:42-4.
- Akoh, C.C. (1998). Fat replacers, *Food Technology*, 52, 47-53.
- Alphan, E. (2008). Diyet Posasının Glisemik Kontroldeki Önemi. VI. Uluslar arası Beslenme ve Diyet Kongresi, Antalya, Türkiye.
- Atkinson, F.S., Foster-Powell, K. and Brand-Miller, J.C. (2008). International tables of glycemic index and glycemic load values. *Diabetes Care*, Vol. 31, number 12, pages 2281-2283.
- AOAC International Official Methods of Analysis. (1994). Total, Soluble and Insoluble Dietary Fiber in Foods-Enzymatic-Gravimetric Method MES-TRIS Buffer, 991.43.
- Baixaulli, R., Salvador, A., Martinez-Cervera, S. ve Fiszman, S. M. (2008). Distinctive sensory features introduced by resistant starch in baked products, *Food Science and Technology*, 41, 1927–1933.
- Baysal, A. (2015), *Beslenme ve Sağlık*, Hatiboğlu Basım ve Yayım, 16. Baskı.
- Bengmark, S., (2000). Gut and the immune system: Enteral nutrition and immunonutrients. In A.E. Baue, E. Faist, D. Fry eds. *SIRS, MODS and MOF - systemic inflammatory response syndrome, multiple organ dysfunction syndrome, multiple organ failure - pathophysiology, prevention and therapy*. New York: Springer. pp. 408-424.
- Bhupathiraju, S.N., Tobias, D.K., Malik, V.S., Pan, A., Hruby, A., Manson, J.E. ve diğerleri. (2014). Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes: results from 3 large US cohorts and an updated meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 4, 30.

- Birkett, A., Muir, J., Phillips, J., Jones, G. ve Dea, K. (1996). Resistant starch lowers fecal concentrations of ammonia and phenols in humans, *American Journal of Clinical Nutrition*, 63, 766–772.
- Bıyıklı, T. E. (2018). Dirençli Nişasta ile Eriştenin Posa İçeriğinin Artırılması ve Glisemik İndeks Değerinin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. Ankara.
- Brown, I. J., McNaught, K. J., Andrew, D. ve Morita, T. (2001). Resistant starch: Plant breeding, application, development, and commercial use, In: *Advanced Dietary Fiber Technology*, Iowa State University Press: Ames, IA, USA.
- Charalampopoulos, D., Wang, R., Pandiella, S. S. ve Webb, C. (2002). Application of cereals and cereal components in functional foods: A review, *International Journal of Food Microbiology*, 79, 131–141.
- Chlup R, Peterson K, Zapletalova J, Kudlova P, Secka P. (2010). Extended prandial glycemic profiles of foods as assessed using continuous glucose monitoring enhance the power of the 120-minute glycemic index. *Journal of Diabetes Science and Technology*; 4; 3: 615-624.
- Chung, H. J., Jeong, H. Y. ve Lim, S. T. (2003). Effects of acid hydrolysis and defatting on crystallinity and pasting properties of freeze-thawed high amylose corn starch, *Carbohydrate Polymers*, 54, 449–455.
- Crapo P.A. (1994). *Dietary Management*. Kahn CR, Weir GC, editors . Joslin's Diabetes Mellitus. 13 th ed. Pennsylvania: A Waverly Company.
- Crapo P.A. *Dietary Management*. Kahn CR, Weir GC, editors . Joslin's Diabetes Mellitus. 13 th ed. Pennsylvania: A Waverly Company: 199
- Crapo, P.A., Reaven, G., Olefsk, J. (1977). Postprandial plasma-glucose and insulin responses to different complex carbohydrates. *Diabetes*, 26(12), 1178-1183.
- Cummings, J.H., Edmond, L.M. and Magee, E.A. (2004). Dietary carbohydrates and health: Do we still need the fibre concept?. *Clinical Nutrition Supplements*, Vol.1:5–17.

- Demirci, M. (2003), Beslenme, Rebel Yayıncılık Basım, Tekirdağ.
- Demirekin, A. (2016). Enzime Dirençli Nişasta Ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. *Journal Of Agricultural Faculty*, 30(2), 71-78.
- Dizlek, H., Özer, M. S., İnanç, E. ve Gül, H. (2009). Karabuğdayın (*Fagopyrum Esculentum Moench*) bileşimi ve gıda sanayiinde kullanım olanakları. *Gıda Dergisi*. 34:317-324
- Dundar, A.N. ve Gocmen, D. (2012) Effects of autoclaving temperature and storing time on resistant starch formation and its functional and physicochemical properties, *Carbohydrate Polymers*, 90 ,1204–1209.
- Dutta, P.K., Tripathi, S., Mehrotra, G.K., Dutta, J. (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry* 114: 1173–1182.
- Dodd H, Williams S, Brown R, Venn B. (2011). Calculating meal glyceimic index by using measured and published food values compared with directly measured meal glyceimic index. *Am J Clin Nutr*. 2011;94(4):992996.
- Englyst, H.N., Kingman, S. M. ve Cummings, J. H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions, *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, 33-50.
- Englyst, H.N., Veenstra J., Hudson G.J. (1996). Measurement of rapidly available glucose (RAG) in plant foods: a potential *in vitro* predictor of the glyceimic response. *British Journal of Nutrition*, 75(3), 327-337
- Farhat, I. A., Protzmann, J., Becker, A., Valles-Pamies, B., Neale, R. ve Hill, S. E. (2001). Effect of the extent of conversion and retrogradation on the digestibility of potato starch, *Starch/Stärke*, 53, 431–436.
- Fredriksson, H., Björck, I., Andersson, R., Liljeberg, H., Silverio, J., Eliasson, A. C. ve Aman, P. (2000). Studies on a-amylase degradation of retrograded starch gels from waxy maize and high-amylpectin potato, *Carbohydrate Polymers*, 43, 81–8.

- Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M. J., Sánchez-Zapata, E. ve Pérez- Álvarez, J. A. (2010). Resistant starch as functional ingredient: A review, *Food Research International* ,43, 931–942
- Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M.J., Sánchez-Zapata, E., Pérez-Álvarez, J.A., (2010). Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International* 43: 931–942.
- Garcia-Alonso, A., Jimenez-Escrig, A., Martin-Carron, N., Bravo, L. ve Saura- Calixto, F. (1999). Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch, *Food Chemistry*, 66, 181– 187.
- Goddard, M.S., Young, G., Marcus, R. (1984). The effect of amylose content on insulin and glucose responses to ingested rice. *American Journal of Clinical Nutrition*, 39, 388-39.
- Goni, I., Garcia-Alonso, and A., and Saura-Calixt, F., (1997). A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index, *Nutrition Research*, 17 (3), 427–437.
- Gonzalez-Soto, R.A., Mora-Escobedo, R., Hernandez-Sanchez, H., Sanchez- Rivera, M. ve Bello-Perez, L.A. (2007). The influence of time and storage temperature on resistant starch formation from autoclaved debranched banana starch, *Food Research International*, 40, 304-310.
- Haralampu, S. G. (2000). Resistant starch: A review of the physical properties and biological impact of RS3, *Carbohydrate Polymers*, 41, 285–292.
- Haralampu, S.G., (2000). Resistant starch: A review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers* 41: 285–292.
- Harazaki, T., Inoue, S., Imai, C., Mochizuki, K. and Goda, T. (2014). Resistant starch improves insulin resistance and reduces adipose tissue weight and CD11c expression in rat OLETF adipose tissue. *Nutrition*. 30: 590–595.
- Heaton, K.W., Marcus, S.N., Emmett, P.M., Bolton, C.H. (1988). Particle size of wheat, maize, oat test meals: effects on plasma glucose and insulin responses and on the rate of starch digestion *in vitro*. *American Journal of Clinical Nutrition*, 47, 675-682.

- Hernández, O., Emaldi, U. ve Tovar, J. (2008). *In vitro* digestibility of edible films from various starch sources, *Carbohydrate Polymers*, 71, 648–65.
- Higgins, J. (2014). Resistant starch and energy balance: impact on weight loss and maintenance. *Food Science and Nutrition*.54:1158–1166.
- İlkgül, Ö., (2005). Modern tıpta prebiyotikler ve probiyotikler. *Ulusal Cerrahi Dergisi* 21(1): 47-50.
- Köksel, H., Masatcioglu, T., Kahraman, K., Öztürk, S. ve Basman, A. (2008). Improving effect of lyophilization on functional properties of resistant starch preparations formed by acid hydrolysis and heat treatment, *Journal of Cereal Science*, 47,275-282.
- Kwak, J.H., Paik, J.K., Kim, H.I., Kim, O.Y., Shin, D.Y., Kim H.J., Lee, J.H. and Lee, J.H. (2012). Dietary treatment with rice containing resistant starch improves markers of endothelial function with reduction of postprandial blood glucose and oxidative stress in patients with prediabetes or newly diagnosed type 2 diabetes. *Atherosclerosis*.224: 457-464.
- Leong, Y.H., Karim, A.A. ve Norziah, M.H. (2007). Effect of pullulanase debranching of sago (*Metroxylon sagu*) starch at subgelatinization temperature on the yield of resistant starch, *Starch/Stärke*, 59, 21-32.
- Levent H., Bilgiçli N. ve Türker S. (2011). Besinsel lif ve dirençli nişastanın gıda formülasyonlarında kullanımı. 1.Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi:174. 19-20 Kasım 2011, Ankara.
- Lopez, H. W., Levrat-Verny, M. A., Coudray, C., Besson, C., Krespine, V., Messager, A., Demigne, C. ve Remesy, C. (2001). Class 2 resistant starches lower plasma and liver lipids and improve mineral retention in rats, *Journal of Nutrition*, 131, 1283–1289.
- Lunn, J., Buttriss, J.L. (2007). Carbohydrates and dietary fibre. *Nutrition Bulletin* 32: 21–64.

- Maki, K., Sanders, L., Reeves, M., Kaden, V., Rains, T. and Cartwright, Y. (2009). Beneficial effects of resistant starch on laxation in healthy adults. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 60: 296-305.
- Martinez-Flores, H. E., Chang, Y. K., Martinez-Bustos, F. ve Sgarbierid, V. (2004). Effect of high fiber products on blood lipids and lipoproteins in hamsters, *Nutrition Research*, 24, 85–93.
- McMillan-Price, J., Brand-Miller, J. (2004). Dietary Approaches to Overweight and Obesity. *Clinics in Dermatology*, 22(4), 310-314.
- Medina, R.M., Mar, M., Guadix, M., Emilia, M. ve Antonio, G. (2014). Production of resistant starch by enzymatic debranching in legume flours, *Carbohydrate Polymers*, 101, 1176–1183.
- Mercanlıgil, S.M., Keçecioglu, S., Baysal, A. (1985). Karbonhidrat Kaynağı Olan Değişik Besinlerin (Patates, Ekmek, Pirinç, Kurubaklagil) Yetişkin Diabetes Mellituslu Hastalarda Kan Şekerine Etkisi. *Diyabet Yıllığı* (s. 111130). İstanbul: Temel Matbası.
- Megazyme. (2005). Total Dietary Fibre Assay Procedure, Megazyme International, Ireland Limited.
- Mikusova, L., Sturdik, E., Mosovska, S., Brindzova, L. ve Mikulajova, A. (2009). Development of new bakery products with high dietary fibre content and antioxidant activity for obesity prevention, In Proceedings of 4th international dietary fibre conference, Vienna, Austria: International Association for Cereal Science and Technology (ICC), 185.
- Milli Eğitim Bakanlığı, (2011), “Sağlıklı Beslenme” Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Halkla İlişkiler Ve Organizasyon Hizmetleri, Ankara <http://megep.meb.gov.tr> (Erişim: 21.12.2018)
- Morais, M. B., Feste, A., Miller, R. G. ve Lifschitz, C. H. (1996). Effect of resistant and digestible starch on intestinal absorption of calcium, iron, and zinc in infant pigs, *Pediatric Research*, 39, 872–876.

- Nugent, A. P. (2005). Health properties of resistant starch, British Nutrition Foundation, Nutrition Bulletin, 30, 27–54.
- Pastors, J., Warshaw, H., Daly, A. (2002). The evidence for the effectiveness of medical nutrition therapy in diabetes management. Diabetes Care, 25, 608613
- Pekcan, G. (2009), ‘‘Türkiye’de Beslenme Ve Sağlık Durumu’’ Hacettepe Beslenme ve Diyetetik Günleri II. Mezuniyet Sonrası Eğitim Kursu, 19-20 Haziran, Ankara.
- Polesi, L.F. ve Sarmiento, S .B .S. (2011). Structural and physicochemical characterization of rs prepared using hydrolysis and heat treatments of chickpea starch, Starch, 63, 226-235.
- Puchongkavarin, H., Bergthaller, W., Shobsngob, S. ve Varavinit, S. (2003). Characterization and utilization of acid-modified rice starches for use in pharmaceutical tablet compression, Starch/Stärke, 55, 464-475
- Reddy, C.K., Suriya, M. ve HariPriya, S. (2013). Physico-chemical and functional properties of Resistant starch prepared from red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*.L) starch by enzymatic method, Carbohydrate Polymers, 95 ,220–226.
- Reisser, S., Handşer, H.B., Gardner, L.B., Hallfrisch, J.G., Michaelis, O.E., Prathet, E.S. (1979). Isocaloric exchange of dietary starch and sucrose in humans II. Effect on fasting blood insulin, glucose, and on insulin and glucose response to a sucrose load. American Journal of Clinical Nutrition, 32, 2206-2216.
- Rouhani, M.H., Salehi-Abargouei, A., Azadbakh, L. (2013). Effect of glycemic index and glycemic load on energy intake in children. Nutrition, 29(9), 1100-1105.
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S. ve Kulkarni, P.R. (2006). Resistant starch a review, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 5, 1-17.
- Sang, Y., Prakash, O. ve Seib, P. A. (2007). Characterization of phosphorylated cross-linked resistant starch by nuclear magnetic resonance spectroscopy, Carbohydrate Polymers, 67, 201–212.

- Sanz, T., Salvador, A. ve Fiszman, S. M., (2008). Evaluation of four types of resistant starch in muffin baking performance and relationship with batter rheology, *European Food Research & Technology*, 227, 813– 819.
- Sayaslan, A. (2005). Sağlıklı Beslenme Açısından Gıdaların Glisemik İndeksi. *Gıda Dergisi*, 1, 84-91.
- Shamai, K., Bianco-Peled, H. ve Shimoni, E. (2003). Polymorphism of resistant starch type III, *Carbohydrate Polymers*, 54, 363–369.
- Shamai, K., Bianco-Peled, H., Shimoni, E. (2003). Polymorphism of resistant starch type III. *Carbohydrate Polymers* 54: 363-369.
- Sharma, A., Yadav, B. S. ve Ritika, B. (2008). Resistant starch: Physiological roles and food applications, *Food Reviews International*, 24, 193–234.
- Srikeno K. and Sangkhiaw, J. (2014). Effects of amylose and resistant starch on glycaemic index of rice noodles. *LWT - Food Science and Technology*. 59: 1129-1135.
- Simsek, S. ve Sedef, N. E. (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.
- Singh, J., Kaur, L. ve McCarthy, O. J. (2007). Factors influencing the physico- chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications–A review, *Food Hydrocolloids*, 21, 1–22.
- Tamimi, E. Seib, P., Snyder, B. Haub, M. (2010). Consumption of Cross-Linked Resistant Starch (RS4x1) on Glucose and Insulin Responses in Humans. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Nutrition and Metabolism*.
- T.C. Sağlık Bakanlığı, (2013). Türkiye Sağlıklı Beslenme ve Hareketli Hayat Programı. [Http://Beslenme.Gov.Tr/Index.Php?Lang](http://Beslenme.Gov.Tr/Index.Php?Lang)(Erişim: 02.12.2018)
- Tapsell, L. C. (2004). Diet and metabolic syndrome: Where does resistant starch fit in?, *Journal of the Association of Analytical Chemists International*, 87, 756–760.
- Tharanathan, M. ve Tharanathan, R.N. (2001). Resistant starch in wheat-based products: isolation and characterisation, *Journal of Cereal Science*, 34, 73-84.

- Tharanathan, R.N. (2002). Food-derived carbohydrates: Structural complexity and functional diversity. *Critical Reviews in Biotechnology* 22(1): 65–84.
- Topping, D. L. ve Clifton, P. M. (2001). Short-chain fatty acids and human colonic function: Roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides, *Physiological Reviews*, 81, 1031–1064.
- Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı. (2008). Kan Şekerini Etkileyen Besinler. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı Yayınları. Ankara.
- Ülker, S. (2016). Yeterli ve Dengeli Beslenme. http://Sabriulkerfoundation.Org/Tr/Yeterli_Ve_Dengeli_Beslenmehttp://Beslenme.Gov.Tr/Content/Files/Yayinlar/Brosurler/Saglikli_Beslenme_Serisi_Brosurleri_2007/01.Pdf (Erişim: 10.12.2018).
- Vasanthan, T. ve Bhatta, R. S. (1998). Enhancement of Resistant Starch (RS3) in Amylomaize, Barley, Field Pea and Lentil Starches, *Starch/Stärke*, 50, 286– 291.
- Wang, J., Tang, X.J., Chen, P.S., Huang, H.H., (2014). Changes in resistant starch from two banana cultivars during postharvest storage. *Food Chemistry* 156: 319–325.
- Wang, X., Conway, P. L., Brown, I. L. ve Evans, A. J. (2002). *In vitro* utilization of amylopectin and high-amylose maize (Amylomaize) starch granules by human colonic bacteria, *Journal of Applied Microbiology*, 87, 631–639.
- Wang, Y. J. ve Wang, L. (2002). Characterization of acetylated waxy maize starches prepared under catalysis by different alkali and alkaline-earth hydroxides, *Starch/Stärke*, 54, 25–30.
- Wepner, B., Berghofer, E., Miesenberger, E., Tiefenbacher, K. ve Ng, P. K. W. (1999). Citrate Starch – Application as resistant starch in different food systems, *Starch/Stärke*, 51, 354-361.
- Whitham D. (2014). Nutrition management of diabetes in acute care. *Can J Diabetes*; 38: 90-93.

Yılmaz, E. ve Özkan, S. (2007). Üniversite Öğrencilerinin Beslenme Alışkanlıklarının İncelenmesi. Fırat Sağlık Hizmetleri Dergisi, Cilt:2, Sayı:6, s.87- 102

Zhang, H. ve Jin, Z. (2011). Preparation of products rich in resistant starch from maize starch by an enzymatic method Carbohydrate Polymers ,86, 1610–1614.



EKLER

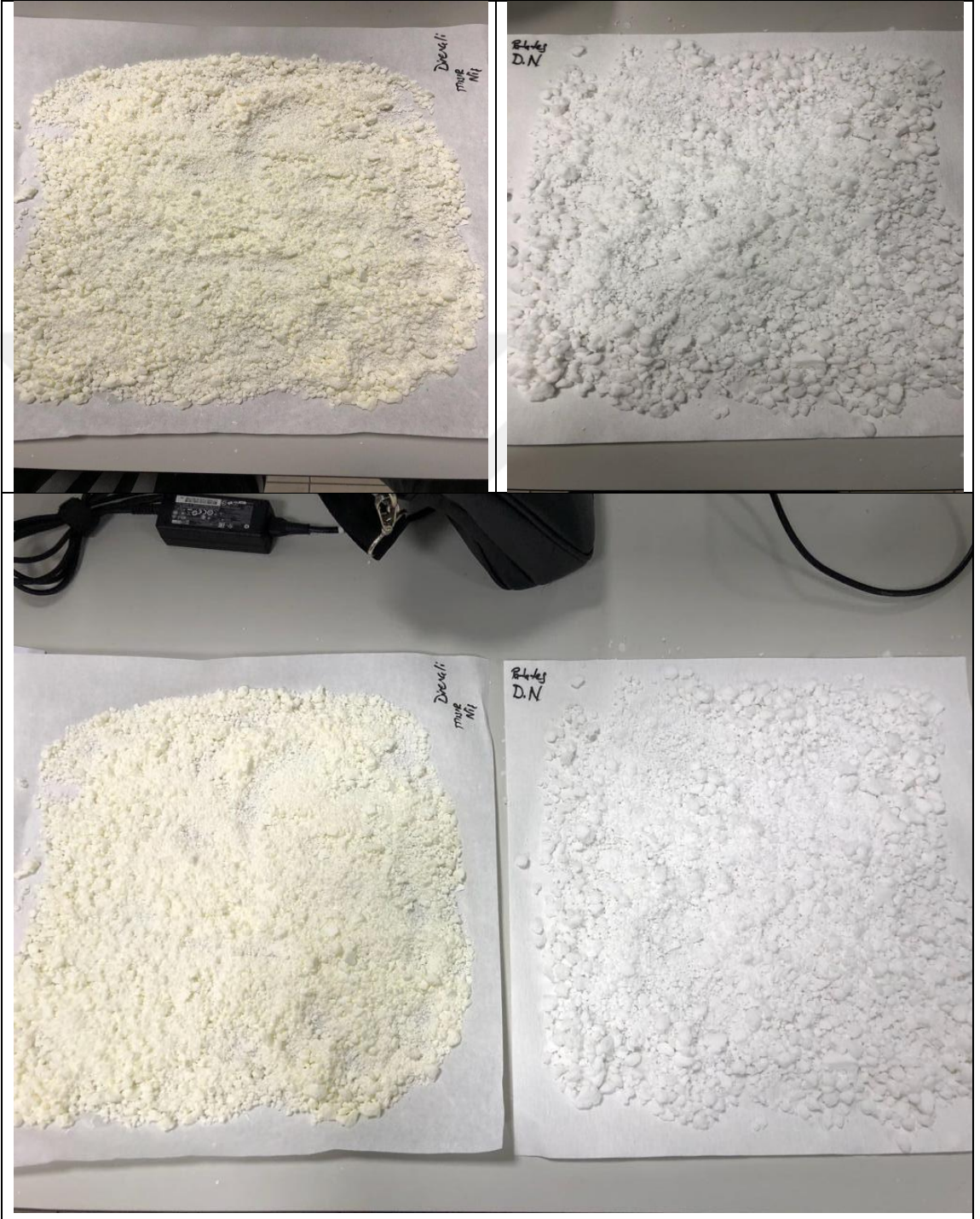
EK-1: Çalışmada Kullanılan Örneklerin Fotoğrafları

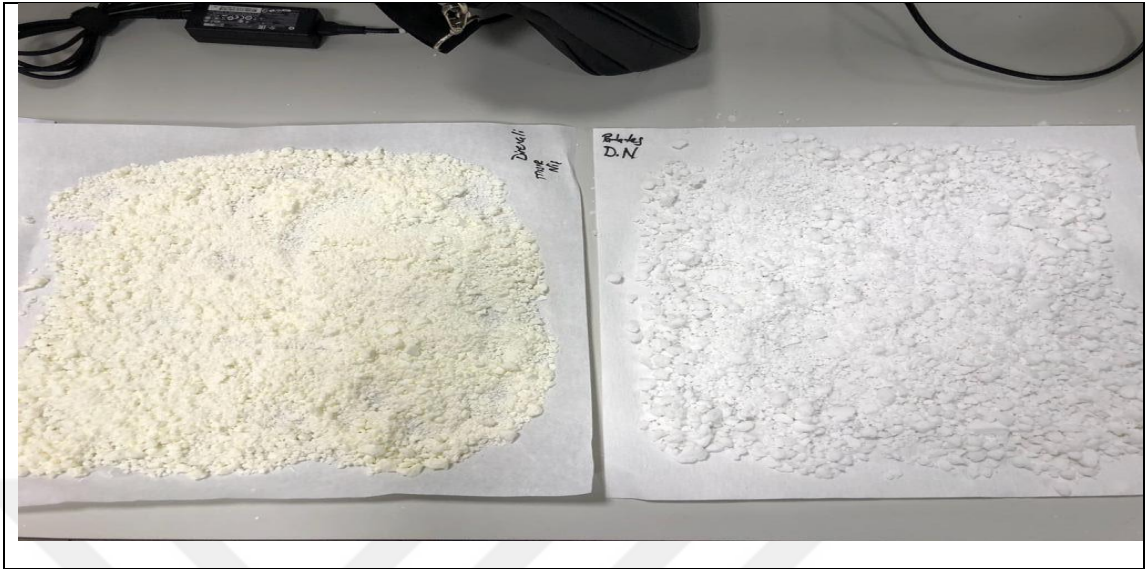






EK-2: Çalışmada Kullanılan Dirençli Nişasta Örnekleri





ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Tevfik Nargül 1989'da İstanbul'da doğdu. Beykent Üniversitesi Mesleki ve Teknik Yüksek Okulu Aşçılık bölümünden onur öğrencisi olarak 2011 yılında mezun oldu. 2012-2014 yılları arasında Bağcılar Engelliler Okulu'nda Özel Eğitim Öğretmeni olarak görev aldı. Bununla birlikte 2013 yılında Bağcılar Belediyesi işbirliğiyle ve engelli öğrencilerin desteğiyle Engellilere Yönelik Yemek Kitabı hazırlandı. Lefke Avrupa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik bölümünden yüksek onur öğrencisi olarak 2017 yılında mezun oldu. Lisans bitirme tezini Özel Gereksinimli Çocukların (Down Sendromlu ve Otizmlili Çocukların) Beslenmesi üzerine yazdı. 2016-2017 arası dönemde Kolon British Hospital başta olmak üzere birkaç farklı kurumda Stajyer Diyetisyen olarak çalıştı. Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik bölümünde yüksek lisans eğitimi tamamladı.