

**PİŞİRME SÜRESİ KISA OLAN EKMEK
ÇEŞİTLERİNDE NIŞASTANIN
JELATİNİZASYON VE SİNDİRİLEBİLİRLİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

MERYEM ÇAKIR

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
OCAK – 2016**

**PİŞİRME SÜRESİ KISA OLAN EKMEK
ÇEŞİTLERİNDE NİŞASTANIN
JELATİNİZASYON VE SİNDİRİLEBİLİRLİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

MERYEM ÇAKIR

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Danışman
Doç. Dr. Sedat SAYAR**

**MERSİN
OCAK – 2016**

Meryem ÇAKIR tarafından Doç. Dr. Sedat SAYAR danışmanlığında hazırlanan “Pişirme Süresi Kısa Olan Ekmek Çeşitlerinde Nişastanın Jelatinizasyon ve Sindirilebilirlik Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ

Doç. Dr. Sedat SAYAR

Yrd. Doç. Dr. Levent Yurdaer AYDEMİR

İmza
.....
.....
.....

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15./01./2016 tarih ve 2016.2...../127..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

PIŞİRME SÜRESİ KISA OLAN EKMEK ÇEŞİTLERİNDE NİŞASTANIN JELATİNİZASYON VE SİNDİRİLEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

MERYEM ÇAKIR

ÖZ

Bu çalışmanın temel amacı, kısa pişirme süresine sahip geleneksel ekmek çeşitlerinde (lavaş, bazlama, Suriye ekmeği, sac ekmeği), nişastanın jelatinizasyon ve sindirilebilirlik özelliklerinin belirlenmesidir.

Çalışmanın ilk aşamasında yassı ekmekler olarak bilinen bu ekmeklerin üretim teknolojileri araştırılmıştır. Devamında Differential Scanning Calorimeter (DSC) kullanılarak örneklerin jelatinizasyon özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra ekmek örneklerinin toplam nişasta içeriği, *in vitro* nişasta sindirilebilirlik fraksiyonları ve tahmini glisemik indeks (tGI) değerleri belirlenmiştir.

DSC analizi sonuçlarına göre yufka hariç, ekmek çeşitlerinde nişasta jelatinizasyon piki oluşmamıştır. Yufkanın jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı 62,1°C; pik sıcaklığı 67,2°C; jelatinizasyon bitiş sıcaklığı 73,4°C; jelatinizasyon entalpisi 2,92 J/g olarak belirlenmiştir. Toplam nişasta içerikleri kuru örnek bazında %71,8-75,5 aralığında olduğu belirlenmiştir. Nişastanın sindirilebilirlik analizlerine göre hızlı sindirilen nişasta (HSN) en baskın nişasta fraksiyonu olarak belirlenmiştir. HSN, jelatinize olmuş ekmeklerde %50,8-57,1; kısmen jelatinize olmuş yufkada %43,2 olarak belirlenmiştir. Lavaş, bazlama, Suriye ekmeği, sac ekmeği ve yufkanın tGI_G değerleri sırasıyla; 90,2; 94,0; 92,5; 91,9 ve 85,1 olarak hesaplanmış ve bütün bu ekmeklerin yüksek glisemik indeksli (GI) gıdalar sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekmek, Nişasta, Jelatinizasyon, Glisemik indeks

Danışman: Doç. Dr. Sedat SAYAR, Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

DETERMINATION OF STARCH GELATINIZATION AND DIGESTIBILITY IN BREAD TYPES THAT HAVE SHORT BAKING TIME

MERYEM ÇAKIR

ABSTRACT

The main purpose of this study was the determination of the gelatinization and digestibility properties of starch in traditional bread types (lavas, bazlama, Suriye, sac) that have short baking time.

Firstly, the literature research about the processing methods of the bread samples that known flat breads, used in this study, were reviewed. In continuation, the gelatinization properties of the samples were determined by using Differential Scanning Calorimeter (DSC). Then, the total starch content, *in vitro* starch digestibility fractions and the estimated glycemic index of the samples were determined.

According to DSC analysis, no starch gelatinization peak was observed in all the bread samples, except yufka sample. Onset (To), peak (Tp) and conclusion (Tc) of gelatinization of yufka were determined as 62.1°C, 67.2°C and 73.4°C, respectively, with the gelatinization enthalpy of 2.92 J/g. Total starch content of the samples were found to be between 71.8-75.5% on dry matter basis. According to the starch digestibility analysis, rapidly digestible starch was found to be the highest fraction among starch fractions. This fraction was between 50.8-57.1% in the fully gelatinized samples and 43.2% in the partially gelatinized yufka sample. Calculated estimated glycemic index of the lavas, bazlama, Suriye, sac and yufka were 90.2, 94.0, 92.5, 91.9 and 85.1% respectively. According to these findings all the analysed bread samples can be categorised as high glycemic index (GI) foods.

Key Words: Bread, Starch, Gelatinization, Glycemic Index

Advisor: Assoc. Prof. Sedat SAYAR, Mersin University, Department of Food Engineering

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca çalışmalarımın her aşamasında bilgileriyle beni yönlendiren ve bana her konuda yardımcı olan değerli tez hocam Doç. Dr. Sedat SAYAR'a en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmalarında sundukları imkanlardan ve yardımlardan dolayı Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne ve Bölüm Başkanı Prof. Dr. H. İbrahim EKİZ'e en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Yardımlarından dolayı sevgili arkadaşlarım Sultan Damla BİLGİLİ, Özge DURKAN, Müge KEÇELİ ve Duygu GÜRASLAN' a,

Çalışmam boyunca bana sağladıkları motivasyon ve destekleri nedeniyle tüm öğretim üyesi hocalarıma ve arkadaşlarıma,

Projemize destek sağlayan Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığına (BAP-FBE GMB (MÇ) 2014-1 YL),

Varlıklarıyla, sevgileriyle her daim bana güç veren teşekkürlerin en büyüğünü hak eden sevgili anneme, babama, kardeşlerime sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. PİŞİRME SÜRESİ KISA OLAN EKMEK ÇEŞİTLERİ	3
2.2. YASSI EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMUR BİLEŞENLERİ	4
2.2.1. Un.....	4
2.2.2. Su	5
2.2.3. Tuz	6
2.2.4. Maya.....	6
2.3. EKMEK ÜRETİMİ	7
2.3.1. Yoğurma.....	7
2.3.2. Hamurun Fermantasyonu	8
2.3.3. Şekil Verme.....	9
2.3.4. Pişirme ve Fırınlama	9
2.3.5. Dinlendirme ve Soğutma.....	10
2.4. YASSI EKMEKLER VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ	10
2.4.1. Lavaş	10
2.4.2. Bazlama.....	11
2.4.3. Sac Ekmeği.....	12
2.4.4. Yufka.....	12
2.4.5. Suriye Ekmeği.....	13
2.5. NİŞASTA	14
2.5.1. Nişastanın Kimyasal Yapısı	14
2.5.2. Nişastanın Jelatinizasyonu ve Retrogradasyon	15
2.5.3. Nişastanın Sindirimi.....	16
2.5.4. Glisemik İndeks	18

2.5.4.1. Glisemik İndeksi Etkileyen Faktörler	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	23
3.1. MATERYAL	23
3.1.1. Hammadde	23
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar	24
3.2. YÖNTEM.....	24
3.2.1. Kimyasal Bileşim Analizleri	24
3.2.2. Toplam Nişasta Analizi.....	25
3.2.3. Nişastanın Jelatinizasyon Özelliklerinin Belirlenmesi.....	26
3.2.4. Nişastanın Sindirilebilirlik Özellikleri Analizi	27
3.2.5. Tahmini Glisemik İndeks Belirleme Analizi	28
3.2.6. İstatistiksel Değerlendirme	30
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	31
4.1. KİMYASAL BİLEŞİM.....	31
4.2. ÖRNEKLERİN TOPLAM NİŞASTA İÇERİKLERİ.....	32
4.3. ÖRNEKLERİN JELATİNİZASYON ÖZELLİKLERİ.....	34
4.4. ÖRNEKLERİN SİNDİRİLEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİ.....	36
4.5. ÖRNEKLERİN TAHMİNİ GLİSEMİK İNDEKS DEĞERLERİ.....	38
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ.....	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Ekmek örneklerinin kimyasal bileşimi	31
Çizelge 4.2. Ekmek örneklerinin toplam nişasta içerikleri	33
Çizelge 4.3. Ekmek örneklerinin hızlı sindirilen nişasta (HSN), yavaş sindirilen nişasta (YSN) ve dirençli nişasta (DN) içerikleri	36
Çizelge 4.4. Ekmek örneklerine ait denge konsantrasyonu (C_{∞}), kinetik sabit (k), hidroliz eğrisi altında kalan alan (EAA180)	40
Çizelge 4.5. Ekmek örneklerinin Hidroliz İndeks (HI) ve tahimini Glisemik İndeks değerleri (tGI)	41



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Amiloz molekülünün yapısı.....	14
Şekil 2.2. Amilopektin molekülünün yapısı.....	15
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan somun ekmeği ve lavaş	23
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan bazlama ve sac ekmeği.....	23
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan Suriye ekmeği ve yufka.....	24
Şekil 4.1. Ekmek örneklerinin DSC termogramları	34
Şekil 4.2. Yufkanın DSC termogramı	35
Şekil 4.3. Ekmek örneklerinin toplam nişasta hidroliz eğrileri.....	39



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

EAA	: Hidroliz eğrisi altındaki alan
ΔH	: Jelatinizasyon Entalpisi (J/g)
C_{∞}	: Denge anındaki sindirilebilir nişasta konsantrasyonu
DN	: Dirençli Nişasta
DSC	: Differential Scanning Calorimetry
G30	: 30. dakikadaki glikoz miktarı
G120	: 120. dakikadaki glikoz miktarı
Hİ	: Hidroliz İndeksi
HSN	: Hızlı Sindirilen Nişasta
k	: Kinetik sabit
T_0	: Jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı, °C
T_C	: Jelatinizasyonun bitiş sıcaklığı, °C
T_p	: Jelatinizasyon pik sıcaklığı, °C
tGİ	: Tahmini Glisemik İndeks
TN	: Toplam nişasta
YSN	: Yavaş sindirilen nişasta

1. GİRİŞ

Ekmek yüzyıllar boyunca insanoğlunun beslenmesinde önemli bir yer tutmuştur. Günlük besin ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli bir yere sahiptir. Türkiye’de kişi başına ortalama ekmek tüketimi 400 g/gün olup, bir kişinin günde yaklaşık iki ekmek tükettiği belirtilmektedir [Demir ve Kartal, 2012]. Ekmek geleneksel bir alışkanlığımız olmasının yanı sıra, ülkemizde yöreden yöreye çeşitlilik gösteren oldukça fazla ekmek çeşidi bulunmaktadır. Ekmekler hacim değerlerine göre sınıflandırıldığında pişirme süresi kısa olan ekmek çeşitleri yassı ekmekler sınıfında yer almaktadır [Quarooni, 1996]. Gıda sanayisinin gelişimi ve tüketicilerin farklı ürün tüketim arayışları sonucu bu ekmek çeşitleri yaygın olarak tüketilmektedir.

Dünya genelinde sağlıklı yaşam ve beslenme arasındaki ilişki göz önüne alınarak yapılan araştırmalarda farklı sonuçlar ortaya konmaktadır. Günümüzde sağlıklı beslenme ve bazı hastalıkların kontrolünde kullanılan yöntem, kan glikoz düzeyini dengelemektir. Kan glikoz düzeyine en büyük etkisi olan diyet bileşeni karbonhidratlardır. Gıdalarda bulunan karbonhidratların miktarı, türü ve sindirim özellikleri kan glikoz düzeyini etkileyebilmektedir. Glisemik indeks, diyet karbonhidratlarının beslenme sağlığı açısından değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntem olup, *in vitro* koşullarda nişastanın hidrolizi üzerinden belirlenebilmektedir. Temel karbonhidrat kaynağımız olan nişastanın sindirilebilirliği, yapısına ve işleme koşullarına önemli derecede bağlıdır. İnsan sindirim sisteminde nişastanın sindirilebilirliği; hızlı sindirilme, yavaş sindirilme ve hiç sindirilememe arasında değişiklik göstermektedir [Englyst vd., 1992]. Bunların arasında, son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalarla beslenme sağlığı açısından birçok yararı olduğu ortaya konulmuş olan yavaş sindirilen nişasta (YSN) ve dirençli nişasta (DN) giderek daha büyük önem kazanmaya başlamıştır.

Bu çalışmada ülkemizde üretilen ve son zamanlarda sıkça tüketilen lavaş, bazlama, sac ekmeği ve Suriye ekmeği gibi pişirme süresi kısa olan ve muhtemelen nişasta jelatinizasyonunun tamamlanmamış olduğu yassı ekmek çeşitlerinde nişastanın jelatinizasyon özelliklerinin, sindirilebilirlik özelliklerinin ve glisemik

indeks değerlerinin araştırılması hedeflenmektedir. Yukarıda belirtilen ekmeklerde öncelikle kimyasal bileşim analizleri, jelatinizasyon özelliklerinin belirlenmesi analizleri, toplam nişasta analizleri yapılmıştır. Daha sonra ekmeklerin *in vitro* koşullarda enzimatik hidroliziyle, beslenme sağlığı açısından önemli nişasta fraksiyonları belirlenmiş ve zamana bağlı çizilen toplam nişasta hidroliz eğrileri kullanılarak örneklerin tahmini glisemik indeks (tGI) değerleri belirlenmiştir. Böylece ülkemizde üretilen pişirme süresi kısa olan bu ekmeklerin, yapılarındaki nişastanın jelatinizasyon ve sindirilebilirlik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. PİŞİRME SÜRESİ KISA OLAN EKMEK ÇEŞİTLERİ

Buğday, mısır, çavdar ve arpa gibi tahılların unları, maya, tuz, su ve katkı maddesi gibi bileşenlerin belli oranlarda karıştırılıp, yoğurulması ve uygun ortamda belli süre fermantasyona bırakılmasından sonra pişirilmesiyle elde edilen temel gıda maddesine ekmek denilir [Elgün ve Ertugay, 1995]. Bu çalışmada ekmek denildiğinde buğday unundan üretilmiş ekmek esas alınacaktır.

Türk Gıda Kodeksi, “Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği” ’ne (Tebliğ No:2012/2) göre;

Ekmek; Buğday ununa; su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğurulması, şekillendirilmesi, fermentasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürünü,

Ekmek çeşitleri; Ekmek tanımında geçen bileşenlere ilave olarak tahıl ürünlerini ve istenildiğinde çeşni maddelerini de içeren ve tekniğine uygun olarak üretilen ekmekler olarak tanımlanmaktadır [Anonim, 2012].

Ekmekler spesifik hacim değerleri dikkate alınıp sınıflandırıldığında, üç farklı gruptan bahsedilir. Bunlar;

1. Yüksek hacimli ekmekler; tava ekmekleri
2. Orta düzeyde hacimli ekmekler; çavdar ekmeği, Fransa
3. Düşük hacimli ekmekler; Orta Doğu ve Hindistan [Köten, 2007; Quarooni, 1996].

“Flat Bread” olarak bilinen yassı ekmek çeşitleri dünya çapında oldukça popülerdir. Dünya genelinde yassı ekmek çeşitlerini tüketen insan sayısı 1,8 milyarın üzerindedir. Amerika’da yaygın olarak mısır ve buğdaydan üretilen

“tortilla” ekmeği, Avrupa ülkelerinde “pizza”, “focaccia”, “ciabatta”, ve “pita”, İskandinav ülkelerine bakıldığı zaman çavdar, arpa, buğday gibi hububatlardan üretilen gevrek yassı ekmek çeşitleri yaygındır. Kuzey Afrika ülkelerinde “khobz el-daar”, “baladi”, “kisra”, “shamsi”, “injera” ve “manyother” popüler yassı ekmeklerdendir. Bangladeş, Hindistan, Afganistan, Pakistan ve Çin’in bir kısmında tüketilen ekmek çeşitleri “chapati”, “tandoor”, “naan”, “dosai” kitleler için önemli besin kaynağıdır [Quarooni, 1996]. Tez kapsamında incelenen pişirme süresi kısa ekmek çeşitleri; bazlama, lavaş, sac ekmeği, Suriye ekmeği düşük hacimli yassı ekmeklerdendir.

Yassı ekmekler, yüksek hacimli tava ekmeklerinden farklı özelliklere sahiptirler. Bu ekmeklerin spesifik hacmi düşük, gevrekliği fazla olup, hamurun mayalanmasıyla üretilen yassı ekmeklerde fermantasyon süresi daha kısadır. En önemli farklılık yüksek sıcaklık ve kısa pişirme süresinden kaynaklanan üretim yöntemleridir. Bu ekmek çeşitleri üretildiklerinde yumuşak ve elastiki bir yapıya sahip olup oda sıcaklığında zaman geçtikçe sertleşmekte ve hızla bayatlamaktadır [Coşkun vd., 1999]. Quarooni (1996) yassı ekmekleri tek katlı ve çift katlı olarak gruplandırmıştır. Lavaş, bazlama ve sac ekmeği tek katlı, Suriye ekmeği denilen Arabic pita çift katlı yassı ekmek çeşitlerindedir.

2.2. YASSI EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMUR BİLEŞENLERİ

2.2.1. Un

Ekmeğin temel bileşeni olan un; temizlenmiş ve tavllanmış buğdayın öğütülmesiyle elde edilir. Yarı işlenmiş bir gıda olarak sınıflandırılan undaki temel bileşenler; karbonhidrat, protein, yağ, selüloz ve sudur [Lazsisty, 1986; Pyler, 1988].

Unda bulunan proteinler çözünür ve çözünmez proteinler olarak ikiye ayrılmıştır. Çözünmez proteinlerden olan gliadin ve gluten hamurun yoğrulması sırasında özü meydana getirmektedir. Gluten, mayalar tarafından üretilen CO₂'yi

hamur içerisinde tutarak ekmeğin kabarmasına ve gözenekli bir yapıya sahip olmasına etki eden önemli bir proteindir [Hoseney, 1983].

Nişasta, unda bulunan temel karbonhidrattır. Unun %65-70'ini oluşturan nişasta, amiloz ve amilopektin olmak üzere iki farklı molekülden meydana gelmektedir. Nişastanın yapısındaki amiloz/amilopektin oranı gıdanın fonksiyonel özellikleri açısından oldukça önemlidir. Amiloz ve amilopektin içeriği ve yapısı; nişastanın granül yapısını, jelatinizasyon ve hamurlaşma profilini ve dokusal özelliklerini etkilemektedir. Unda bulunan diğer karbonhidratlar ise pentozanlar ve selüloz ile bazı monosakkaritler ve oligosakkaritlerdir [Ercan, 1990]. Lipitler unda az bulunmalarına rağmen ekmek kalitesi ve hacmi üzerinde önemli etkiye sahiptirler [Özer, 1998].

Yassı ekmek üretiminde genellikle %80 veya altındaki oranlarda ekstraksiyona sahip olan unlar tercih edilmekte, kırsal kesimlerde yapılan üretimlerde bu oran %90'a kadar yükselmektedir [Coşkun vd., 1999]. Yassı ekmek üretiminde kullanılan unların su absorpsiyon özellikleri de geniş aralıkta değişim göstermektedir. Yüksek hacimli ekmek üretiminde unların su absorpsiyonu %60-65 aralığında değişirken yassı ekmek üretiminde bu oran %38-85 aralığındadır. Yassı ekmeklerin bir diğer özelliği de fonksiyonel olmayan katkılara daha toleranslı olmalarıdır [Coşkun vd., 1999]. Diyet lifi içeriği yüksek ekmek çeşitlerine olan ilginin artmasıyla, ekmek formülasyonlarına farklı hububatların unları ve kepekleri eklenmektedir. Başman ve Köksel (2001) tarafından yapılan çalışmada, yufka (sac ekmeği) formülasyonuna ilave edilen arpa unu ve kepeğin, yufkanın duyuşal özelliklerinde ve renginde kabul edilebilir değişikliğe sebep olduğu belirlenmiştir.

2.2.2. Su

Su, hamuru oluşturan bileşenlerin karışmasını ve birbirleriyle etkileşime girmelerini sağlayan önemli hamur bileşenidir. Bunun yanı sıra hamura istenilen visko-elastik yapıyı kazandıran, fermantasyonun başlamasına ve devam etmesine

yol açan ve son ürün kalitesi üzerinde etkisi olan temel bir bileşendir. Birçok organik ve inorganik madde için çözücü olan su; hamurda tuz, şeker ve çözünen proteinler gibi hidrofilik bileşenleri çözer ve suda çözünmeyen proteinleri hidrate ederek gluten oluşmasında önemli rol oynar [Elgün ve Ertugay, 1995].

Ekmek üretiminde su, kaliteye etki eden önemli bir bileşendir. Una ilave edilen su miktarına ekmek teknolojisinde unun su kaldırma kuvveti denir. Protein ve zedelenmiş nişasta miktarı fazla olan unların su kaldırma kuvveti de aynı oranda fazla olur. Ekmek üretiminde su kaldırma kuvveti ekonomik olarak oldukça önemlidir. Unun kaldırabileceğinden fazla su ilave edildiği zaman hamur cıvık ve yapışkan olur ve kayıplara sebep olur. Ekmek hamuru yapımında kullanılan suyun sertliği de ekmek kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir ve en uygun su, orta sertlikteki sudur [Kalkışım vd., 2012].

2.2.3. Tuz

Ekmek hamurunun önemli bileşenlerinden birisi olan tuzun ekmeğe tat vermesinin yanı sıra proteazların etkinliğini azaltarak gluteni kuvvetlendirici etkisi vardır. Ayrıca, fermantasyon sırasında mayanın çalışmasını dolayısıyla gaz oluşumunu ve hamurun olgunlaşmasını düzenler [Blanshard vd., 1988]. Tuzun ekmek içi su aktivitesini düşürerek mikrobiyal bozulmayı geciktirici ve küf gelişimini engelleyici etkisi de vardır [Elgün ve Ertugay, 1995]. Ekmek yapımında kullanılacak tuz; ince, temiz, parlak, beyaz olmalı, suda çözünürlüğü yüksek olmalı ve yabancı madde içermemelidir [Özer, 1998].

2.2.4. Maya

Yassı ekmek üretiminde maya kullanımı hacimli ekmek üretimine kıyasla daha kısıtlıdır. Çift katlı yassı ekmeklerin üretim prosesinde maya ve mayanın oluşturduğu CO₂'nin önemi fazladır [Quarooni, 1996]. Fermantasyon sonucu mayaların oluşturduğu CO₂, hamurun kabarmasını, fermantasyon ürünü diğer maddeler de hamurun olgunlaşmasını ve aroma oluşmasını sağlar. Ekmek mayası

tek hücreli bir mikroorganizma olan *Saccharomyces cerevisiae*'dir [Kent, 1984]. Ekmek mayası kendine has tatta olmalı, içerisinde gözle görülebilen yabancı madde bulunmamalı, bozuşmuş veya kokuşmuş olmamalıdır [Elgün ve Ertugay, 1995].

2.3. EKMEK ÜRETİMİ

Unun mayalama yoluyla ekmeğe işlenmesinde beş temel aşama göze çarpmaktadır. Bunlar; yoğurma, fermantasyon, şekil verme, pişirme ve fırınlama, dinlendirme ve soğutmadır [Kalkışım vd., 2012].

2.3.1. Yoğurma

Ekmek hamuru; un, su, maya, tuz ve diğer bileşenlerin homojen bir karışım meydana getirmesiyle elde edilmektedir. Yoğurma kabına alınan elenmiş una kaldırabileceği kadar su, yeterli oranda maya ve tuz ilave edilip homojen bir karışım elde edilene kadar karıştırma işlemine yoğurma denilmektedir. Yoğurma aşaması ekmek üretiminde önemli basamaklardan birisidir. Hamurun her kısmında aynı fiziksel ve kimyasal özellikler görülene kadar yoğurma işlemine devam edilmelidir. Proteine elastikiyet ve su absorbe etme gibi kendine has özelliklerini kazandıracak yoğurma süresinin ekmek kalitesine etkisi son derece önemlidir. Yoğurma işlemi tamamlanan hamur hem katı hem de sıvı maddenin özelliklerini gösterir. Hamurun elastik yapısı bünyesinde bulunan proteinlerden, şekil alma özelliği nişastadan, akıcılık özelliği ise sudan kaynaklanmaktadır [Kalkışım vd., 2012].

Yoğurma süresi ekmek üretiminde önemli bir parametredir. Yoğurma süresi; unun kuvvetine, unun randımanına, kullanılan yoğurucu tipine, hamur miktarına göre değişmektedir. Yeterli yoğurma işleminin uygulandığı hamurların gaz tutma yeteneği fazla, işlenmesi kolay ve ekmek içi iyi nitelikte olur. Hamur gereğinden daha kısa süre yoğrulduğunda, gluten gelişimini tamamlayamayacağından hamur yapışkan ve elastik olmayan bir yapı kazanır ve bu hamurların işlenmesi zordur. Hamur uzun süre yoğrulduğunda ise yapışkan bir

özellik göstereceğinden böyle hamurların ekmekleri küçük hacimli, ekmek içi sıkı, rengi açık ve gözenekleri ince olur [Elgün ve Ertugay, 1995].

2.3.2. Hamurun Fermantasyonu

Ekmek üretiminde fermantasyon esnasında gerçekleşen olay; mayanın, şekerlerden CO₂, alkol, aldehit ve organik asit meydana getirmesidir. Fermantasyon ile meydana gelen CO₂, hamur içerisinde birikerek hamurun kabarmasını; aldehitler, alkoller ve organik asitler ise ekmeğe özgü tat ve aromanın oluşmasını sağlar. Bunların yanında mayanın diğer bir görevi de hamurun fiziksel özelliklerini etkileyerek glutenin kollodial yapısını değiştirmektir. Glutenin elastikiyetinin artmasıyla CO₂ gazını tutmaya daha dayanıklı hale gelir [Ünal, 1991]. Yüksek hacimli ekmek üretiminde hamura uygun şartlarda optimum fermantasyon uygulamanın önemi fazladır. Hamura uygulanan fermantasyon süresi; hamur miktarına, ortamın sıcaklığına ve pH'sına, unun özelliklerine ve maya miktarına bağlıdır. Ortam sıcaklığı düşük ise mayanın gelişim süresi uzar ve fermantasyon gecikir, yüksek sıcaklıklarda ise fermantasyon hızla gerçekleşir ancak bu durumda da yabani mayalar, laktik asit ve asetik asit bakterileri küf ve rop organizmalarının üreme riski artar ve ekmek kalitesi için negatif durumlar ortaya çıkar [Elgün ve Ertugay, 1995]. Çift katlı yassı ekmek üretiminde fermantasyon oldukça önemlidir. Bu ekmek çeşitlerinin alt ve üst yüzeylerinin birbirinden ayrılması, fermantasyon sonucu oluşan CO₂ gazının, buhar ile birlikte ekmek yüzeylerine baskı yapmasıyla oluşur [Quarooni, 1996].

Ekmek üretiminde fermantasyon ön fermantasyon ve son fermantasyon olmak üzere iki aşamada uygulanır. Hamurun yoğrulmasından kesme-şekil verme işlemine kadar olan sürede uygulanan fermantasyona, ön fermantasyon adı verilir. Ön fermantasyonun tek katlı yassı ekmek çeşitlerinde amacı hamurun dinlenmesi ve hamurun olgunlaşmasını sağlamaktır. Dinlendirilen hamurların yapısı düzgün olur ve şekil verme rahatlıkla yapılır. Hamurlara kesme-şekil verme işlemi uygulandıktan sonra fırına atılıncaya kadar geçen süreye son fermantasyon denilir.

Bu aşamanın amacı, hamurun kabarması ve gözenek yapısının oluşmasını sağlamaktır [Kalkışım vd., 2012].

2.3.3. Şekil Verme

Hamura şekil verme son fermantasyondan önce uygulanır [Kalkışım vd., 2012]. Mayasız yassı ekmeklerde yoğurulma işleminden sonra hamurların şekli verilir. Üretilen yassı ekmek çeşidine göre hamurlara kendine özgü şekli verilmektedir. Her bir ekmek çeşidi için optimum aralıklarda belirlenmiş bir kalınlık aralığı olup, üretim esnasında kalınlıktaki değişimlerin ekmeğin kalitesini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Suriye ekmeği olarak bilinen çift katlı ekmekte hamurun kalınlığı 2 mm olduğunda kabarma meydana gelmediği, kalınlık 5-7 mm çıkarılınca tipik ekmek içi özelliğine sahip ekmek üretildiği belirtilmiştir [Coşkun vd., 1999]. Geleneksel üretilen yassı ekmek çeşitlerinde şekil verme işlemi el ile yapılmakta, gelişen teknoloji ile bu ekmek çeşitlerinin üretimi de makinalar ile yapılmaktadır.

2.3.4. Pişirme ve Fırınlama

Şekli verilen hamurların yapısındaki suyun uçurulması, dayanıklı hale getirilmesi ve lezzetli ekmeklerin elde edilmesi için hamurlar pişirilir. Pişirme esnasında, mayanın etkisiyle oluşan CO₂ ve ortamda bulunan buhar etkisiyle hamur genişlemeye başlar ve maya faaliyeti hızlanır. Hamur içerisinde bulunan proteinlerin oluşturduğu gluten ağı, CO₂'yi tutarak hamurun şekil almasını sağlar. Pişirme esnasında gelişen olaylardan birisi nişastanın jelatinizasyonudur. Nişasta bağıl nemi yüksek ortamda ısının etkisiyle suyu emer, genişir ve daha dayanıklı bir yapıya dönüşür. Nişasta jelatinizasyonu 60°C'den itibaren başlar. Pişirme esnasında sıcaklığın doğru ayarlanması oldukça önemlidir, yüksek hacimli ekmek üretiminde, ortam sıcaklığının çok fazla olması düşük hacimli, katı iç özelliklere sahip ekmek üretilmesine sebep olur. Pişirmenin son aşamasındaki kabuk oluşumu esnasında, ekmek yüzeyinden nem kaybı olur böylece kabuk kurur. Şekerlerin

karamelizasyonu ve maillard reaksiyonu ile de kabuk kızarır ve ekmeğe has tat ve koku oluşur [Kalkışım vd., 2012].

2.3.5. Dinlendirme ve Soğutma

Ekmek hamuru pişirilip son ürün ekmek oluşuktan sonra, fırından çıkarılan ekmek, hava alan bir ızgaranın üzerinde dinlendirilmeye bırakılır. Bu süreçte sıcaklık ve mayalanma ile oluşan nem ve alkol fazlası dışarıya atılır. Ekmek, sıcak fırında soğumaya bırakılırsa kabuğu kurur, sertleşir, ya da soğutma esnasında hava alamazsa terler ve yumuşama görülür [Kalkışım vd., 2012].

2.4. YASSI EKMEKLER VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Önceleri kırsal kesimlerde tüketimi yaygın olan geleneksel yassı ekmeler, son zamanlarda büyük şehirlerde birçok marketin unlu mamuller raflarında satışa sunulmakta, bunun yanı sıra birçok restoranda servis edilmektedir. Üretim teknolojileri yöreden yöreye farklılık gösterdiği bilinen bu ekmeklerin üretim yöntemleri üreticilerden alınan bilgiler doğrultusunda belirlenmiştir.

2.4.1. Lavaş Ekmek

Mayalı hamurdan yapılan hamurların kızgın tandır duvarlarına yapıştırılmasıyla pişirilen ekmek türüdür. Lavaş ekmek genellikle Erzurum, Sivas, Kars, Muş, Konya, Erzincan gibi yörelerde yapılır. Lavaş, Elazığ yöresinde “tandır ekmeği” olarak bilinmektedir [Barın, 1982].

Lavaş geleneksel yassı ekmekler sınıfına giren bir üründür. Su, un, maya ve tuz ile üretilen lavaş ekmek yiyecek sektörünün gelişmesi ve geleneksel ekmek kültürünün ticari olarak büyükşehirlerde yaygınlaşması ile birlikte ayrı bir sektör haline gelmiştir. Lavaş, günümüzde Türk usulü fast-food gıdaların hazırlanmasında da vazgeçilmez bir ekmek çeşididir. Döner, kebab, tantuni ve çiğköfte gibi gıdalar lavaş ekmek arasında servis edilmektedir. Lavaş ekmeğinin şekli, uzunluğu,

genişliği, kalınlığı farklı aralıklarda değişmektedir. Literatür çalışmalarında hamurun fiziksel özelliklerinin 30-70 cm uzunluğunda, 10-40 cm genişliğinde, 2 mm-1,5 cm kalınlık aralıklarında değişim gösterdiği belirtilmiştir [Quail, vd., 1991; Quarooni, 1996; Tekeli, 1970]

Lavaş ekmeğinin üretiminde; 100 kg una 60 litre su, 600 g tuz ve 1 kg maya ilave edilip hamur yoğurma makinesinde hamur gelişimi optimum olana kadar yoğurma işlemi uygulanır. Yoğurma işlemi kırsal kesimlerde elle yapılırken, toplu üretimin yapıldığı yerlerde bu işlem makinelerle uygulanır. Yoğrulan hamurlar 30°C’de 30-60 dakika ön fermantasyona bırakılır. Fermantasyon sonrası hamur isteğe göre farklı büyüklükte genellikle 150-200 g ağırlığında olacak şekilde kesilir. Hamur kesimi makineyle, bıçak veya elle kopartılarak yapılır, kesilen hamurlar yuvarlanır beze haline getirilir. Bu hamurlar son fermantasyon için 30°C’de 5-10 dakika dinlendirilir. Daha sonra hamurlar merdane veya makine yardımıyla oval olacak şekilde 1,8 mm olacak şekilde açılır. Hamurlar 350°C sıcaklığındaki taş fırınlarda yaklaşık 30 saniye pişirilir.

2.4.2. Bazlama

Mayalı hamurdan yapılan hamurun yassı hale getirilip, kızgın sac üzerinde pişirilmesiyle üretilen ekmek türüdür. Türkler tarafından yüzyıllardır farklı malzemeler kullanarak yapılıp tüketilmektedir. Yöreden yöreye farklılık gösteren bazlama, Denizli’de mısır ve buğday unu karıştırılarak yapılmaktadır [Halıcı, 1981]. Bazlamaya Eskişehir’de “tapıl”, Aydın’da “bezdirme”, Isparta’da ve Denizli’de “bazdırma” denilmektedir [Oğuz, 1976; Halıcı, 1983].

Bazlamanın üretiminde; 100 kg una 70 litre su, 600 gram tuz ve 1,5 kg maya ilave edilip hamur yoğurma makinesinde hamur gelişimi optimum oluncaya kadar devam edilir. Yoğrulan hamurlar 1-2 saat arası ön fermantasyona bırakılır, ön fermantasyon süresi lavaşa göre uzundur. Dinlenmiş hamurlar 150-200 g ağırlığında kesilir ve yuvarlanır ve 5-10 dakika dinlendirilir. Hamurlar merdane yardımıyla veya makine ile 15-20 cm çapında yuvarlak, ince yapılacak ise 4-5 mm

inceliğinde, daha kalın yapılacak ise 1 cm olacak şekilde açılır. Bu çalışmada incelenen bazlama, kalınlığı 30 mm olacak şekilde açılarak, kızgın sac üzerinde 250-300°C’de 5-7 dakika pişirilerek üretilmiştir.

2.4.3. Sac Ekmeği

Anadolu’da yaygın olarak yapılan sac ekmeği geleneksel Türk mutfağının önemli yassı ekmek çeşitlerinden birisidir. Bazı yörelerde yufka ekmek olarak adlandırılır. Türkmen dilinde yufka her şeyin incesi demektir ve Kâşgarlı Mahmud’un Divân-ı Lügati’t-Türk sözlüğünde “yuvga” olarak belirtilmektedir [Oğuz, 1976]. Sac ekmek Anadolu’da hala yaygın bir şekilde üretilmektedir. Küçük yerleşim yerlerinde sabahın erken saatlerinde tandır evi denilen ocaklarda toplanan halk sac ekmeğini topluca üretir. Bir gün önceden hazırlanıp dinlendirilmeye bırakılan hamurlar açılır, açılan hamurlar sac üzerinde, içerisindeki su uzaklaşana kadar çift taraflı pişirilir ve pişirilen ekmekler üst üste istiflenerek depolanır. Küçük yerleşim yerlerinde halk çarşı ekmeği diye isimlendirdiği somun ekmeği çok az tüketir, kış gelmeden her ev için imece usulüyle sac ekmekleri topluca hazırlanır.

Sac ekmeği yapımında; 100 kg una, 65 litre su ve 700 gr tuz ilave edilip hamur yoğrulur ve 30 dakika dinlendirilir. Hamur bezeler haline getirildikten sonra oklava ile 0,6 mm kalınlıkta, 40-50 cm çapında daire şeklinde yuvarlanarak açılır, inceltir ve kızgın sac üzerinde çift taraflı yaklaşık 300-350°C’de 20 saniye pişirilir. Pişmiş sac ekmeği oldukça dayanıklı bir düz ekmek çeşididir. Rengi, yapıldığı unun randımanına göre değişmektedir. Sac ekmeği dayanıklılık bakımından en uzun ömürlü ekmek tipi olup, altı ay dayanabilmektedir [Tekeli, 1970]. Bazı yörelerde ise şebit, iskefe, gardalaç olarak adlandırılan sac ekmekleri, mısır unu ile de yapılabilmektedir [Oğuz, 1976].

2.4.4. Yufka

Yufka; buğday ununa, içme suyu, yemeklik tuz ve gerektiğinde katkı maddeleri ilave edilip, tekniğine uygun olarak hazırlanan hamurun açılarak kısmen

pişirilmesi ile elde edilen yarı mamul olarak tanımlanmaktadır [Anonim, 1992]. Geleneksel gıdalarımızdan olan yufka, yakın tarihe kadar, evlerde ve küçük işletmelerde üretilmekteyken, sosyal hayatın ve kadınların iş hayatındaki yerinin artmasıyla birlikte yaşam tarzı etkilenmiş ve pek çok geleneksel gıda, endüstriyel anlamda üretilen bir ürün olmuştur. Yufka da bu gıdalardan biridir ve kullanım açısından son derece pratik bir gıdadır.

Yufka üretiminde; 100 kg una, 60 litre su, 2 kg tuz ilave edilerek hamur yoğurma makinesinde yaklaşık 15 dakika yoğrulur. Hamurun yoğrulmasından sonra 10 dakika dinlenmeye bırakılır. Dinlenen hamur, isteğe göre farklı büyüklükte, ortalama 120-125 gram ağırlığında kesilir. Hamur kesimi makineyle, bıçak veya elle kopartılarak yapılır daha sonra hamur yuvarlanıp bezeler haline getirilir. Hamurlar yuvarlandıktan sonra elle bastırılarak düzleştirilip, un içinde yarım saat dinlendirilir. Dinlenmiş hamur, öncelikle hamur açma makinesinde biraz açılıp daha sonra oklava ile istenilen kalınlık ve büyüklüğe getirilir. Bu çalışmada kullanılan yufka çapı 70 cm, kalınlığı 0,4 mm kalınlığında olacak şekilde açılmıştır. Açılan hamur sac üzerinde 150°C'de tek taraflı 30 saniye pişirilir ve pişirilen yufkalar üst üste dizilir, daha sonra tek tek birbirinden ayrılarak havalandırılır ve yeniden istiflenerek soğutulur. Soğutulan yufkaların yüzeyleri içerisinde su bulunan geniş hazneli bir kaptan ıslatılır. Islatılan yufkaların birbirine yapışmasının engellenmesi amacıyla yufkalar askıya alınıp 10 dakika havalandırılır. Askıdan alınan yufkalar 2 saat dinlendirilir ve dinlenen yufkalar paketlemeye hazır hale gelirler.

2.4.5. Suriye Ekmeği

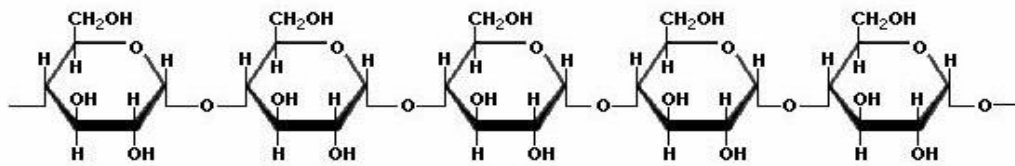
Suriye ekmeği, dairesel şekilli, çift katlı yassı ekmek çeşididir. Ortadoğu ülkelerine has bu ekmek çeşidi arap ekmeği, balady, shamy, lübnan ekmeği olarak da isimlendirilir [Quarooni, 1996]. Ülkemizde de son yıllarda Arap ülkelerinden özellikle Suriye'den yoğun göç olmasıyla birlikte Suriye ekmeği de yaygın olarak üretilmektedir. Tüketicinin farklı ürünlere olan merakıyla birlikte Suriye ekmeğine olan merak da artmıştır.

Un, su, tuz ve mayadan üretilen Suriye ekmeği, çift katlı olmasıyla diğer tek katlı yassı ekmeğin çeşitlerinden ayrılmaktadır. Buğday unu ve diğer hamur bileşenleri karıştırılır ve gelişmiş bir hamur elde etmek için 24,5-25,5°C'de 1 saat fermantasyona bırakılır. Dinlendirilen hamurlar kesilerek, yuvarlak bezeler oluşturulur. Her bir bezeye şekli ve kalınlığı verildikten sonra 30°C'de %95 bağıl neme sahip fermantasyon kabini içinde 30 dakika son fermantasyona bırakılır. Fermantasyon sonucunda hamur 370-500°C sıcaklığındaki fırınlarda 30-45 saniye pişirilerek son ürün ekmeğin elde edilir. Suriye ekmeğinin çift katlı ayrılmış şekli, yüksek fırın sıcaklığında mayanın etkisiyle oluşan CO₂ ve buharın alt ve üst yüzeylere baskı yapmasıyla ortaya çıkmaktadır [Göçmen vd., 2009]. Çalışmada incelenen Suriye ekmeğinin hamurunun 30 cm çapında ve 1,4 mm kalınlığında açılarak 400-450°C fırında yaklaşık 30-45 saniye sürede pişirildiği belirlenmiştir.

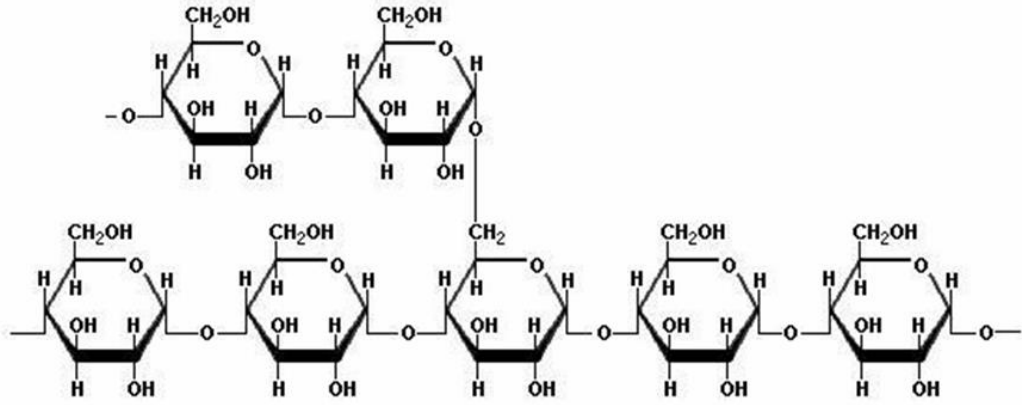
2.5. NİŞASTA

2.5.1. Nişastanın Kimyasal Yapısı

Nişasta, bitkilerde bulunan temel karbonhidrat deposudur. Nişastanın doğal hali ve birçok modifiye edilmiş formu insan beslenmesinde yer alan önemli karbonhidrat kaynaklarından birisidir. Nişasta; amiloz ve amilopektin adı verilen iki tip molekülden oluşmaktadır. Amiloz, α -1,4 glikozidik bağları ile bağlanmış α -D-glikoz ünitelerinden oluşan lineer polimer yapıdır. Amiloz molekülünde dallanmalar çok seyrek, zincirler uzun olduğu için molekülün dallanmamış olduğu kabul edilmektedir. Amilopektin ise dallanmış yapıya sahip olup α -D-glikoz ünitelerinin temel olarak α -1,4 bağları ve dallanma noktalarında α -1,6 glikozidik bağlarından oluşmaktadır [Taggart, 2004].



Şekil 2.1. Amiloz molekülünün yapısı [Saldamlı, 2005]



Şekil 2.2. Amilopektin molekülünün yapısı [Saldamlı, 2005]

Nem içeriği genellikle %10 olan nişasta granülünde, kuru maddenin %98-99'unu amiloz ve amilopektin oluşturmaktadır. Nişastanın yapısında yer alan amiloz/amilopektin oranı gıdadaki nişastanın fonksiyonel özellikleri açısından oldukça önemlidir. Amiloz ve amilopektin içeriği ve yapısı; nişastanın granül yapısını, jelatinizasyon ve dokusal özelliklerini etkilemektedir [Thomas ve Atwell, 1997; Taggart, 2004; Copeland vd., 2009].

2.5.2. Nişastanın Jelatinizasyonu ve Retrogradasyon

Doğal nişasta granülleri soğuk suda çözünmezler, nişasta su içerisinde ısıtıldığında ortamdaki suyu absorbe ederek şişmeye başlar. Su ve sıcaklığın etkisiyle nişastada bulunan amiloz ve amilopektin molekülleri birbirleriyle bağlanmak yerine suyla hidrojen bağları kurarlar. Suyla bağlanan amiloz, nişasta tanesinden dışarı sızar, nişasta molekülünün düzenli yapısı deforme olur ve amiloz suya geçer, bu olaya jelatinizasyon denilmektedir, jelatinizasyon ile birlikte nişasta granülünün polarize ışık mikroskobunda gözlenen malta hacı görüntüsü kaybolur [Ulukut, 2010].

Jelatinizasyonun gerçekleşmesiyle yarı kristal yapı zarar görür, bu yapı depolama sırasında zamanla yeniden farklı şekillerde oluşabilmektedir. Nişasta granüllerinin, jelatinizasyon sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda depolanması

sırasında yeniden kristalleşme yeteneğine retrogradasyon denilmektedir. Nişastanın retrogradasyonu üç basamakta gerçekleşir. Öncelikle çekirdeklenme gerçekleşir, oluşan çekirdeklerden kristallerin oluşumuyla yayılma, en son basamakta ise kristal yapının olgunlaşması gerçekleşir [Park, 2009].

2.5.3. Nişastanın Sindirimi

Nişastanın sindirimi ağızda bulunan insan tükürüğü alfa amilazı ile başlamaktadır. Daha sonra mideye taşınan nişasta ve türevlerinin düşük pH'dan dolayı enzimatik hidrolizleri oldukça yavaşlamaktadır. Ancak burada nişastanın asitle kısmi hidrolizi devam etmektedir. Kısmen sindirilmiş olarak mideden çıkan nişasta ve türevleri ince bağırsağa geçerek pankreas tarafından salgılanan ve nişastayı hidroliz etme özelliklerine sahip enzimlerle karşılaşmaktadır. Pankreas salgularından bazıları mideden gelen asidik karışımın pH'sını tekrar nötrlemektedir. Pankreatik α -amilaz enzimi ise nişastanın oligosakkaritlere ve glikoza hidrolizini sağlamaktadır. Ancak nişastanın tamamen glikoza kadar hidrolizinin gerçekleştirilebilmesi için ince bağırsak tarafından salgılanan enzimlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu enzimler tarafından α -1,4 bağlarının yanı sıra α -1,6 bağlarıda hidrolize edilmektedir. Hidrolizin sonunda oluşan oluşan glikoz, çeşitli mekanizmalarla absorbe edilip sindirim sistemini terk etmekte ve kan dolaşımına geçmektedir [Dona vd., 2010].

Gıda maddelerinde bulunan nişastanın sindirilebilirliği birçok sebepten dolayı farklılıklar göstermektedir. Nişastanın sindirilebilirliğini etkileyen faktörler literatürde iç ve dış faktörler olmak üzere ikiye ayrılmıştır [Englyst vd., 1992].

Dış faktörler gıdaya bağlı olmayan faktörler olarak tanımlanabilir. Gıda kaynaklı faktörler tek başlarına nişastanın sindirim hızını ve süresini tam olarak etkileyemezler. Bireye bağlı faktörler ve gıdanın tüketilmesi sırasında uygulanan işlemler de gıdaların sindirim süresini ve hızını etkilemektedir. Bunlar ağızda çiğneme süresi, gıdanın ağızdan mideye geçiş süresi, bağırsaklarda bulunan enzim konsantrasyonu, alınan nişasta miktarı ve nişasta ile birlikte alınan diğer gıda

maddeleri olarak sıralanabilir. Dolayısıyla nişastanın sindirilebilirliğini belirlerken iç ve dış faktörlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir [Güzel, 2009].

İç faktörlerde ise; nişastanın sindirilebilirliği, temel olarak nişastanın ait olduğu botanik sınıfa göre değişen; moleküler yapısı ve fizikokimyasal karakteristikleri ile nişasta granüllerinin sulu fazdaki hidrasyon ve fiziksel konformasyonlarına bağlıdır. Nişasta granüllerinin kristalinite, granül boyutu, amiloz/ amilopektin oranı, porozite, bütünlük derecesi ve yapısal homojenizasyon kayıpları gibi granül karakteristikleri sindirim enzimlerinin nişastayı hidrolize etme hızını etkilemektedir. A tipi kristal yapıya sahip nişastalar (hububat nişastaları), B tipi kristal yapıya sahip nişastalara (yumru nişastalar) göre enzimatik sindirime daha fazla direnç gösterirken, sindirim sırasında açığa çıkabilecek maltoz ve maltotrioz gibi ürünler de enzim (α -amilaz) inhibisyonuna neden olabilmektedirler [Copeland vd., 2009; Dona vd., 2010; Liu vd., 2007]. Nişasta sindirilebilirliğini etkileyen iç faktörlerden birisi de jelatinizasyondur. Nişastaya su bulunan ortamda uygulanan ısı ve basınç etkisiyle jelatinizasyon gerçekleşir, oluşan jelatinize form doğal ya da retrograde nişastalara göre daha kolay sindirilebilmektedir. Bunun sebebi jelatinize forma geçen nişasta moleküllerine, enzimlerin etkisinin kolaylaşmasıdır. Nişastanın jelatinizasyon derecesi ile sindirilebilirliği doğrusal korelasyon göstermektedir [Copeland vd., 2009; Dona vd., 2010].

Daha önceleri yapılan çalışmalarda nişastanın içerdiği α -glikozidik bağların insan sindirim sistemindeki enzimler tarafından parçalanarak, tamamen sindirildiği düşünülmekteyken, yapılan çalışmalar nişastanın insan sindirim sisteminde tamamen sindirilmediğini, bir kısmının ince bağırsaklarda sindirime direnç gösterdiğini göstermiştir. Bu nedenle nişasta, enzimler ile hidrolizindeki sindirilebilirlik derecelerine göre beslenme sağlığı açısından yeniden sınıflandırılmıştır. Buna göre nişasta; Hızlı Sindirilen Nişasta (HSN), Yavaş Sindirilen Nişasta (YSN) ve Dirençli Nişasta (DN) olmak üzere üç farklı fraksiyona ayrılmıştır [Englyst vd., 1992].

Hızlı sindirilen nişasta (HSN) amorf yapıda ve disperse olmuş nişastadır. İnsan sindirim sisteminde hızlı sindirilip emilebilen nişasta fraksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Nişastanın bu fraksiyonu ekmek gibi nemli ortamda ısı işlem görmüş ve sıcak olarak tüketilen gıdalarda bulunmaktadır. HSN hızlı sindirilmesi nedeni ile kan glikozunun ani yükselişine bağlı olarak insülin salınımında da hızlı artışa sebep olmaktadır. Nişastanın bu fraksiyonu *in vitro* sindirim reaksiyon karışımında enzimler tarafından ilk 20 veya 30 dakika içerisinde sindirilen nişasta miktarı olarak tanımlanmaktadır [Englyst vd., 1992; Dona vd., 2010; Segura ve Rosell, 2011]. Bu çalışmada HSN ilk 30 dakika içerisinde sindirilen nişasta miktarı olarak tanımlanmıştır.

Yavaş sindirilen nişasta (YSN) ince bağırsakta tamamen, fakat HSN'ye göre daha yavaş bir hızda sindirilmektedir. Yavaş sindirilmesi yemek sonrası kan glikozunu dengeli arttırmaktadır bu sebeple günlük diyetle sağlık açısından yüksek bulunması istenilen nişasta fraksiyonlarından biridir. YSN *in vitro* sindirim reaksiyon karışımında enzimler tarafından HSN nişastadan sonra 90 veya 100 dakika içerisinde sindirilen nişasta fraksiyonu olarak tanımlanmaktadır [Englyst vd., 1992; Dona vd., 2010; Segura ve Rosell, 2011].

Dirençli nişasta (DN), sağlıklı insanların ince bağırsağındaki sindirim enzimlerine direnç göstererek sindirilmeden doğrudan kalın bağırsağa geçen nişasta ve nişasta parçalanma ürünleri olarak tanımlanmaktadır. DN, ince bağırsakta *in vitro* sindirim reaksiyon karışımında enzimler tarafından sindirimin ilk 120 dakika içerisinde sindirilemeyen nişasta fraksiyonu olarak tanımlanmaktadır [Englyst vd., 1992].

2.5.4. Glisemik İndeks

Glisemik İndeks (Gİ) teriminden ilk olarak diyabet hastaları için uygun gıdaların araştırmasını yapan Dr. David J. Jenkins ve meslektaşları bahsetmişlerdir. Glisemik İndeks, aynı birey tarafından tüketilen 50 g karbonhidrat içeren bir test gıdasının iki saat içerisinde oluşturduğu kan glikoz artış alanının, 50 g karbonhidrat

içeren referans bir gıdanın (ekmek veya glikoz) oluşturduğu kan glikoz alanına yüzde olarak ifade edilmesi olarak tanımlanmaktadır [Jenkins vd., 1981; Jenkins vd., 1983]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) karbonhidratların, glisemik indekslerine göre sınıflandırılması gerektiğini bildirmeleri üzerine; gıdalar düşük, orta ve yüksek Gİ'li gıdalar olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Bu gruplandırmaya göre gıdalar 0 ve 100 arasında bir puan alırlar. Gİ değeri 55'in altında olan gıdalar düşük, 56-69 arasında olan gıdalar orta ve 70'in üzerinde olanlar ise yüksek Gİ'li gıdalar olarak isimlendirilir [Henry vd., 2005].

Düşük Gİ'ye sahip gıdalar kan glikoz düzeyini yavaş yükseltirken, yüksek Gİ'li gıdalar kan glikoz düzeyini hızlı yükseltirler. Glisemik indeksi yüksek gıdaların diyetteki tüketiminin artması, kan glikozunu ve insülin düzeyini hızla yükselterek bazı hastalıkların oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Yapılan çalışmalarda düşük Gİ'li diyetin ise, tip 2 diyabet ve kardiyovasküler hastalıkların gelişimini önlemede koruyucu etkilerinin olduğu belirtilmektedir. Bu araştırmaların sonucunda düşük Gİ içeren diyetin açlık hissi ve enerji alımını düşürdüğü, uzun dönemde kronik hastalıkları azalttığı belirtilmiştir Tüm bunlar göz önüne alındığında sağlıklı beslenmede, düşük Gİ'li diyetlere yer verilmesi gerektiği söylenebilmektedir [Frost vd., 1999; Meyer vd., 2000; Bell, 2003; Toeller vd., 2001; Yi-Ling vd., 2014].

2.5.4.1. Glisemik indeksi etkileyen faktörler

Gıdaların glisemik indeks değerini etkileyen birçok faktörden bahsedilebilir. Glisemik indeksi değerini etkileyen faktörlerin çoğu gıda ile ilgili iç faktörler olup, bunun yanı sıra gıdanın hazırlanması ve insan metabolizması ile ilgili faktörler de sayılabilir.

Proteinler ve yağlar gıda maddelerinin temel bileşenlerindedir. Proteinler nişasta ile zengin ağ yapıları oluşturarak nişastanın sindirimini yavaşlatırlar. Sert buğdayların güçlü nişasta-protein ağ yapılarına sahip olması makarnanın glisemik

indeks değerinin düşük olmasına sebep olarak gösterilmektedir. Yağlar da gıdaların mideden bağırsağa geçiş süresini uzatarak glisemik indeksi düşürmektedir [Sayaslan, 2005].

Gıdalarda bulunan selüloz, hemiselüloz, pektin, gamlar ve lignin gibi diyet lifleri glisemik indeksi etkileyen faktörlerdendir. Lignin, selüloz ve bazı hemiselülozlar suda çözünmez diyet liflerini oluştururken; pektin, suda çözünür diyet lifi kapsamındadır. β -glukan ve arabinoksilan gibi çözünür diyet lifleri viskoziteyi artırıp, sindirim enzimlerinin nişastaya etkisini zorlaştırmaktadır. Diyet liflerinin glisemik indeks değerini düşürdüğü yapılan çalışmalarla belirlenmiştir [Fardet, 2006]. Regand vd. (2011) yaptıkları çalışmada yulaf ve diğer gıda bileşenlerinden hazırladıkları formülasyonlara 0,6-6,2 g aralığında β -glukan ilave etmişler, nişastanın sindirim özellikleri ve glisemik indeks değerlerini incelediklerinde, β -glukanın ilave edilen miktarı arttıkça glisemik indeks değerinin düştüğünü gözlemişlerdir.

Glisemik indeks düzeyini etkileyen etmenlerden birisi nişastanın türüdür. Gıdanın yapısında bulunan nişastanın amiloz/amilopektin oranının yüksek olması, GI düzeyini düşürür. Amilozun düz zincir yapısına sindirim enzimlerinin etkisi dallanmış yapıda bulunan amilopektinden daha zordur. Ayrıca amiloz, amilopektine göre hem daha hızlı retrogradasyona uğrar hem de lipitlerle sindirilemeyen kompleksler oluşturur [Fardet, 2006]. Baklagil nişastaları yüksek oranda protein ve amiloz içeriğine sahiptirler, proteinlerin karbonhidratlarla zengin bir ağ oluşturması ve yüksek amiloz içeriği, bu gıdaların glisemik indeksi düşük gıdalar sınıfında yer almasına sebep olur [Granfeldt vd., 1992]. Patates nişastasında amiloz/amilopektin oranı düşüktür, patatesin sindirim profili incelendiğinde patates yüksek glisemik indeksli gıdalar sınıfında yer almaktadır [Nayak vd., 2014]. Buğday ununda da amiloz/amilopektin oranı düşüktür. Yapılan çalışmalarda buğday unundan üretilmiş ekmeğin glisemik indeks değerini düşürmek için amiloz içeriği yüksek, farklı hububatların unlarının ilave edildiği görülmektedir [Akarberg, 1998; El, 1999].

Gıdaların *in vitro* koşullarda sindirimi ile elde edilen nişasta fraksiyonları ile glisemik indeks arasında önemli bir ilişki vardır. Hızlı sindirilen nişasta içeren gıdalar kan glikozunu hızlı yükselttiği için glisemik indeksi yüksektir, bunun aksine ise sindirime dirençli nişasta, ince bağırsakta sindirilemeden kalın bağırsağa geçeceği için GI'yi düşürür [Dona vd., 2010].

In vivo çalışmalarda gıdaların tüketim hızının ve bireysel özelliklerinin glisemik indekse etkisi olduğu düşünülerek analizler gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışmalarda metabolik özellikleri birbirine benzer bireyler seçilerek ve bireylere test gıdasını aynı sürede tüketmeleri sağlanarak çalışmalar gerçekleştirilmektedir [Meyer, vd., 2000; Toeller vd., 2001].

Glisemik indeksi etkileyen önemli unsurlardan birisi de gıda maddelerinin üretim prosesleridir. Gıdaları üretirken kullanılan pişirme yöntemi, sıcaklık, pişirme süresi ve bunun yanı sıra saklama koşulları ve yöntemleri, nişasta sindirilebilirliğine ve dolayısıyla glisemik indeks değerini etkilemektedir [Nayak vd., 2014]. Gıdalara su bulunan ortamda uygulanan yeterli sürede ısı ve basınç etkisiyle nişasta jelatinize forma geçmektedir. Jelatinize form, doğal ya da retrograde nişastalara göre daha hızlı sindirilebilmektedirler. Bundaki temel neden jelatinize forma, enzimlerin daha rahat etki etmesidir. Nişastanın jelatinizasyon derecesi, sindirilebilirliğine doğrudan etki etmektedir. Nişastanın sindirilebilirliği arttıkça glisemik indeks düzeyinin arttığı bilinmektedir [Copeland vd., 2009; Dona vd., 2010].

Kim ve White (2013) yaptıkları çalışmada geleneksel ve β -glukan ile zenginleştirilmiş yulaf unlarını ısıtma tabii tutmuş ve bu örneklerin nişasta sindirilebilirliği ile birlikte glisemik indeks değerlerini karşılaştırmıştır. Sonuç olarak nişasta sindirilebilirliği ve glisemik indeks değerlerinin ısıtma ile artış gösterdiği belirlenmiştir.

Lavaş ekmek, sac ekmeği, bazlama, Suriye ekmeği son yıllarda tüketimi artan pişirme süresi kısa geleneksel yassı ekmek çeşitlerimizdendir. Tüketiminin

artması ve kolayca ulaşılabilmesi ile birlikte bu ekmek çeşitlerinin sağlıklı beslenmedeki yeri merak konusu olmuştur. Sağlıklı beslenme ve glisemik indeks arasındaki ilişkiye dayanarak, üretim yöntemleri birbirinden farklı, pişirme süresi kısa olan bu ekmek çeşitlerinin glisemik indeks değerlerinin belirlenerek literatüre kazandırılması amaçlanmaktadır

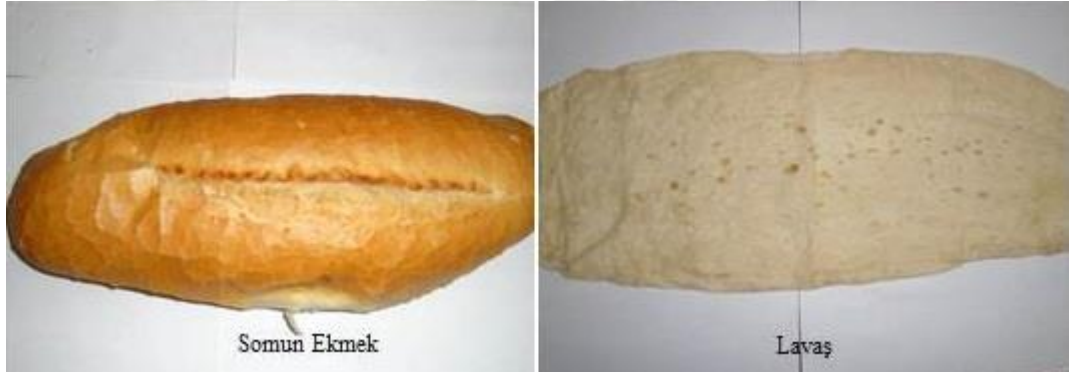


3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. MATERYAL

3.1.1. Hammadde

Çalışmada kullanılan somun ekmek, lavaş, bazlama, sac ekmeği, Suriye ekmeği ve yufka Mersin’de faaliyet gösteren fırınlardan temin edilmiştir. Fırından alınan hammaddeler yüzey alanını genişletmek için parçalara ayrıldıktan sonra -18°C’de 12 saat dondurulmuştur. Dondurulan ekmek örnekleri liyofilizatörde (Telstar Crydos-50, İspanya) 24 saat vakum altında kurutulmuştur. Kurutulan ekmekler değirmende (IKA-Werke M20, Almanya) 212 mikronluk elekten geçecek şekilde öğütülmüştür. Hazırlanan örnekler vakumlu poşetlerde nem almayacak şekilde +4°C’de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan somun ekmek ve lavaş ekmek



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan bazlama ve sac ekmeği



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan Suriye Ekmeği ve Yufka

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar

Pankreatin enzimi (P7545, 8 x U.S.P specification) ve Pepsin (P7012, $\geq 2,500$ U/mg protein), Sigma (Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MO, USA)'dan; Toplam nişasta analiz kiti (Ürün kodu: K-TSTA) ve Glikoz analiz kiti (GOPOD Format; Ürün kodu: K-GLUC), Megazyme (Megazyme International Ireland Ltd., Co.Wicklow, Ireland)'dan, kullanılan diğer kimyasallar ise analitik saflıkta olup yurt içindeki çeşitli firmalardan temin edilmiştir.

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Kimyasal Bileşim Analizleri

- Nem Tayini

Lavaş, bazlama, sac ekmeği, Suriye ekmeği, yufka ve somun ekmeği örneklerinin nem miktarı AACC 44-19 standart analiz yöntemiyle belirlenmiştir [Anonim, 1990].

- Kül Tayini

Lavaş, bazlama, sac ekmeği, Suriye ekmeği, yufka ve somun ekmek örneklerinin kül miktarı ICC Standart 104/1 analiz yöntemiyle belirlenmiştir [Anonim, 2002].

- Protein Tayini

Lavaş, bazlama, sac ekmeği, Suriye ekmeği, yufka ve somun ekmek örneklerinin protein miktarı AACC 46-12 metoduna göre, Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiş olup, 5.70 çarpım faktörleri kullanılarak protein miktarları hesaplanmıştır [Anonim, 1990].

3.2.2. Toplam Nişasta Analizi

Örneklerin toplam nişasta (TN) analizi, DMSO Format-AOAC 996.11 metoduna göre yapılmıştır [Anonim, 2011]. 100 mg öğütülmüş ekmek örneğinden 16×120 mm cam tüplere tartılmıştır. Örnekler 0,2 mL %80'lik etanol ile yıkayıp vorteks ile karıştırılıp, üzerine 2 mL dimetil sülfoksit (DMSO) eklenip tekrar vorteks ile karıştırılmıştır. Cam tüpleri 100°C'ye ayarlanmış kaynar su banyosunda (Memmert WNB 22, İngiltere) 5 dakika boyunca inkübe edilmiştir. Su banyosundan alınan tüplere 3 mL ısıya dayanıklı α -amilaz çözeltisinden (1 mL α -amilaz (3000U/mL)/ 30 mL sodyum asetat tamponu (0,1 M; pH 5.0)) ilave edilip 100°C'ye ayarlanmış su banyosunda 6 dakika boyunca inkübe edilmiştir. Tüpler 2, 4 ve 6.dakikalarda vorteks ile karıştırılmıştır. Daha sonra tüpler 50°C'ye ayarlanmış su banyosuna alınarak, 4 mL sodyum asetat tamponu (0,2 M; pH 4.5) ve 0,1 mL amiloglikosidaz (3300U/mL) eklenip 30 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından örnekler 100 mL balon jöjeye transfer edilmiş ve saf su ile hacim 100 mL'ye tamamlanmıştır. Örnekler kaba filtre kağıdı ile süzildükten sonra glikoz analizi yapılmıştır. Toplam nişasta analizindeki glikoz ölçümleri glikoz oksidaz/ peroksidaz (GOPOD) yöntemine göre yapılmıştır. Örnekteki nişasta miktarı toplam nişasta kitinde verilen formüle göre hesaplanmıştır.

- Glikozun ölçülmesi

Örneklerde yapılan analizlerin sonucunda glikoz ölçümleri glikoz oksidaz/peroksidaz (GOPOD) yöntemine göre yapılmıştır. Yönteme göre kör çözeltilerden, örnekten ve standarttan 100 µL alınarak 3 mL GOPOD çözeltisi eklenmiş ve 50°C'de 20 dakika su banyosunda inkübe edildikten sonra spektrofotometrede (Agilent Technologies Cary60, UV-VIS, Malezya) 510 nm'de absorban okumaları yapılmıştır.

- Toplam nişastanın hesaplanması

Örneklerin toplam nişasta miktarı aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Nişasta} = \Delta A \times \frac{F}{W} \times 0,9 \times 100 \quad (3.1)$$

ΔA = Kör çözeltiliye göre okunan absorban değeri

$$F = \frac{100}{100\mu\text{g glikoz absorban}} \quad (3.2)$$

W = Örnek miktarı (mg)

0,9 = Glikozun nişastaya dönüşüm faktörü

100 = Toplam hacim (mL)

3.2.3. Nişastanın Jelatinizasyon Özelliklerinin Belirlenmesi

Nişastanın jelatinizasyon özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla alüminyum hermetik DSC (Differential Scanning Calorimetry) kapsüllerine (Alum-B0144637, Perkin-Elmer Inc., Netherlands) kuru örnekten 10 mg tartılarak üzerine üç katı olacak şekilde saf su eklenmiştir. Kapsüller, DSC kapsül kapatma düzeneği (Perkin-Elmer Inc., Netherlands) kullanılarak hermetik olarak kapatıldıktan sonra 24 saat buzdolabında bekletilerek suyun kuru örnek tarafından absorblanması sağlanmıştır. Termogramlar DSC (Pyris 6 DSC, B013-9005, Perkin-Elmer Inc.,

Netherlands) hücrelerine yerleştirilen örneğin 30°C'den 120°C'ye 5°C/dakika ısıtma hızı ile ısıtılmasıyla elde edilmiştir [Sayar, 2003]. Örneklerin jelatinizasyon özellikleri elde edilen termogramların DSC'nin yazılım programı ile değerlendirilmesi sonucunda belirlenmiştir.

3.2.4. Nişastanın Sindirilebilirlik Özellikleri Analizi

Nişastanın *in vitro* koşullarda hidrolizi Englyst vd. (1992) ve Regand vd. (2011) metotlarının geliştirilmesiyle belirlenmiştir. Liyofilize edilmiş ekmek örnekleri 50 mL santrifüj tüplerine 100 mg olacak şekilde tartılıp, her bir tüpe 10 adet cam boncuk eklenmiştir. 2 mL pepsin çözeltisi (10 mg pepsin/2 mL 0,05 M HCl) eklenerek vorteks ile karıştırılmış ve çalkalamalı su banyosunda, yatay konumda, 37°C'de 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Pepsin inkübasyonu sonunda nişastanın enzimatik hidrolizi için örnek tüpleri su banyosundan alınmış, her bir tüpe 4 mL sodyum asetat tamponu (0,5 M; pH 5.2) eklenip karıştırılmıştır. Tüplere enzim çözeltisinden 1 mL, birer dakika aralıklarla eklendikten sonra çalkalamalı su banyosunda tekrar 37°C'de yatay konumda inkübasyona bırakılmıştır. Tüplerden 30 ve 120. dakikalarda 200 µL örnek alınarak 2 mL %50'lik etanol içeren tüplere aktarılmış ve 800 × g'de 10 dakika santrifüj (Jp Selecta, İspanya) edilmiş ve sıvı kısımdaki glikoz miktarı, glikoz analiz kiti kullanılarak belirlenmiştir.

$$\text{Glikoz} = \frac{A_0 \times V \times D \times C}{A_s \times W} \times 100 \quad (3.3)$$

A₀: Örnek çözeltinin absorbansı

V: Test çözeltisinin toplam hacmi (mL)

C: Kullanılan standardın konsantrasyonu (mg/mL)

D: Seyreltme faktörü

A_s: Kullanılan standardın absorbansı

W: Örnek miktarı (mg)

- Enzim çözeltisinin hazırlanması

Pankreatin (P7545 from porcine pancreas, activity 8 × USP/g, Sigma - Aldrich) 2,4 gram santrifüj tüpüne tartılarak 16 mL saf su ile manyetik karıştırıcıda 10 dakika karıştırılmış ve elde edilen karışım 1500 x g'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Üst fazdan 14 mL alınarak 50 mL'lik santrifüj tüpüne aktarılmış ve 66 µL amiloglikosidaz (3300 U/mL) ve 1,022 mL saf su ekleyip karıştırılmıştır. Enzim çözeltisi her deney öncesi taze olarak hazırlanmıştır.

- Nişasta fraksiyonlarının hesaplanması

Ekmek örneklerinde nişastanın enzimatik hidrolizi sonucu 30 ve 120. dakikalarda alınan örneklerin glikoz değerleri ve hesaplanan toplam nişasta değerleri kullanılarak, hızlı sindirilen nişasta (HSN), yavaş sindirilen nişasta (YSN), dirençli nişasta (DN) miktarları aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır:

$$HSN = \frac{G_{30} \times 0,9}{TN} \times 100 \quad (3.4)$$

$$YSN = \frac{(G_{120} - G_{30}) \times 0,9}{TN} \times 100 \quad (3.5)$$

$$DN = \frac{TN - (G_{120} \times 0,9)}{TN} \times 100 \quad (3.6)$$

3.2.5. Tahmini Glisemik İndeks Belirleme Analizi

Glisemik indeks, karbonhidatların kan glikoz düzeyi üzerindeki etkilerini sınıflandırmak amacıyla ortaya çıkan bir terimdir. Glisemik indeks *in vivo* ve *in vitro* koşullarda belirlenebilmektedir. Çalışmada örneklerin tahmini glisemik indeks değerleri *in vitro* koşullarda nişastanın enzimatik hidroliz eğrisi kullanılarak belirlenmiştir.

Glisemik indeks belirlemek için, *in vitro* koşullarda, Englyst vd. (1992) ve Regand vd. (2011) metotlarının geliştirilmesiyle belirlenen metot kullanılarak nişastanın enzimatik hidrolizi gerçekleştirilmiştir. Sindirim özelliklerini belirlerken kullanılan metot aynı şekilde uygulanmıştır, tek fark 30 ve 120. dakikalara ek olarak; 60, 90 ve 180.dakikalarda da örnek alınarak glikoz ölçümü yapılmıştır. Buna göre öncelikle referans olarak kullanılan somun ekmeği ve diğer ekmeğin örnekleri yöntemine göre enzimlerle muamele edilmiş ve 30, 60, 90, 120 ve 180. dakikalarda alınan örneklerdeki glikoz miktarı kullanılarak yapılan hesaplama göre toplam nişasta hidroliz eğrileri (0-180 dakika) oluşturulmuştur. Elde edilen hidroliz eğrileri Goni vd. (1997) tarafından non-lineer olarak modellenmiş olup, aşağıda verilen 1. dereceden denklemi sağladığı görülmüştür.

$$C = C_{\infty}(1 - e^{-kt}) \quad (3.7)$$

C: t anındaki konsantrasyon; C_{∞} : denge anındaki konsantrasyon; k: kinetik sabit; t: seçilen süre

Hidroliz eğrisi altındaki alan (EAA), aşağıda verilen denklem kullanılarak hesaplanmıştır:

$$EAA = C_{\infty}(t_f - t_0) - \frac{C_{\infty}}{k} [1 - e^{-k(t_f - t_0)}] \quad (3.8)$$

C_{∞} : denge anındaki konsantrasyon

t_f : analizin bitiş süresi (180.dakika)

t_0 : analizin başlangıç zamanı (0.dakika)

k: kinetik sabit

Hidroliz İndeksi (HI), örneğe ait hidroliz eğrisi altındaki alanın, standart referans örnek olarak kabul edilen somun ekmeğinin hidroliz eğrisi altındaki alana oranının 100 ile çarpılması olarak tanımlanmıştır. Örneklerin tGI değerleri Goni vd. (1997) ve Granfeldt vd. (1992) belirlediği eşitliklerle hesaplanmıştır:

$$tGI_G = 39,71 + 0,549 \times (HI) \quad [Goni \text{ vd.}, 1997] \quad (3.9)$$

$$tGI_{Gr}=8,198+0,862\times(HI) \text{ [Granfeldt vd., 1992]} \quad (3.10)$$

3.2.6. İstatiksel Değerlendirme

Verilerin değerlendirilmesi amacıyla SPSS versiyon 16 (SPSS Inc., Chicago, IL) istatistik analiz paket programı kullanılmıştır. İki'den fazla grubun birbirleriyle karşılaştırılmalarının gerektiği durumlarda ortalamalar arasında fark olup olmadığı One-Way ANOVA ile saptanmış ve farklılık %95 güven aralığında Duncan testi ile değerlendirilmiştir. Uygulanan işlemler ve analizlerin tamamı tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. KİMYASAL BİLEŞİM

Ekmek örneklerinde yapılan kül, protein ve nem analizleri ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ekmek örneklerinin kimyasal bileşimi^(1,2)

ÖRNEKLER	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)
Somun Ekmek	41,10±1,05 ^b	11,58±0,06 ^b	1,06±0,02 ^b
Lavaş	39,35±0,67 ^b	11,51±0,06 ^b	1,05±0,01 ^b
Bazlama	39,38±0,16 ^b	11,73±0,04 ^a	1,13±0,03 ^a
Suriye ekmeği	20,41±0,38 ^d	11,55±0,05 ^b	1,05±0,02 ^b
Sac ekmeği	25,21±0,27 ^c	11,71±0,04 ^a	1,16±0,01 ^a
Yufka	46,98±0,54 ^a	11,50±0,02 ^b	1,04±0,02 ^b

⁽¹⁾ Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir.

⁽²⁾ Sonuçlar kuru madde üzerinden hesaplanmıştır. Verilen değerler iki tekrarın ortalaması ± standart sapma şeklindedir.

Türk Gıda Kodeksi, “Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği” ’ne (Tebliğ No:2012/2) göre; lavaş, bazlama, Suriye ekmeği, sac ekmeği ve yufka için herhangi bir nem sınırlaması bulunmamaktadır. Ancak somun ekmeği için bu değer en fazla %38 olarak belirtilmiştir [Anonim, 2012]. Çizelge 4.1 incelendiğinde bu çalışmada kullanılan somun ekmeğinin nem miktarı (%41,1) tebliğdeki maksimum değerden yüksektir. Bu durumun çalışmada ekmeğinin sadece iç kısmının kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.1’de örneklerin kül ve protein içerikleri incelendiğinde, örneklerin kül ve protein değerleri birbirlerine yakın fakat bazlama ve sac ekmeği örneklerinin kül içeriğinin diğer ekmeği örneklerinden istatistiksel olarak farklı ve

yüksek olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Bunun nedeninin bazlama ve sac ekmeği üretiminde Tip 650, diğer ekmeklerde ise Tip 550 un kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir. Seleem ve Omran (2014) tarafından yapılan çalışmada formülasyona ilave edilen %5 kepeğin ekmeğin kül içeriğini %1,60'dan %1,90'a yükselttiği ve kepek ilavesinin yassı ekmek üretimine uygun olduğu belirtilmiştir. Yıldız (2009) tarafından yapılan çalışmada; lavaş, bazlama ve sac ekmeğinin kuru madde üzerinden protein içeriklerinin sırasıyla %11,61, %11,81 ve %11,6; kül içeriklerinin ise sırasıyla %1,31, %1,24 ve %1,20 olduğu belirtilmiştir. Çizelge 4.1'deki kül ve protein sonuçlarının literatür verileriyle benzer olduğu görülmektedir.

4.2. ÖRNEKLERİN TOPLAM NİŞASTA İÇERİKLERİ

Yapılan çalışmada ekmek örneklerinin toplam nişasta içeriğinin belirlenmesi, hem nişasta fraksiyonlarının hesaplanmasında hem de tahmini glisemik indeks değerlerinin belirlenmesinde oldukça önemlidir. Tahmini glisemik indeks belirlerken 30, 60, 90, 120 ve 180. dakikalarda alınan örneklerdeki nişasta miktarının toplam nişasta içerisindeki hidrolizi hesaplanarak elde edilen non-lineer eğrilerden yararlanılmaktadır.

AOAC 996.11 metoduyla dünya genelinde 32 farklı laboratuvarında yapılan deney sonuçlarına göre buğday ekmeğinin toplam nişasta içeriği %62,0-%74,9 aralığında hesaplanmıştır [Anonim, 2011]. Buğday unundan üretilmiş ekmeklerin toplam nişasta içeriklerinin birbirlerinden farklı olmasının, onun işlendiği buğdayın yetiştiği toprak ve iklim koşullarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Günlük enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir yere sahip olan buğday ekmeğinin, önemli bir nişasta kaynağı olduğu bilinmektedir. Çalışmada incelenen ekmek çeşitlerindeki toplam nişasta içeriği Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ekmek örneklerinin toplam nişasta içerikleri^(1,2)

ÖRNEK	Toplam Nişasta, (%)
Somun Ekmek	75,06±0,4 ^a
Lavaş	75,03±0,8 ^a
Bazlama	71,80±0,5 ^b
Suriye Ekmeği	74,85±1,0 ^a
Sac Ekmeği	71,75±0,8 ^b
Yufka	75,52±0,1 ^a

⁽¹⁾ Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir.

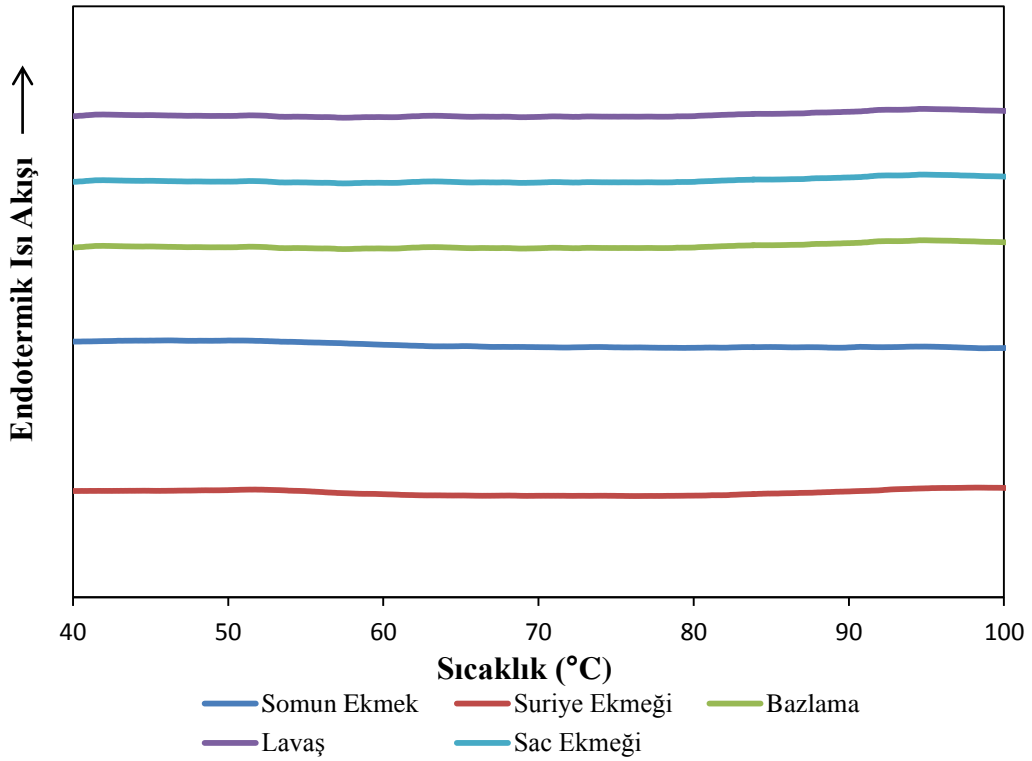
⁽²⁾ Sonuçlar kuru madde üzerinden hesaplanmıştır. Verilen değerler iki tekrarın ortalaması \pm standart sapma şeklindedir.

Yapılan çalışmada ekmek örneklerinin toplam nişasta içerikleri %71,75-75,52 aralığında olduğu belirlenmiştir. Somun ekmek, lavaş, Suriye ekmeği ve yufka örneklerinin toplam nişasta değerlerinin bazlama ve sac ekmeğinden daha fazla olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Aynı üreticiden alınan Tip 650 un kullanılarak üretilen, bazlama ve sac ekmeğinin toplam nişasta içerikleri birbirine benzer olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$).

Yousif vd. (2012) yaptıkları çalışmada, buğday unundan yapılan yassı ekmekte toplam nişasta içeriğinin %75-78 aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Hoebler vd. (1999) yaptıkları çalışmada buğday unundan üretilen ekmekte toplam nişasta içeriğini %71,8 olarak belirlemişlerdir, daha sonra kullanılan una yüksek amiloz içeriğine sahip mısır nişastasından %40 ilave ederek ekmek örnekleri hazırlamışlardır. Mısır nişastasını ilave edilen ekmekte toplam nişasta içeriğini %78,2 olarak belirlemişlerdir. Buğday unundan üretilen ekmek çeşitlerinde nişasta içeriği belli aralıklardadır, toplam nişasta içeriğinin farklı çıktığı durumlarda formülasyona ilave edilen farklı hububatların unlarının ve nişastalarının sebep olduğu literatür çalışmalarına bakılarak söylenebilmektedir. Bu çalışmada toplam nişasta içeriğinin doğru belirlenmesi sindirilebilirlik özelliklerinin belirlenebilmesi için oldukça önemlidir.

4.3. ÖRNEKLERİN JELATİNİZASYON ÖZELLİKLERİ

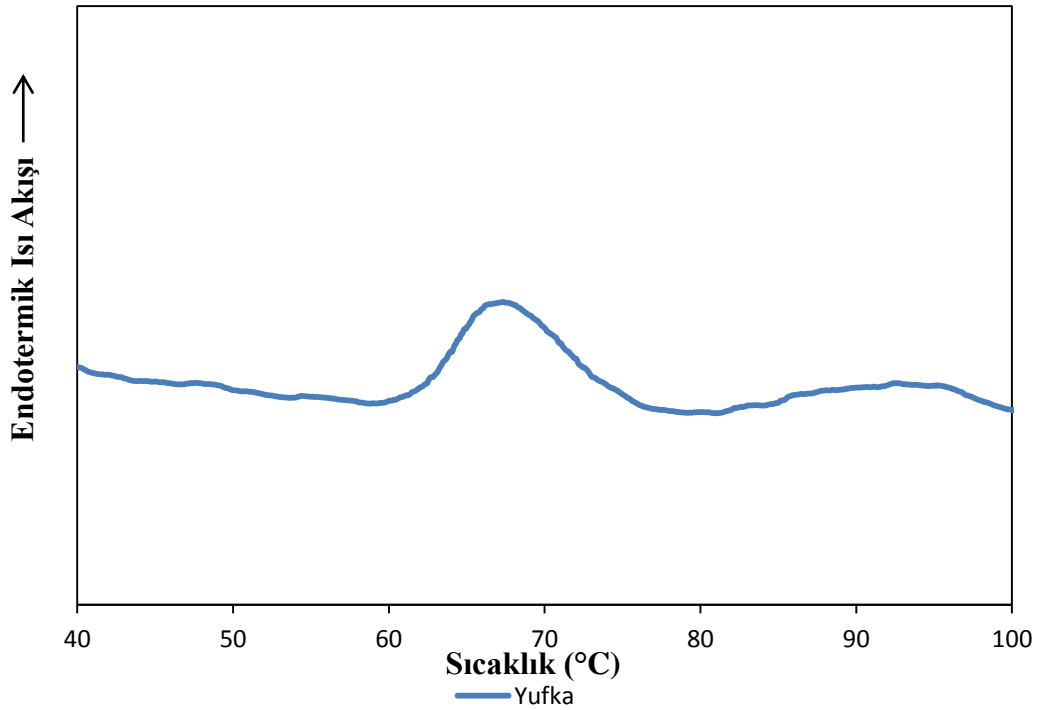
Gıdaların yapısında bulunan nişastanın bağıl nemi yüksek ortamda ısıtılarak, ortamda bulunan suyu absorbe etmesi sonucu, su molekülleri ile yapısında bulunan hidroksil grupları arasında hidrojen bağlarının oluşmasıyla jelatinizasyon gerçekleşir. Bu işlem sırasında camsı geçiş sıcaklığında nişastanın amorf bölgesi faz değişimine uğrayarak camsı yapıdan, elastik bir yapıya dönüşmektedir. Bu geçiş enerji absorpsiyonu olduğu için DSC’de bu değişimler, endotermik pik olarak görülmektedir. DSC termogramında gözlemlenen pikin (T_0) jelatinizasyonun başlangıç sıcaklığı, pikin tepe noktası (T_p), jelatinizasyon sıcaklığı olarak, (T_c) ise jelatinizasyonun son bulunduğu sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada incelenen ekmek örneklerinin DSC termogramları Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Ekmek örneklerinin DSC termogramları

Bu çalışmada somun ekmek kontrol olarak kullanılmıştır. Diğer örneklerle göre uzun pişirme süresinin (220-250°C; 18-25 dakika) nişasta jelatinizasyonu için yeterli olacağı düşünülmektedir. Somun ekmeğe ait DSC termogramında herhangi bir pikin gözlenmemiş olması bu öngörüğü desteklemektedir.

Bu çalışmanın kapsamında incelenen, üretim yöntemleri birbirinden farklı, kısa sürelerde pişirilen lavaş, bazlama, Suriye ekmeği ve sac ekmeği örneklerinde kısa pişirme süresinden dolayı nişasta jelatinizasyonunun tam gerçekleşmediği düşünülmektedir. Şekil 4.1’de bu ekmeklerin DSC termogramları incelendiğinde jelatinizasyon piki oluşmadığı belirlenmiştir. Üretim yöntemleri incelendiğinde yüksek sıcaklıklarda pişirildiği belirlenen bu ekmeklerde kısa süreli pişirmenin nişasta jelatinizasyonu için yeterli olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Yufkanın DSC termogramı

Yufkanın DSC termogramı incelendiğinde jelatinizasyon piki Şekil 4.2’de görülmektedir. Çalışmada incelenen yufka üretim prosesine bakıldığında 0,4 mm inceliğinde açılmış hamurun 150°C’de sac üzerinde tek taraflı olarak 30 saniye

pişirilmesinin yapıdaki nişastanın tamamının jelatinize olması için yeterli olmadığı Şekil 4.2’de belirgin şekilde izlenmektedir. Yufka örneğinin jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı $62,1\pm 0,8^{\circ}\text{C}$; jelatinizasyon bitiş sıcaklığı $73,4\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; pik sıcaklığı $67,2\pm 0,2^{\circ}\text{C}$; entalpi değeri ise $2,92\text{ J/g}$ olarak belirlenmiştir. Yufka satın alındığında ısı işlem uygulanmadan tüketilebilecek bir gıda değildir ve yarı mamul olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada yufkanın kullanılmasının amacı lavaş, bazlama, sac ekmeği ve Suriye ekmeği ile benzer pişirim özelliklerine sahip olmasıdır.

4.4. ÖRNEKLERİN SİNDİRİLEBİLİRLİK ÖZELLİKLERİ

Ekmek örneklerinin Englyst vd. (1992) tarafından belirlenen, beslenme sağlığı açısından önemli nişasta fraksiyonları Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Ekmek örneklerinin hızlı sindirilen nişasta (HSN), yavaş sindirilen nişasta (YSN) ve dirençli nişasta (DN) içerikleri, %^(1,2)

ÖRNEK	Hızlı Sindirilen Nişasta ³	Yavaş Sindirilen Nişasta	Dirençli Nişasta
Somon ekmek	$57,9\pm 0,1^{\text{a}}$	$30,9\pm 0,1^{\text{b}}$	$11,2\pm 0,2^{\text{b}}$
Lavaş	$50,8\pm 0,4^{\text{d}}$	$36,5\pm 1,4^{\text{a}}$	$12,7\pm 1,2^{\text{b}}$
Bazlama	$57,1\pm 1,1^{\text{a,b}}$	$30,6\pm 1,7^{\text{b}}$	$12,3\pm 0,6^{\text{b}}$
Suriye Ekmeği	$54,1\pm 0,6^{\text{c}}$	$33,1\pm 2,1^{\text{b}}$	$12,9\pm 2,2^{\text{b}}$
Sac Ekmeği	$55,6\pm 1,1^{\text{b,c}}$	$31,8\pm 0,1^{\text{b}}$	$12,5\pm 1,4^{\text{b}}$
Yufka	$43,2\pm 0,2^{\text{e}}$	$31,1\pm 0,4^{\text{b}}$	$23,5\pm 0,6^{\text{a}}$

⁽¹⁾ Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir.

⁽²⁾ Sonuçlar kuru madde nişasta üzerinden hesaplanmıştır. Verilen değerler iki tekrarın ortalaması \pm standart sapma şeklindedir.

⁽³⁾ Örneklerde serbest şeker 0 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3’te örneklerin ilk 30 dakikada sindirilebilen fraksiyonu olan, HSN miktarları incelendiğinde; kontrol olarak kullanılan somun ve yassı ekmek çeşidi olan bazlamanın HSN miktarlarında benzerlik olduğu belirlenmiştir

($p > 0,05$). Lavaş, Suriye ekmeği ve sac ekmeğinin HSN miktarları somun ekmeği ile karşılaştırıldığında istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0,05$). Jelatinizasyon özelliklerini belirlemek için yapılan DSC analizi sonucunda jelatinizasyonun gerçekleştiği belirlenen buğday unundan üretilen bu ekmeklerin HSN miktarlarındaki bu farklılık, pişirilmelerinden analize alınmaya kadar uygulanan işlemlerden, nişastanın yapısal özelliklerinin etkilendiğini göstermektedir. Örnekler analize hazırlanırken, liyofilize edilmiş, değirmende öğütüldükten sonra $+4^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Bu aşamalarda, jelatinizasyonun gerçekleştiği bilinen (DSC) bu ekmeklerde kısmi de olsa retrogradasyon gerçekleşmiş olabileceği düşünülmektedir. Fakat örneklerin analize aynı işlemlerden geçirilerek hazırlanması, üretim veya depolanması sırasında farklılıklar olabileceğini düşündürmektedir. Yüksek sıcaklıkta kısa sürelerde pişirilen bu ekmeklerin yapısında DSC'de belirlenemeyecek kadar az miktarda jelatinize olmamış nişasta olabileceği düşünülmektedir. Yufka, en düşük HSN miktarına sahip örnektir. Yufkanın HSN miktarının düşük olmasının, yapısında bulunan jelatinize olmamış nişasta formu ile açıklanabileceği düşünülmektedir. Yufka hariç tüm örneklerin HSN içeriklerinin %50'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda bazlama, lavaş, sac ekmeği ve Suriye ekmeklerinin insan sindirim sisteminde somun ekmeğe benzer hızlı sindirilen nişasta özelliği gösterdiği söylenebilir. Günlük diyetle alınan HSN içeriği yüksek gıdaların kan glikozunu ve insülin düzeyini hızla yükselttiğinin bilinmesi, bu ekmeğin çeşitlerinin glisemik indeksi yüksek gıdalar sınıfında yer alabileceğinin bir öngörüsü olarak söylenebilir [Englyst vd., 1992; Segura ve Rosell, 2011].

Lavaş, bazlama, Suriye ekmeği, sac ekmeği ve yufkanın HSN içerikleri arasındaki farklılığın hidrolizin devamında ortadan kalktığı YSN değerleri incelendiğinde söylenebilmektedir. Lavaş'ta HSN miktarı %50,8 iken, YSN içeriği %36,5 ile diğer ekmeklere göre yüksektir ($p < 0,05$). YSN'nin kandaki glikoz seviyesini uzun bir süre belli bir düzeyde tutmasından dolayı tokluk hissi verdiği ve bu durumun sağlık açısından önemli bir avantaj teşkil ettiği bilinmektedir [Englyst vd., 1992]. Bu sonuca dayanarak, lavaş ekmeğinin diğer ekmeklere göre kan glikoz düzeyini dengeli yükselttiği söylenebilir.

Doğal ve retrograde formlarda bulunan nişasta örneklerine enzimlerin etkisinin, jelatinize forma göre daha zor olduğu bilinmektedir [Nayak vd., 2014]. Örneklerin DN içerikleri incelendiğinde, yufkanın enzime dirençli nişasta içeriğinin diğer ekmek çeşitlerinden farklı ve yüksek olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Yufka örneklerinin DSC termogramları incelendiğinde nişasta jelatinizasyonunun tamamlanmadığı gözlemlenmiştir. Yufkanın *in vitro* hidrolizi sırasında, jelatinize olmamış nişasta dirençli nişasta özelliği göstererek, sindirimin ilk 120 dakikası sonunda sindirilmeden kaldığı belirlenmiştir.

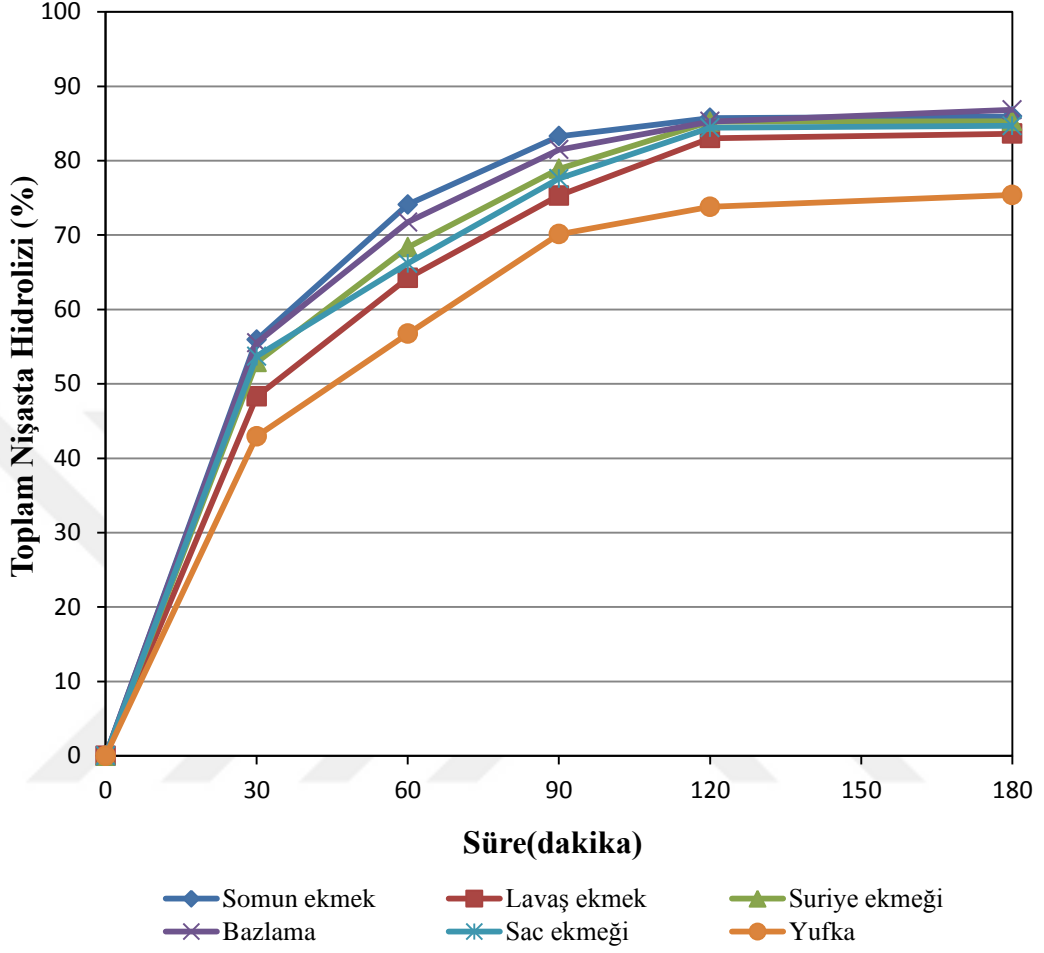
Li vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada pirinç örneği pişirildikten sonra -18°C , 4°C ve 25°C 'de 72 saat depolanmıştır. Depolanma sonucunda HSN içeriklerinin azaldığı, YSN ve DN içeriklerinin arttığı belirlenmiştir. Mikrodalga ile pişirilen pirinçlerin 4°C 'de 72 saat süren depolama sonucunda HSN miktarı %20,65 ile en düşük seviyede olduğu, DN miktarının ise %21,97 ile en yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda depolama sıcaklığının ve süresinin nişasta sindirilebilirliğini etkilediği belirlenmiştir.

Güzel (2009) tarafından yapılan çalışmada nohut, fasulye, barbunyadan elde edilen doğal nişastalar pirodekstrinizasyon (PD), çapraz bağlama (ÇB), ısı-nem uygulaması (IN) ve jelatinizasyon-retrogradasyon (JR) işlemleriyle modifiye edilmişlerdir. Modifikasyon işlemlerinin sindirilebilirlik üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, PD ve JR işlemlerinin ham nişastalarda DN miktarlarında belirgin bir azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Örnekler pişirildikten sonra modifikasyon işlemlerinin nişasta sindirilebilirliğine etkisi incelendiğinde, DN miktarı en yüksek PD, IN ve JR uygulanmış örneklerde olduğu belirlenmiştir.

4.5. ÖRNEKLERİN TAHMİNİ GLİSEMİK İNDEKS DEĞERLERİ

Bu çalışmada lavaş, bazlama, Suriye ekmeği, sac ekmeği, yufka ve kontrol olarak kullanılan somun ekmek örneklerinin 30, 60, 90, 120 ve 180. dakikalarda toplam nişasta içerisindeki nişasta hidrolizi *in vitro* koşullarda belirlenmiştir. İnsan vücudunda gerçekleşen sindirim mekanizmasının benzeşimiyle tasarlanan metotla

belirlenen ekmek örneklerinin zamana bağlı toplam nişasta hidrolizi grafiği Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Ekmek örneklerinin toplam nişasta hidroliz eğrileri

Şekil 4.3’deki hidroliz eğrilerinden yararlanılarak C_{∞} ve k değerleri Sigma Plot Versiyon 11.2 (Systat Software Inc, Amerika) programı kullanılarak belirlenmiştir. Hesaplanan C_{∞} ve k değerleriyle hidroliz eğrisi altındaki alan (EAA), (3.8) numaralı denklem kullanılarak hesaplanmıştır. Örneklere ait hesaplanan değerler Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ekmek örneklerine ait denge konsantrasyonu (C_{∞}), kinetik sabit (k), hidroliz eğrisi altında kalan alan (EAA_{180}),

ÖRNEKLER	C_{∞} (g/100gr)	k (dak.) ⁻¹	EAA_{180}
Somun Ekmek	86,6±0,3 ^a	0,0340 ^a	13045 ^a
Lavaş	84,6±0,6 ^a	0,0262 ^c	11985 ^c
Bazlama	86,4±0,1 ^a	0,0324 ^a	12889 ^a
Suriye Ekmeği	85,7±1,9 ^a	0,0298 ^b	12541 ^b
Sac Ekmeği	84,5±1,1 ^a	0,0300 ^b	12394 ^b
Yufka	76,6±0,6 ^b	0,0256 ^d	10781 ^d

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında $p < 0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir.

Literatür incelendiğinde *in vitro* koşullarda yapılan denemelerde tahmini glisemik indeks değerinin, Granfeldt vd. (1992)'nin belirlediği ve Goni vd. (1997)'nin belirlediği eşitlikler ile hesaplandığı görülmektedir. Ferng vd. (2015); üç farklı pirinç unundan (indica, japonica ve glutinous) ve düşük gluten içerikli buğday unundan ürettikleri chiffon keklerin *in vitro* koşullarda glisemik indeks değerlerini belirledikleri çalışmalarında; tGI değerleri her iki eşitlikle hesaplanmış ve japonica ve glutinous pirinçlerinden üretilen keklerin tGI_{Gr} değerleri sırasıyla 61,32 ve 61,08; tGI_G değerleri ise sırasıyla 73,55 ve 73,39 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada keklerin, Goni vd. (1997)'nin belirlediği eşitlikle hesaplama yapıldığında; yüksek GI'li gıdalar sınıfında, Granfeldt vd. (1992) ile hesaplandığında ise orta GI'li gıdalar sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre tGI hesaplama yöntemi bazı gıdaların glisemik indeks değerlerine göre sınıflandırılmasında etkili olduğu söylenebilmektedir. Çalışma kapsamında her iki eşitlik ile hesaplanan tGI değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ekmek örneklerinin Hidroliz indeks (Hİ) ve tahmini Glisemik İndeks değerleri

ÖRNEK	Hİ	tGI _{Gr} ¹	tGI _G ²
Somun Ekmek	100	100	100
Lavaş	91,9±0,2 ^c	87,4±0,2 ^c	90,2±0,1 ^c
Bazlama	98,8±0,5 ^a	93,4±0,4 ^a	94,0±0,3 ^a
Suriye Ekmeği	96,1±1,1 ^b	91,1±1,0 ^b	92,5±0,6 ^b
Sac ekmeği	95,0±1,0 ^b	90,1±0,9 ^b	91,9±0,6 ^b
Yufka	82,7±0,1 ^d	79,4±0,1 ^d	85,1±0,1 ^d

Aynı sütundaki farklı harfler, aynı sütundaki değerler arasında p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak farklılık olduğunu ifade etmektedir.

¹ tGI_{Gr} = 0,862 HI + 8,198 [Granfeldt vd., 1992]

² tGI_G = 0,549 HI + 39,71 [Goni vd., 1997]

Çizelge 4.5'deki sonuçlar incelendiğinde Granfeldt vd. (1992)'nin belirlediği eşitlikle hesaplanan tGİ değerlerinin, Goni vd. (1997)'nin eşitliğiyle hesaplanan değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmada ekmekler, bu eşitliklerle hesaplanan tGİ değerlerine göre sınıflandırıldığında; lavaş ekmek, bazlama, sac ekmeği, Suriye ekmeği ve yufka yüksek glisemik indeksli gıdalar sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Tez kapsamında incelenen ekmek örneklerinde tGİ hesaplama yöntemlerinin Gİ sınıflandırmasını etkilemediği belirlenmiştir.

Tahmini Gİ belirlenirken ortaya çıkan diğer bir farklılık da referans seçilen örnekten kaynaklanmaktadır. Ekmek referans alındığında tGİ değerleri, glikoz referans alındığında hesaplanan değerlerden 1.4 kat daha fazladır [Brouns vd., 2005]. Literatür çalışmaları incelendiğinde *in vitro* koşullarda tGİ belirlerken referans gıda buğday ekmeği seçilmiş ve değerlendirmeler bunun üzerinden yapılmıştır. Bu çalışmada tGİ değerlendirmesi Goni vd. (1997)'nin eşitliğiyle belirlenen sonuçlar üzerinden yapılmıştır.

Ekmeğin yapısında bulunan yüksek miktardaki sindirilebilir nişasta içeriğinden dolayı yüksek glisemik indeksli gıdalar sınıfında yer aldığı bilinmektedir [Fardet vd., 2006]. Yapılan hesaplamalar sonucu örneklerin tGİG değerleri 85,1-94,0 aralığında olduğu belirlenmiştir. Kısa pişirme süresine sahip bu ekmeklerde nişastanın jelatinizasyon durumu Şekil 4.1'de verilmiştir. Lavaş, bazlama, sac ekmeği ve Suriye ekmeği örneklerinin yapısındaki nişastanın jelatinize forma geçtiği belirlenmiştir. Şekil 4.2'de verilen yufkanın DSC termogramları incelendiğinde ise, içerisinde hala jelatinize olmamış nişasta olduğu gözlemlenmiştir. Jelatinize olmayan nişastaya enzimlerin etkisi, jelatinize forma göre oldukça zordur, çünkü nişastanın jelatinizasyonu ile yapısında bulunan amiloz ve amilopektin molekülleri ortamda bulunan hidroksil grupları ile bağlanarak açığa çıkmakta ve sindirim enzimlerinin bu forma etkisi kolaylaşmaktadır. Yufkanın tGİ değerinin, ekmeklerden düşük bulunması, yapısındaki jelatinize olmamış nişastanın dirençli nişasta özelliği göstererek enzimler tarafından, sindirimin ilk 180 dakikasında, bir kısmının hidrolize olmamasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Yufkanın nişasta hidroliz eğrisi Şekil 4.3'de incelendiğinde yufkanın hidrolizindeki farklılık belirgin şekilde izlenmektedir.

Lavaş, bazlama, sac ekmeği ve Suriye ekmeğinin tGİ değerleri arasındaki istatistiksel farklılık DSC termogramları ile açıklanamamaktadır. Bu farklılığı açıklamak için kimyasal bileşimleri göz önüne alındığında; bazlama ve sac ekmeğinin formülasyonunda kullanılan unun kül ve protein içerikleri benzer olmasına rağmen, tGİ değerlerinin birbirinden farklı olması ($p < 0,05$), unun bu özelliğinin, nişastanın hidrolizini etkilemediğini göstermektedir.

Suriye ekmeği ve sac ekmeğinin tGİ değerleri incelendiğinde de un tiplerinde farklılık, tGİ değerlerinde benzerlik olması ($p > 0,05$); un tipinin bu ekmeklerde de tGİ değerini etkilemediğini göstermektedir. Bu durum bu ekmeklerin yapısındaki nişastanın hidrolizini zorlaştıracak DSC'de belirlenemeyen, kısa süreli pişirmeden kaynaklanan, jelatinize olmamış nişasta olabileceğine işaret etmektedir.

Sac ekmeği ve lavaş üretimi incelendiğinde; 0,6 mm kalınlığında açılan sac ekmeği hamurunun yaklaşık 350°C’de 20 saniye pişirildiği, lavaşın ise aynı sıcaklık aralığında, 1,8 mm kalınlığındaki hamurunun 30 saniye pişirildiği belirlenmiştir. Lavaşın, sac ekmeğine göre uzun pişirme süresinin, kalınlığı da dikkate alındığında yeterli olmadığı ve bu durumun lavaşta DSC’de belirlenemeyecek kadar az jelatinize olmamış nişasta olabildiğini düşündürmektedir. Bu durumun lavaş ekmeğin tGİ değerinin, sac ekmeğinden düşük olmasının sebebi olduğu düşünülmektedir.

Ekmek çeşitlerinin tGİ değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı fakat Gİ sınıflandırılmasında bu farkın etkili olmadığı çalışmada belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda ekmek çeşitleri arasında, lavaşın tGİ_G 90,2 değeri ile ekmek tercihi yapılırken ön sıralarda yer alacağı söylenebilmektedir.

Foster-Powell vd. (2002) tarafından yapılan çalışmada, bir çok ekmek çeşidinin glisemik indeks değeri *in vivo* koşullarda belirlenmiştir. Çalışmada Ortadoğu ülkelerinde sıkça tüketilen iki katlı yassı ekmeğin glisemik indeks değeri 97 olarak belirtilmiştir. Çizelge 4.5’de görüldüğü üzere ülkemizde üretilen çift katlı yassı ekmek çeşidi olan Suriye ekmeğinin glisemik indeks değeri 92,5 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç literatür verisine yakın fakat biraz altındadır. Bunun sebebi olarak materyal olarak kullanılan Suriye ekmeğinin formülasyonunda bulunan bileşenlerin özelliklerinin farklı olması söylenebilir.

Literatürde Türkiye’de üretilen bu ekmek çeşitlerinin sindirilebilirliği ile ilgili çalışma bulunmamaktadır. Farklı ülkelerde üretilen yassı ekmeklerin Gİ değerleri ile ilgili çok az çalışma bulunmaktadır.

Pişirme süresinin, yüksek amilozlu arpa unundan üretilen ekmeklerde glisemik indeks üzerine etkisini inceleyen Akarberg vd. (1998) yaptıkları çalışmada, ekmek örneklerine hem geleneksel pişirme koşullarında 200°C’de 45 dakika, hem de “pumpernickel” koşulları adı verilen uzun süre düşük sıcaklıkta 120°C’de 20 saat pişirme uygulanmış. Düşük sıcaklıkta uzun süre pişirilen

örneklerin $tG\dot{I}_{Gr}$ değerini 71,1 olarak, geleneksel koşullarla pişirilen örneklerde ise $tG\dot{I}_{Gr}$ değerini 88,2 olarak belirlenmiştir.

Ekmek çeşitleri ve glisemik indeks değerleri ile ilgili literatür incelendiğinde çalışmaların; formülasyon bileşenlerinin özelliklerinin Gİ değerini etkilemesi üzerine yapıldığı görülmektedir. Thondre ve Henry (2009), Hindistan'a özgü yassı ekmek çeşidi olan tam buğday unundan üretilmiş chapatis'in formülasyonuna 2, 4, 6 ve 8 gram β -glukan ekledikleri çalışmada, chapatis'in glikoz referans alındığında glisemik indeks değerinin 54 olarak belirlemişlerdir. Una 4 gram β -glukan ilave edilmesiyle Gİ, 30; 8 gram β -glukan ilavesinde ise Gİ 29 olarak tespit edilmiştir.

El (1999) tarafından yapılan çalışmada farklı hububatlardan elde edilen unlardan üretilmiş ekmek çeşitlerinde glisemik indeks değerleri *in vivo* koşullarda belirlenmiştir. Çalışmada %100 buğday unundan üretilmiş standart ekmek, %50 çavdar unu ve %50 buğday unundan üretilmiş ekmek ve %75 buğday unu, %10 çavdar unu ve %15 buğday kepeğinden üretilmiş ekmek çeşitlerinin glisemik indeks değerleri glikoz referansına göre sırasıyla 100, 72 ve 57 olarak belirlenmiştir.

Ergun (2014) tarafından yapılan çalışmada hiçbir metabolik ve endokrin hastalığı bulunmayan 10 yetişkin gönüllü birey üzerinde *in vivo* olarak, fındıklı ekmek, bazlama, tıbbi (glutensiz) ekmek, simit, ruşeymli ekmek, cabata ekmek, çavdarlı ekmek, kepekli ekmek, taş değirmeni ekmeği ve köy ekmeğinde glisemik indeks değerleri belirlenmiştir. Beyaz ekmeğe göre glisemik indeks değerleri, fındıklı ekmek (115,6), bazlama (108,5), tıbbi (glutensiz) ekmek (103,3), simit (92,5), ruşeymli ekmek (84,1), cabata ekmek (83,5), çavdarlı ekmek (80,4), kepekli ekmek (77,6), taş değirmeni ekmeği (68,8) ve köy ekmeği (65,1) olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucu ekmeklerin lif miktarları arttıkça, glisemik indeks değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

Segura ve Rosell (2011)'in İspanya'da tüketilen 11 farklı formülasyona sahip glutensiz ekmeklerin, glisemik indeks değerlerini belirledikleri çalışmada, glutensiz ekmeklerin tGI_{Gr} değerlerini 83-96 aralığında olduğu bulunmuştur.

Sağlıklı beslenmede ve bazı hastalıkların kontrolünde kan glikoz düzeyinin kontrol edilmesinin önemi ile birlikte GI değeri düşük ve orta gıdalara olan ilgiyi arttırdığı ve yapılan çalışmaların bu yönde ilerlediği literatür çalışmalarına bakılarak söylenebilmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, son zamanlarda tüketimi artan Türkiye’de üretilen pişirme süresi kısa ekmek çeşitlerinin üretim yöntemleri, yapısında bulunan nişastanın jelatinizasyon ve sindirilebilirlik özellikleri belirlenmiştir.

Ekmek örneklerinin DSC termogramları incelendiğinde; lavaş, bazlama, Suriye ekmeği ve sac ekmeğinde kısa süreli pişirme prosesinin, yüksek sıcaklıklarda uygulanmasının bu ekmeklerin yapısında bulunan nişastanın jelatinizasyonu için yeterli olduğu belirlenmiştir. Yufka örneğinde jelatinizasyon piki belirlenmiş ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı $62,1\pm 0,8^{\circ}\text{C}$; jelatinizasyon bitiş sıcaklığı $73,4\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; pik sıcaklığı $67,2\pm 0,2^{\circ}\text{C}$; jelatinizasyon entalpisi ise $2,92$ J/g olarak belirlenmiştir.

Ekmek örneklerinin sindirilebilirlik özellikleri nişastanın *in vitro* koşullardaki enzimlerle hidrolize edilmeleriyle belirlenmiştir ve beslenme sağlığı açısından önemli nişasta fraksiyonlarının hesaplanmasıyla; lavaş, bazlama, Suriye ekmeği ve sac ekmeğinin HSN miktarlarının kuru madde toplam nişasta bazında %50’nin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Buğday unundan üretilmiş bu ekmeklerin HSN miktarları arasındaki istatistiksel farklılık, ekmeklerin üretimi, depolanması veya ekmeklere analize kadar uygulanan işlemlerden, nişastanın yapısal özelliklerinin etkilendiğini göstermiştir. Ekmeklerin tGİ değerleri literatürde kullanılan iki farklı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır ve tGİ_G 90,2-94,0 aralığında; tGİ_{Gr} 87,4-93,4 aralığında olduğu belirlenmiştir, iki farklı hesaplama sonucu ekmeklerin yüksek Gİ’li gıdalar sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir. Yarı mamul olarak satılan yufkanın tGİ_G değeri 85,1; tGİ_{Gr} değeri ise 79,4 olarak belirlenmiştir.

Yapılan çalışmayla ekmeklerin *in vitro* koşullarda tGİ değerleri belirlenmiştir, *in vivo* koşullarda yapılacak analizlerin, sonuçların pekiştirilmesi için önemli olduğu söylenebilir. Çalışmada belirlenen tGİ değerlerinin, beslenmesine dikkat etmek isteyen tüketicinin ekmek çeşitleri tercihine etkisi olduğu düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akarberg, A., Liljeberg, H. ve Björck, I.,” Effects of Amylose/Amylopectin Ratio and Baking Conditions on Resistant Starch Formation and Glycaemic Indices”, Journal of Cereal Science, 28: 71-80, (1998).
- Anonim, “Approved Method of the American Association of Cereal Chemists”, 8th ed. St. Paul, Minnesota: AACC, U.S.A., (1990).
- Anonim, “TS 10443: Yufka-Böreklik Standardı, Türk Standartları Enstitüsü”, Ankara, (1992).
- Anonim, “ICC Standart International Association for Cereal Science and Technology”, Vienna, (2002).
- Anonim, Total Starch Assay Procedure Online, AOCC Official Method 996.11, “<https://secure.megazyme.com/files/Booklet/K-TSTA-DATA.pdf>” Megazyme, (2011).
- Anonim, “Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği”, Tebliğ No: 2012/2, Ankara, (2012).
- Barın, N., “Türkiye’de Ekmek Türleri, Tüketim Durumları ve Bu Ekmeklerin Besin Değerleri”, Geleneksel Türk Mutfağı Sempozyumu, Konya, (1982).
- Başman, A. ve Köksel, H. “Effects of Barley Flour and Wheat Bran Supplementation on the Properties and Composition of Turkish Flat Bread (Yufka)”, European Food Research and Technology, 212: 198-202, (2001).
- Bell, S. J., “Low Glycemic Load Diets: Impact on Obesity and Chronic Diseases”, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 87: 269-274, (2003).
- Blanshard, J. M. V., Frazier, P. J. ve Galliard, T., “Chemistry and Pysics Baking”, Royal Society of Chemistry, England, 276 s., (1988).

- Brouns, F., Bjorck, I. ve Frayn, K. N., “Glycemic Index Methodology”, *Nutrition Review*, 18: 145-171, (2005).
- Copeland, L., Blazek, J., Salman, H. ve Tang, M. C., “Form and Functionality of Starch”, *Food Hydrocolloids*, 23: 1527-1534, (2009).
- Coşkuner, Y., Karababa, E. ve Ercan, R., “Düz Ekmeklerin Üretim Teknolojisi”, *Gıda*, 24(2): 89-97, (1999).
- Demir, M. K. ve Kartal H., “Konya İlinde Farklı Ekmek Çeşitlerini Tüketen Bireyler Üzerinde Yapılan Bir Anket Çalışması”, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3): 59-64, (2012).
- Dona, A. C., Pages, G., Gilbert, R. G. ve Kuchel, P. W., “Digestion of Starch: *In vivo* and *in vitro* Kinetic Models Used to Characterise Oligosaccharide or Glucose Release”, *Carbohydrate Polymers*, 80: 599-617, (2010).
- El, S. N., “Determination of Glycemic Index for Some Breads”, *Food Chemistry*, 67: 67-69, (1999).
- Elgün, A. ve Ertugay, Z., “Tahıl İşleme Teknolojisi”, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 718, 376 s., Erzurum (1995).
- Englyst, H. N., Kingman, S. M. ve Cummings, J. H., “Classification and Measurement of Nutritionally Important Starch Fractions”, *European Journal of Clinical Nutrition*, 46: 33-50, (1992).
- Ercan, R. ve Velioglu, S., “Başlıca Buğday Çeşitlerinin ve Unlarının Mineral Madde Kompozisyonu”, *Doğa, Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 14(4): 393-400, (1990).
- Ergun, R., “Türkiye’ye Özgü Bazı Ekmek Türlerinin Glisemik İndeks Değerlerinin Saptanması”, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s., (2014).

- Fardet, A., Leenhardt, F., Lioger, D., Scalbert A. ve Remeesy C., “Parameters Controlling the Glycaemic Response to Breads”, Nutrition Research Reviews, 19: 18-25, (2006).
- Ferng, L. H., Liou, C. M., Yeh, R., Chen, S. H., “Physicochemical Property and Glycemic Response of Chiffon Cakes with Different Rice Flours”, Food Hydrocolloids, 1-8, (2015).
- Foster-Powell K., Holt S. H. ve Brand-Miller J. C., “International Table of Glycemic Index, Glycemic Load Values”, American Journal of Clinical Nutrition, 76(1): 5-56, (2002).
- Frost, G., Leeds, A., Dore, C. J., Madeiros, S., Brading, S. ve Dornhorst, A., “Glycaemic index as a determinant of serum HDL-cholesterol concentration”, Lancet, 353: 1045-1048, (1999).
- Goni, I., Garcia-Alonso, A. ve Saura-Calixto, F., “A Starch Hydrolysis Procedure to Estimate Glycemic Index”, Nutrition Research, 17: 427-437, (1997).
- Göçmen, D., İnkaya, A. N. ve Aydın, E., “Flat Breads”, Bulgarian Journal of Agricultural Science, 15: 298-306, (2009).
- Granfeldt, Y., Bjorck I., Drews A., Tovar J., “An *in vitro* Procedure Based on Chewing to Predict Metabolic Response to Starch in Cereal and Legume Products”, European Journal Clinical Nutrition, 46: 649-660, (1992).
- Güzel, D., “Baklagil Nişastalarının Sindirimi Yavaş Nişastaya (SYN) ve Enzime Dirençli Nişastaya (EDN) Dönüştürülmesi”, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51s., (2009).
- Halıcı, N., “Ege Bölgesi Yemekleri”, Güven Matbaası, Ankara, 217s., (1981).
- Halıcı, N., “Akdeniz Bölgesi Yemekleri”, Arı Matbaası, Konya, 200s., (1983).
- Henry, C. J. K., Lightowler, H. J., Strik, C. M., Renton, H. ve Hails S., “Glycaemic Index and Glycaemic Load Values of Commercially Available Products in the UK”, British Journal of Nutrition, 94: 922-930, (2005).

- Hoebler, C., Karinthe, A., Chiron, H., Champ, M., Barry, J. L., “Bioavailability of Starch in Bread Rich in Amylose: Metabolic Responses in Healthy Subjects and Starch Structure”, *European Journal of Clinical Nutrition*, 53: 360-366, (1999).
- Hoseney, R. C., “Principles of Cereal Science and Technology”, A.A.C.C., U.S.A., 327 s., (1983).
- Jenkins, D. J., Wolever, T. M., Taylor, R. H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J. M., vd., “Glycemic Index of Foods: A Physiological Basis for Carbohydrate Exchange”, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34(3): 362-366, (1981).
- Jenkins, D. J., Wolever, T. M., Jenkins, A. L., Thome, M. J., Lee, R., Kalmusky, J., vd., “The Glycemic Index of Foods Tested in Diabetic Patients: a New Basis for Carbohydrate Exchange Favouring the Use Oflegumes”, *Diabetologia*, 24(4): 257-264, (1983).
- Kalkışım Ö., Özdemir M. ve Bayram O., ”Ekmek Yapım Teknolojisi” Gümüşhane Üniversitesi, 93s., Gümüşhane, (2012).
- Kent, N. L., “Technology of Cereals”, Pergamon Press, No: 2143 U. S. A., 220 s., (1984).
- Kim H. J., White J. P., “*In Vitro* Digestion Rate and Estimated Glycemic Index of Oat Flours from Typical and High β -Glucan Oat Lines”, *Journal Agricultural Food Chemistry*, 60: 5237-5242, (2013).
- Köten, M. ve Ünsal, A. S., “Şanlıurfa Yöresine Özgü Tırnaklı ve Açık Ekmeklerin Geleneksel Üretim Yöntemleri”, *Gıda*, 32(2): 81-85, (2007).
- Lazsisty, R., “The Chemistry of Cereal Proteins”, CRC Press. U.S.A., 203s., (1986).
- Li, J., Han, W., Xu, J., Xiong, S. ve Zhao, S., “Comparison of Morphological Changes and *in vitro* Digestibility of Rice Cooked by Microwave and Conductive Heating”, *Starch*, 66: 549-557, (2014).

- Liu, Q., Gu, Z., Donner, E., Tetlow, I. ve Emes, M., “Investigation of the Digestibility *in vitro* and Physicochemical Properties of A and B-type Starch from Soft and Hard Wheat Flour”, *Cereal Chemistry*, 84: 15-21, (2007).
- Meyer, K. A., Kushi, L. H., Jacobs, D. R., Slavin, J., Sellers, T. A. ve Folsom, A. R., “Carbohydrates, dietary fiber, and incident type 2 diabetes in older women”, *American Journal of Clinical Nutrition*, 71: 921-930, (2000).
- Nayak, B., Berrios J. D. J., Tang J., “Impact of Food Processing on the Glycemic Index (GI) of Potato Products”, *Food Research International*, 56: 35-46, (2014).
- Oğuz, B., “Türkiye Halkının Kültür Kökenleri I”, İstanbul Matbaası, İstanbul, 928s., (1976).
- Özer, S. M., “Kepekli Ekmeklerin Bazı Niteliklerinin İncelenmesi ve Kalitelerinin İyileştirilmesi Olanakları”, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 132 s., (1998).
- Park, E. Y., Baik B. K. ve Lim S. T., “Influences of Temperature-Cycled Storage on Retrogradation and *in vitro* Digestibility of Waxy Maize Starch Gel” *Journal of Cereal Science*, 50: 43-48, (2009).
- Pyler, E. J., “Baking Science and Technology”, Sosland Publishing Co. U.S.A., 1345 s., (1988).
- Quarooni, J., “Flat Bread Technology”, New York: Chapman & Hall Publisher, 206s., (1996).
- Quail, K., McMaster, G. ve Wootton, M., “Flat Bread Production”, *Food Australia*, 43: 155-157, (1991).
- Regand, A., Chowdhury Z., Tosh, S. M., Wolever T. M. S., Wood P., “The Molecular Weight, Solubility and Viscosity of Oat Beta-Glucan Affect Human Glycemic Response by Modifying Starch Digestibility” *Food Chemistry*, 129: 297-304, (2011).

- Saldamlı, İ., “Gıda Kimyası”, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 587s., (2005).
- Sayar, S. “Nohutta (*Cicer arietinum* L.) Su Absorpsiyonunun Analizi”, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 143s., (2003).
- Sayaslan, A., “Sağlıklı Beslenme Açısından Gıdaların Glisemik İndeksi” Gıda Dergisi, 1: 84-91, (2005).
- Seleem, H. A. ve Omran, A. A., “Evaluation Quality of One Layer Flat Bread Supplemented with Beans and Sorghum Baked on Hot Metal Surface”, Food and Nutrition Sciences, 5: 2246-2256, (2014).
- Segura, M. E. M. ve Rosell, C. M., “Chemical Composition and Starch Digestibility of Different Gluten-Free Breads”, Plant Foods Human Nutrition, 66: 224-230, (2011).
- Taggart, P., “Starch as an Ingredient: Manufacture and Applications”, Starch in Food: Structure, Function and Applications, (Editör: Eliasson A.C.) Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 377s., (2004).
- Tekeli, S. T., “Türkiye’de Köy Ekmekleri ve Tekniği”, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara, 62 s., (1970).
- Thomas, D. I. ve Atwell, W. A., “Starches”, American Association of Cereal Chemists, USA, (1997).
- Thondre P. S. ve Henry C. J. K., “High Molecular Weight Barley Glucan in Chapattis (Unleavened Flat Breads) Lowers Glycemic Index” Nutrition Research, 29: 480-486, (2009).
- Toeller, M., Buyken, A. E. ve Heitkamp, G., “Nutrient Intakes as Predictors of Body Weight in European People with Type 1 Diabetes”, International Journal of Obesity Related Metabolic Disorders, 25(12): 1815-1822, (2001).

- Ulukut, A. G. K., “Çerezlik Mısır Hamuruna Nohut Unu, Yerfıstığı Unu ve Kırmızıbiber Tohum Unu Eklenmesi Sonucu Isıl ve Reolojik Özelliklerde Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93s., (2010).
- Ünal, S., “Hububat Teknolojisi”, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın No: 29, İzmir, 62 s., (1991).
- Yıldız, G., “Karabuğday (*fagopyrum esculentum* moench) Ununun Geleneksel Türk Ekmeklerinde Kullanılma İmkanları Üzerine Araştırmalar”, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 113s., (2009).
- Yi-Ling, H., Min-Lee, C., Chung-Jung, C., “Glycemic Index and Age- Related Macular Degeneration”, Handbook of Nutrition, Diet and the Eye., 219-232, (2014).
- Yousif A., Nhepera D. ve Johnson S., “Influence of Sorghum Flour Addition on Flat Bread *in vitro* Starch Digestibility, Antioxidant Capacity and Consumer Acceptability”, Food Chemistry, 134: 880-887, (2012).

ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

Adı-Soyadı: Meryem ÇAKIR

Doğum Tarihi: 22.11.1988

Eğitim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Gıda Mühendisliği	Erciyes Üniversitesi	2007-2012
Lisans	İşletme	Anadolu Üniversitesi	2007-2015
Yüksek Lisans	Gıda Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2012-