

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülbahar TEKİN

**DÜŞÜK FENİLALANİN İÇERİKLİ GLUTENSİZ BİSKÜVİ
ÜRETİMİNDE BAZI HİDROKOLLOİDLERİN ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2020

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DÜŞÜK FENİLALANIN İÇERİKLİ GLUTENSİZ BİSKÜVİ ÜRETİMİNDE BAZI HİDROKOLLOİDLERİN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Gülbahar TEKİN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
Yıl : 2020, Sayfa : 136
Jüri : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
: Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ
: Dr. Öğr. Üyesi Murat Reis AKKAYA

Bu çalışmada, fenilketonüri ve çölyak hastalarının tüketimine yönelik düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirilmiş ve 3 farklı hidrokolloidin bazı kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, %1, %2 ve %3 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda 3 farklı hidrokolloidin (guar gam, hidroksipropilmetilselüloz (HPMC) ve ksantan gam) tek başlarına ve kombine kullanımıyla düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi örnekleri elde edilmiştir. Çalışma sonucuna göre, hidrokolloid konsantrasyonu artışına bağlı olarak bisküvi örneklerinin nem, kalınlık, L*, sertlik ve gevreklik değerlerinde düzenli bir artış; pişme kaybı, spesifik hacim, çap ve yayılma oranı değerlerinde ise, düzenli bir azalma tespit edilmiştir. 7 gün depolama sonucunda, hidrokolloid konsantrasyonunun artışıyla nem değerlerinde genel olarak azalma, sertlik ve gevreklik değerlerinde ise genel olarak bir artış saptanmıştır. Fenilalanin analiz sonucunda ise, bisküvilerin fenilalanin değerleri 0.031 g/100g'in altında olup, FKÜ hastalarının tüketimine uygun olduğu saptanmıştır. Duyusal analiz sonucuna göre ise, %1 HC1 (%100 Guar gam) kodlu örneğin en yüksek beğeni puanı aldığı görülmüştür. Sonuç olarak; FKÜ ve çölyak hastalarının tüketimine uygun olmasının yanı sıra arzu edilen kalite ve duyusal niteliklere sahip düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fenilketonüri, Çölyak, Glutensiz, Hidrokolloid, Bisküvi

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF SOME HYDROCOLLOIDS IN THE GLUTEN FREE BISCUITS PRODUCTION WITH LOW PHENYLALANINE CONTENT

Gülbahar TEKİN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF BASIC AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
Year : 2020, Pages : 136
Jury : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
: Assoc. Prof. Dr. Asiye AKYILDIZ
: Asst. Prof. Dr. Murat Reis AKKAYA

In this study, gluten free biscuits production with low phenylalanine content for the consumption of phenylketonuria and celiac patients and the effects of 3 different hydrocolloids on some quality parameters were investigated. For this purpose, gluten-free biscuits with low phenylalanine content were produced by using 3 different hydrocolloids (guar gum, hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) and xanthan gum) in 3 different concentrations alone and in combination. According to the results of the study, due to the increase in hydrocolloid concentration, a regular increase in the moisture, thickness, L *, hardness and brittleness of the biscuit samples; a regular decrease in cooking loss, specific volume, diameter and spreading rate was determined. As a result of 7 days of storage, an generally decrease in moisture values and an increase in hardness and brittleness values were found with increasing hydrocolloid concentration . As a result of phenylalanine analysis, biscuits' phenylalanine values were below 0.031 g / 100 g and it was found to be suitable for consumption of PKU patients. According to the sensory analysis results, it was seen that the %1 HC1 (%100 Guar gum) coded sample received the highest score. As a result; In addition to being suitable for consumption of PKU and celiac patients, gluten-free biscuits with low phenylalanine content, which have the desired quality and sensory qualities, were produced.

Keywords: Phenylketonuria, Celiac, Gluten-free, Hydrocolloid, Biscuit

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Fenilketonüri (FKÜ) ve çölyak hastalığı günümüzde en sık karşılaşılan kalıtsal metabolik hastalıklardandır. Fenilketonüri fenilalanin hidroksilaz geninde meydana gelen mutasyonların sebep olduğu otozomal resesif geçiş gösteren kalıtsal metabolik bir hastalıktır. FKÜ tedavi edilmediği takdirde ağır zeka geriliği, davranış bozuklukları, büyüme geriliği, epilepsi ve egzama gibi klinik bulgular ortaya çıkmaktadır. Çölyak hastalığı (ÇH) ise, genetik olarak yatkın olan bireylerin, buğday, arpa, çavdar ve yulafta bulunan gluten ve benzeri proteinlerin alınmasından sonra ortaya çıkan emilim bozukluğu (malabsorpsiyon) hastalığıdır. FKÜ ve çölyak hastalığı gibi sindirim ve metabolizma ile ilgili kalıtsal hastalıkların çoğunda tıbbi diyet tedavisinin, söz konusu hastalığa ait belirtilerin azatılmasında büyük önem taşıdığı bilinmektedir. Bu bağlamda, FKÜ hastaları yaşam boyu fenilalanin oranı kısıtlanmış bir diyeti sürdürmek zorundadırlar ve bu sebeple, diyetlerinden et, süt, yumurta, balık, tahıllar ve bunların ürünleri gibi yüksek protein dolayısıyla yüksek fenilalanin ihtiva eden gıdaların uzaklaştırılması gerekmektedir. Çölyak hastalarına uygulanan tedavide ise, buğday, arpa, çavdar gibi prolamin gruplarını ihtiva eden tahılları diyetlerinden tamamen çıkarmaları gerekmektedir. Fakat ülkemizde özellikle FKÜ hastalarının tüketimine yönelik ürünlerin önemli kısmı yurt dışından ithal edilmekte olup erişilebilirliği sınırlıdır. İnsan diyetindeki ana protein kaynaklarından birini temsil eden tahıl ürünlerinden olan bisküvi üretiminde buğday unu, süt ve yumurta gibi yüksek protein içeren hammaddeler kullanıldığından FKÜ hastalarının tüketimine uygun olmadığı gibi kullanılan buğday ununun gluten içermesinden ötürü çölyak hastalarının da tüketimine uygun değildir. Ayrıca bu hastalara yönelik üretilen ürünlerde gluten içermemelerinden dolayı bazı kalite kusurları görülmektedir. Bu kusurları ortadan kaldırmak amacıyla hidrokolloidler, emülgatörler vs. yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu amaçla, %1, %2 ve %3 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda 3 farklı hidrokolloidin (guar gam, HPMC ve ksantan gam) kullanımı sonucu düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirilmiş ve bazı kalite nitelikleri açısından incelenmiştir.

Bulgulara göre, nişasta karışımına (patates + mısır nişastası) hidrokolloidlerin artan düzeylerde ilavesi sonucu ölçülen su absorpsiyon kapasite değerleri konsantrasyon artışına bağlı olarak artarken ($p<0.05$), yağ absorpsiyon kapasite değerleri arasında istatistiksel açıdan bir farklılık tespit edilememiştir ($p>0.05$). Ayrıca, toplam hidrokolloid konsantrasyonu artışının bisküvi örnekleri üzerindeki etkisi incelendiğinde ise; nem, kalınlık, L^* , sertlik ve gevreklik değerlerinde düzenli bir artış; pişme kaybı, spesifik hacim, çap ve yayılma oranı değerlerinde ise, düzenli bir azalma gözlenmiştir. Örneklerin 7 gün depolanmasının ardından, hidrokolloid konsantrasyonu artışına bağlı olarak nem değerlerinde HC1 kodlu örnek dışında genel olarak azalma, sertlik ve gevreklik değerlerinde ise genel olarak bir artış saptanmıştır ($p<0.05$). Fenilalanin analiz sonuçlarının incelenmesiyle, bisküvilerin fenilalanin değerleri 0.031 (g/100 g)'in altında olup, FKÜ hastalarının tüketimine uygun olduğu saptanmıştır. Buna göre, üretilen 16 farklı bisküvi örneği arasından en çok beğenilen 4 örnek konuda deneyimli uzman bir ekip tarafından belirlenmiş olup, duyu analize tabi tutulmuştur. Duyu analiz sonucuna göre, örnekler arasında renk, tat ve genel beğeni açısından istatistiksel olarak bir farklılık saptanamamıştır. Bunun yanı sıra, yüzey görünüm dışında diğer tüm parametrelerde en yüksek beğeni puanlarını HC1 kodlu örnek almıştır. Sonuç olarak, hem FKÜ hem de çölyak hastalarının tüketimine uygun, beğenilen kalite ve duyu niteliklere sahip düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca her konuda değerli fikir, tecrübe ve yönlendirmeleriyle yardımcı olmasının yanı sıra destek ve anlayışı ile her zaman yanımda olan kıymetli danışmanım Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER'e; bu süreçte, bilgi ve deneyimlerini tüm içtenliğiyle benimle paylaşan başta Ar. Gör. Gamze Nil BORAN YAZICI'ya ve Ar. Gör. Burçak UÇAR'a;

Kıymetli eleştiri ve görüşleri ile çalışmaya katkı sağlayan değerli jüri üyeleri Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ ve Dr. Öğr. Üyesi Murat Reis AKKAYA'ya;

Laboratuvar olanaklarından faydalanmamızı sağlayan Prof. Dr. Zerrin ERGİNKAYA, Doç. Dr. Asiye AKYILDIZ, Dr. Öğr. Üyesi Süleyman POLAT, Ar. Gör. Dr. Erdal AĞÇAM, Ar. Gör. Burcu DÜNDAR, Ar. Gör. Murat KALENDER ve Ar. Gör. Tansu TAŞPINAR'a;

Duyusal analize katılarak değerlendirmeye yardımcı olan tüm panelistlere;

Bu projeyi hayata geçirebilmek adına maddi destek sağlayan Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FYL-2019-11523);

Son olarak, hayatımın her anında bana maddi ve manevi destek olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

SAYFA

VI

2.2.2. Çölyak Hastalığının Görülme Sıklığı.....	22
2.2.3. Çölyak Hastalığında Tanı ve Tedavi.....	23
2.3. Bisküvi	25
2.3.1. Bisküvi Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	27
2.3.1.1. Un	27
2.3.1.2. Yağ	28
2.3.1.3. Şeker.....	29
2.3.1.4. Tuz.....	30
2.3.1.5. Kimyasal Kabartıcılar.....	30
2.3.1.6. Su.....	31
2.3.1.7. Nişasta	31
2.3.1.8. Hidrokolloidler (Gamlar).....	32
2.3.1.9. Emülgatörler.....	34
2.3.1.10. Glutensiz Bisküvi Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	35
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	41
3.1. Materyal	41
3.2. Yöntem.....	42
3.2.1. Düşük Fenilalanin İçerikli Glutensiz Bisküvi Üretimi.....	42
3.2.2. Hammadde Analizleri	44
3.2.2.1. Nem Analizi	44
3.2.2.2. Protein Analizi.....	45
3.2.2.3. Yağ Analizi.....	45
3.2.2.4. Kül Analizi	45
3.2.2.5. Su ve Yağ Absorpsiyon Kapasitesi Analizi.....	45
3.2.3. Bisküvi Analizleri	46
3.2.3.1. Nem Analizi	46
3.2.3.2. Fiziksel Analizler	46
3.2.3.2.1. Ağırlık ve Pişme Kaybı	46
3.2.3.2.2. Hacim ve Spesifik Hacim.....	46

3.2.3.2.3. Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranı.....	47
3.2.3.2.4. Renk Analizi.....	47
3.2.3.2.5. Tekstür Analizi.....	47
3.2.3.3. Fenilalanin Analizi	48
3.2.3.4. Duyusal Analiz	48
3.2.3.5. İstatistiksel Analiz	49
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	51
4.1. Hammaddelerin Niteliklerinin Belirlenmesi	51
4.1.1. Hammaddelerin Kimyasal Bileşimi	51
4.1.2. Hammaddelerin Fonksiyonel Özellikleri	53
4.1.2.1. Su Absorpsiyon Kapasitesi.....	53
4.1.2.2. Yağ Absorpsiyon Kapasitesi	57
4.2. Bisküvi Analizlerinin Sonuçları ve Tartışma	59
4.2.1. Nem.....	59
4.2.1.1. Nem (1. Gün).....	60
4.2.1.2. Nem (7. Gün).....	64
4.2.2. Fiziksel Analizler	67
4.2.2.1. Pişme Kaybı	67
4.2.2.2. Spesifik Hacim	70
4.2.2.3. Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranı	74
4.2.2.3.1. Çap	75
4.2.2.3.2. Kalınlık.....	79
4.2.2.3.3. Yayılma Oranı	82
4.2.2.4. Renk.....	85
4.2.2.5. Tekstürel Özellikler	88
4.2.2.5.1. Sertlik (1. Gün).....	89
4.2.2.5.2. Sertlik (7. Gün).....	94
4.2.2.5.3. Gevreklik (1. Gün)	97
4.2.2.5.4. Gevreklik (7. Gün)	100

4.2.3. Fenilalanin Analizi	103
4.2.5. Duyusal Analiz.....	104
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	109
KAYNAKLAR	113
ÖZGEÇMİŞ	129
EKLER.....	130



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge.2.1.	Fenilketonüri Hastalığının Ülkelerde Görülme Sıklığı.....	6
Çizelge.2.2.	Farklı Ülkelerde FKÜ Tedavisi İçin Yaş Gruplarına Göre Önerilen Kan Fenilalanin Konsantrasyonları ($\mu\text{mol/L}$).....	11
Çizelge.2.3.	Bazı gıdaların protein içeriği (%)	13
Çizelge.2.4.	Hidrokolloidlerin Elde Edildiği Kaynaklara Göre Sınıflandırılması.....	33
Çizelge.3.1.	Bisküvi Hamuru Bileşimi (% Nişasta Karışımı Esasına Göre).....	41
Çizelge.3.2.	Bisküvi Formüllerinde Kullanılan Hidrokolloidler ve Miktarları (%)	43
Çizelge.3.3.	Tekstür Analizinin Parametre ve Değerleri	48
Çizelge.4.1.	Patates ve Mısır Nişastasının Kimyasal Bileşimi	51
Çizelge.4.2.	Hammaddelere Ait Su Absorpsiyon Kapasitesi Değerleri.....	53
Çizelge.4.3.	Hammaddelere Ait Yağ Absorpsiyon Kapasitesi Değerleri	57
Çizelge.4.4.	Bisküvilere İlişkin 1.Gün ve 7.Gün Nem Değerleri (%).....	60
Çizelge.4.5.	Üretilen Bisküvilere İlişkin Pişme Kaybı Değerleri (%)	67
Çizelge.4.6.	Üretilen Bisküvilere İlişkin Spesifik Hacim Değerleri	70
Çizelge.4.7.	Üretilen Bisküvilere İlişkin Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranı Değerleri	74
Çizelge.4.8.	Üretilen Bisküvilere İlişkin L^* , a^* , b^* , Chroma ve Hue Değerleri	86
Çizelge.4.9.	Bisküvilere İlişkin 1. ve 7. Gün Sertlik (N) ve Gevreklik (mm) Değerleri	89
Çizelge.4.10.	HC1 ve HC8 Kodlu Bisküvi Örneklerinin Fenilalanin İçerikleri ..	104
Çizelge.4.11.	Farklı Bisküvi Örneklerine Ait Duyusal Analiz Değerleri	105



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil.2.1.	Fenilalanin Metabolizması.....	8
Şekil.2.2.	Gluten İle İlişkisi Olan Hastalıkların Sınıflandırılması	20
Şekil.3.1.	Bisküvi Yapımında Uygulanan İşlem Basamakları	44
Şekil.4.1.	Hammaddelere Ait Su Absorpsiyon Kapasitesi Değerlerinin Karşılaştırılması.....	56
Şekil.4.2.	Hammaddelere Ait Yağ Absorpsiyon Kapasitesi Değerlerinin Karşılaştırılması.....	58
Şekil.4.3.	Bisküvilere Ait 1.Gün Nem Değerlerinin Karşılaştırılması.....	62
Şekil.4.4.	Bisküvilere Ait 7. Gün Nem Değerlerinin Karşılaştırılması.....	66
Şekil.4.5.	Üretilen Bisküvilere Ait Pişme Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılması.....	69
Şekil.4.6.	Üretilen Bisküvilere Ait Spesifik Hacim Değerlerinin Karşılaştırılması.....	72
Şekil.4.7.	Üretilen Bisküvilere Ait Çap Değerlerinin Karşılaştırılması.....	77
Şekil.4.8.	Üretilen Bisküvilere Ait Kalınlık Değerlerinin Karşılaştırılması	81
Şekil.4.9.	Üretilen Bisküvilere Ait Yayılma Oranı Değerlerinin Karşılaştırılması.....	83
Şekil.4.10.	Üretilen Bisküvilere Ait L* Değerlerinin Karşılaştırılması.....	87
Şekil.4.11.	Bisküvilere ait 1. gün sertlik değerlerinin karşılaştırılması	91
Şekil.4.12.	Bisküvilere Ait 7. Gün Sertlik Değerlerinin Karşılaştırılması.....	96
Şekil.4.13.	Bisküvilere Ait 1. Gün Gevreklik Değerlerinin Karşılaştırılması	99
Şekil.4.14.	Bisküvilere İlişkin 7. Gün Gevreklik Değerlerinin Karşılaştırılması.....	102
Şekil.4.15.	Duyusal Analiz Örümcek Ağı Diyagramı	107



SİMGELER VE KISALTMALAR

dL	: Desilitre
ml	: Mililitre
L	: Litre
μmol	: Mikromol
mg	: Miligram
g	: Gram
N	: Newton
mm	: Milimetre
d/d	: Dakikadaki devir sayısı
°C	: Santigrat derece
%	: Yüzde
FKÜ	: Fenilketonüri
FA	: Fenilalanin
GG	: Guar Gam
HPMC	: Hidroksipropil metil selüloz
KS	: Ksantan Gam
CMC	: Karboksi metil selüloz
GMS	: Gliserol Monostearat



1. GİRİŞ

Fenilketonüri ve çölyak sindirim sistemi ile ilişkili olarak karşılaşılan en yaygın kalıtsal hastalıklardandır (Müngen ve Karaağaçlı, 2015).

Fenilketonüride (FKÜ), fenilalaninhidroksilaz (FAH) enziminin yetersizliği sonucunda tirozine dönüşemeyen fenilalanin (FA) ve metabolitleri olan fenilpiruvik asit, fenilaktik asit ve fenilasetik asit hastanın vücut sıvıları ve beyinde birikerek hastalığın en önemli semptomlarından biri olan zeka geriliğine neden olmaktadır (Doğan, 2008). FKÜ tedavi edilmediğinde, mental retardasyon (IQ<50), saç, deri ve gözlerde pigmentasyon bozuklukları, mikrosefali, büyüme geriliği, epilepsi, hiperaktivite, davranış bozuklukları ve anksiyete gibi semptomlar görülebilmektedir (Ülker ve Şanlıer, 2018).

Gluten ile ilişkili hastalıklar ise; çölyak hastalığı (ÇH), çölyak dışı gluten duyarlılığı (ÇDGD), dermatitisherpetiformis ve gluten ataksisi olmak üzere başlıca 4 grup altında incelenmektedir (Ermiş ve Koç, 2014). Gluten ile ilişkili hastalıklardan en sık rastlanılanı olan çölyak, ince bağırsakta sindirimi sağlayan yapıların (villus) zarar görmesi sonucunda emilim bozukluğu olarak ortaya çıkan genetik bir hastalıktır (Akçelenk, 2004).

Sindirim sistemi ve metabolizma ile ilgili olan kalıtsal hastalıkların çoğunda tıbbi diyetlerin, hastalığa ait belirtilerin azalmasında etkili olduğu bilinmektedir (Müngen ve Karaağaçlı, 2015). Bu bağlamda FKÜ hastaları, yaşamları boyunca FA miktarı kısıtlı bir diyet uygulamak zorunda iken, çölyak hastalarına uygulanan tedavide ise; gliadin ve diğer prolaminleri içeren buğday, arpa, çavdar ve benzer tahıllar diyetten tamamen uzaklaştırılmalıdır (Ergöl, 2011; Yıldız, 2012).

Fenilketonüri hastalarına uygulanan diyet tedavisinin genel ilkesi: gıdalarla alınan fenilalanin miktarını azaltarak kandaki fenilalanin seviyesini belli sınırlar içerisinde tutmaktır (Özer ve ark, 2008). Gıdaların içerdiği FA miktarı, protein miktarı ile ilişkili olduğundan FKÜ 'lü hastaların diyetlerinden et, süt ve ürünleri,

yumurta, kurubaklagil, kuruyemiş gibi yüksek protein içeriğine sahip gıdalar çıkarılırken; orta düzeyde FA içeren tahıllar sınırlandırılmakta, FA miktarı düşük olan sebze ve meyvelere ise belirli miktarlarda izin verilebilmektedir (Küçükkasap, 2013).

Tahıl ürünleri, binlerce yıl boyunca temel gıda ürünlerinden biri olmuştur ve bu nedenle insan diyetindeki ana protein kaynaklarından birini temsil etmektedir (Gambuş ve ark, 2009). Unlu mamüller içerisinde ekmek ve kekten sonra önemli bir yeri olan bisküvi üretiminde; süt, yumurta ve buğday unu gibi yüksek protein içeriğine sahip hammaddeler kullanıldığından FKÜ hastaları tarafından tüketimi sakıncalıdır. Ayrıca hammadde olarak kullanılan buğday unu, gluten içeriğinden dolayı çölyak hastalarının tüketimine uygun değildir.

FKÜ ve çölyak hastalarının tüketebileceği gıdaların miktar ve çeşitliliği sınırlı olduğundan; diyetin tekdüzeliğini azaltan, günlük enerji ihtiyacını kısmen karşılayan, düşük fenilalanin içerikli, özel amaçlı tüketime uygun tıbbi gıdaların üretilmesi, diyet planlaması ve takibi oldukça önem arz etmektedir (Karadeniz, 2013). Ayrıca, yapılan literatür araştırması sonucunda; fenilketonüri hastalarının tüketimine yönelik düşük fenilalanin içerikli gıda üretimi kapsamında sınırlı sayıda çalışma olduğu saptanmıştır.

Bu nedenle, tez çalışması kapsamında fenilketonüri ve çölyak hastaları tarafından tüketilebilecek düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi üretiminin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, bisküvi üretiminde buğday unu, yumurta ve süt kullanılmaksızın, “mısır ve patates nişastası kombinasyonu” ile guar gam, HPMC, ksantan olmak üzere 3 farklı hidrokolloid 3 farklı konsantrasyonda (%1 %2 ve %3) kullanılarak düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirilmiş ve bazı kalite nitelikleri açısından değerlendirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Fenilketonüri Hastalığı (FKÜ)

Kalıtsal metabolizma hastalıkları, bir enzimin ve/veya kofaktörünün yetersizliği veya yoksunluğu ya da aktivitesinde oluşan azalma sonucu meydana gelen ve büyük çoğunluğu otozomal resesif kalıtım gösteren biyokimyasal bozukluklardır (Zeybek, 2003; Tunç, 2006). Bu sebeple enzim veya kofaktörünün eksikliği sonucu gelişen metabolik bloğun sonrasında substrat ve metabolitlerinin birikmesi ve son ürünün elde edilememesiyle bu maddelerin toksik etkileriyle akut ya da giderek ilerleyen bir hastalık tablosu ortaya çıkmaktadır (Kayser, 2008; Wilcken ve Wiley, 2008).

Genellikle kalıtsal metabolizma hastalıkları; aminoasit metabolizma bozuklukları (fenilketonüri, homosistinüri, akçaağaç şurubu idrarı hastalığı, tirozinemi, vb), organik asit metabolizma bozuklukları (propiyonik, metilmalonik, izovalerik asidemi, vb.), şeker intoleransları (galaktozemi, hereditör früktoz intoleransı), üre döngüsü bozukluklarından oluşmaktadır (Wilcken ve Wiley, 2008).

Fenilketonüri hastalığı (FKÜ, MIM 261600), otozomal resesif geçişli, kalıtsal bir protein metabolizması bozukluğudur. FKÜ, fenilalanin hidroksilaz enzimini (FAH, EC 1.14.16.1 (Fenilalanin 4-monooksijenaz)) kodlayan gendeki mutasyon nedeniyle karaciğerden salgılanan fenilalanin hidroksilaz enziminin ve/veya bu enzimin kofaktörü olan tetrahidrobiopterin (BH₄; (6R)-L-erythro-5,6,7,8-tetrahydrobiopterin) maddesinin yoksunluğu ya da yetersizliği sonucu ortaya çıkmaktadır (Cumhur, 2008; Rocha ve Martel, 2009; Kılıç ve ark, 2016; Derazshamshir, 2017).

Fenilalanin (FA) normal şartlarda FAH ile tirozine dönüşmektedir (Neyzi ve Ertuğrul, 2002). Bu enzimin eksik olması durumunda fenilalanin ve transaminasyonu ile oluşan metabolitleri (fenilpirüvik asit, fenillaktik asit, fenilasetik asit) hastanın kan, idrar, diğer vücut sıvıları ve beyinde birikerek

çocuklarda geri dönüşsüz zeka geriliğine neden olmaktadır (Ergül, 2011; Brown ve Lichter-Konecki, 2016). Diyet tedavisi uygulanmadığı takdirde merkezi sinir sistemi gelişiminde toksik etki oluşturan fenilalanin seviyesi kanda artış göstermektedir. Bundan dolayı plazma FA seviyesi normalin 20-30 katı kadar yükselmekte, protein sentezini baskılamakta, miyelin sentezleme oranı düşmekte, dopamin, serotonin, epinefrin ve norepinefrin gibi nörotransmitter maddelerde belirgin seviyede azalma gözlenmektedir. Kan fenilalanin seviyesinin yüksek olması protein ve nörotransmitter maddelerin sentezi için gerekli serbest L-aminoasitlerin (tirozin, valin, lösin, izolösin ve triptofan) taşınmasında baskılayıcı etki oluşturması sebebiyle nörotoksik etki gösterdiği kesin olarak ortaya konmuştur (Lidsky ve ark, 1985). Bunun yanı sıra, epilepsi, mikrosefali, egzema gibi deri lezyonları da ortaya çıkabilmektedir (Doğan, 2008).

2.1.1. Fenilketonüri Hastalığının Tarihçesi

1934'te Norveçli bir annenin ağır mental retardasyonu ve küf gibi tuhaf idrar kokuları olan iki kızını, metabolik hastalıklar konusunda çalışan Dr.Absjörn Fooling'e götürmüştür (Zeybek, 2003; Gök, 2015). Fooling, bu hastaların idrar örneklerine normal şartlarda diyabet hastalarına uyguladığı, idrarda keton varlığını tespit eden ferrik klorir (Fe_3Cl) solusyonu ile muamele ettiğinde daha önce karşılaşmadığı koyu yeşil renkle karşılaşmıştır. Yaptığı çalışmalar sonucunda renk farklılığının idrarlarındaki yüksek düzeyde bulunan fenilpirüvik asit denilen bir fenilalanin metabolitinden ileri geldiğini saptamıştır (Zeybek, 2003; Gök, 2015; Kazancı, 2018).

İngiliz genetikçi Lionel Penrose 1935 yılında bu hastalığın kalıtsal olduğunu ve Quastel ile 1937 yılında hastalıkla metabolik fenotip arasında kuvvetli bir ilişki bulunduğunu saptamışlar ve bu hastalığı Fenilketonüri olarak adlandırmışlardır (Gök, 2015). ABD'de Dr. George Jervis, Fenilketonüri hastalarının karaciğerindeki bir enzimin kalıtsal olarak bozukluğunun fenilalaninin tirozine dönüştürülmesini engellediğini ortaya koymuştur (Tunç, 2006; Şahinkanat,

2015). Fenilketonüri hastalığı 1950'lerde enzim eksikliğinden kaynaklı ortaya çıktığı tespit edildikten sonra diyetle dayalı tedaviler önem kazanmıştır (Kazancı, 2018). Bickel ve ark 1953 yılında FKÜ hastalarına fenilalanin içermeyen diyet tedavisi uygulamasıyla, hastalarda önemli düzeyde iyileşme görüldüğünü belirtmişlerdir. Ancak, diyetin bırakılması halinde gelişimin tekrar gerilediği rapor edilmiştir (Bickel ve ark, 1953).

Robert Guthrie 1963'te bakteriyel inhibisyon yöntemiyle yarı kantitatif olarak kan fenilalanin düzeyini kolaylıkla ölçebilen ve bugün de hala kullanılmakta olan 'Guthrie Testi'ni geliştirmiştir. Böylelikle dünyada hastalık yenidoğan döneminde taranmaya başlanmış ve Fenilketonüri hastalarında genetik taramanın ilk örneği meydana çıkarılmıştır (Gök, 2015).

FKÜ hastalığının en önemli semptomu olan zeka geriliğinin önlenmesi için erken tanı oldukça önemlidir. Bu nedenle nörolojik semptomlar ortaya çıkmadan önce yenidoğan taraması, tedavinin en önemli basamağını oluşturmaktadır. Ülkemizde ve diğer bir çok ülkede yenidoğan taraması Guthrie testi ile topuktan alınan kanla yapılmaktadır (Doğan, 2008). Ayrıca son yıllarda FKÜ tedavisinde, fluorometrik analiz ve kitle spektrofotometresi gibi yeni yöntemler de gittikçe yaygınlaşmaktadır (Karadeniz, 2013; Küçükkasap, 2013).

2.1.2. Fenilketonüri Hastalığının İnsidansı

Fenilketonüri hastalığı, otozomal resesif kalıtım gösterdiğinden dolayı hem annenin hem de babanın taşıyıcı olması bu hastalığı ortaya çıkarmaktadır (Cumhur, 2008). FKÜ hastalığının görülme sıklığı, yenidoğan tarama programlarıyla ülkeden ülkeye değiştiği görülmektedir (Küçükkasap, 2013). Fenilketonüri hastalığı ülkemizde her 3000-4500 yeni doğandan birinde görülmesine karşın Amerika'da ve birçok Avrupa ülkesinde 10000-30000 yeni doğandan birinde görülmektedir. Fenilketonüri hastalığının sık görüldüğü ülkelerden biri Türkiye'dir. Bu durum ülkemizde akraba evliliklerinin yaygın

olması ile ilişkilendirilmektedir. Türkiye ve bazı ülkelerdeki fenilketonüri hastalığı görülme sıklığı Çizelge 2.1’de özetlenmiştir (Doğan, 2008).

Çizelge.2.1. Fenilketonüri Hastalığının Ülkelerde Görülme Sıklığı

ÜLKE	GÖRÜLME SIKLIĞI
Türkiye	1/4.500
İrlanda	1/6.110
İtalya	1/7.000
Almanya	1/9.000
İngiltere	1/10.000
U.S.A	1/13.000
Fransa	1/18.000
Çin	1/20.000
Japonya	1/143.000
Finlandiya	1/200.000

2.1.3. Fenilketonüri Hastalığının Oluşum Mekanizması

Protein sentezinin gerçekleşmesinde gerekli olan fenilalanin (molekül formülü: $C_9H_{11}NO_2$), esansiyel bir amino asittir ve bu fenilalanin bünyesinde D ve L olmak üzere iki farklı enantiyomer ihtiva etmektedir (Young ve Pellett, 1987; Bardak, 2019).

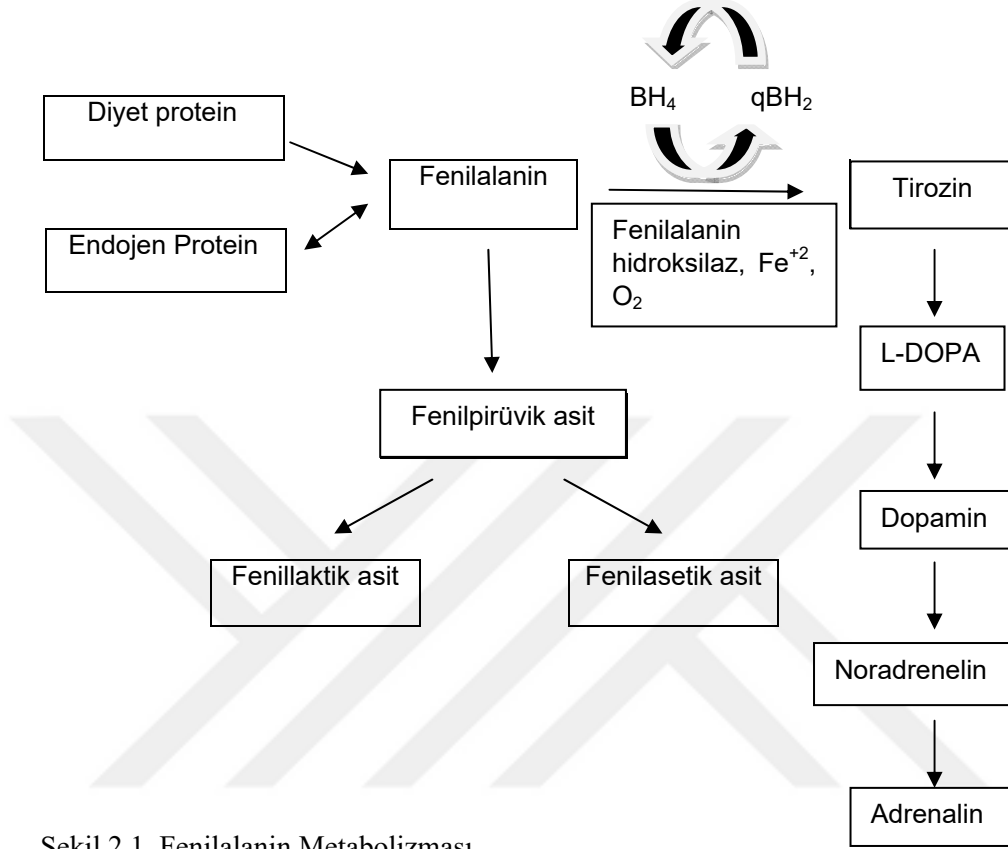
L-fenilalaninin insan vücudundaki temel kaynağı, amino asit depo kaynaklarından endojen olarak geri dönüşümü ve beslenme vasıtasıyla sağlanmaktadır. Fenilalaninin vücuttaki katabolizma metabolizması ise, protein oluşumuna katılması, hidrosilasyon vasıtasıyla tirozin amino asidine dönüşümü veya daha farklı bir metabolite dönüşmesi ile olmaktadır (Can, 2018). Bunun yanı sıra tirozin; L-DOPA (3,4-didroksi-L-fenilalanin), epinefrin (adrenalin) ve norepinefrin (noradrenalin) gibi katekolaminlerin öncü maddesi olmaktadır.

Ayrıca, deriye esas rengini kazandıran melanin pigmentinin ve tiroid hormonunun oluşumunu sağlamaktadır (Devlin, 1992).

Protein sentezi için gerekmeyen fazla fenilalanin, karaciğerde bulunan fenilalanin hidroksilaz (FAH) enzimi, bu enzimin kofaktörü tetrahidrobiopterin (BH₄), BH₄'ü yeniden oluşturmak için dihidropteridin redüktaz ve 4α- karbinolamin dehidrataz enzimleri, moleküler oksijen (O₂) ve demir (Fe⁺²) ile tirozine dönüştürülmektedir. Bu olay geri dönüşümsüz bir hidroksilasyon reaksiyonu olmaktadır (Scriver ve Kaufman, 2001; Hendriksz ve Walter, 2004; Kazanasmaz ve ark, 2018).

FAH ve BH₄ eksikliği veya yoksunluğu sonucu fenilalanin beyinde ve vücut sıvılarında birikmektedir. Tirozine dönüştürülemeyen fenilalanindeki amino grubu (NH₂), α-ketoglutarat'a transfer edilerek fenilpürivat oluşumuna sebep olmaktadır. Fenilpürivat kanda ve dokularda birikmekte, kısmen idrarla atılmakta ve ayrıca transaminasyon sonucu oluşmakta olan fenilpürivat, fenillaktik asit, feniletilamin, fenilasetat, fenilasetil glutamin gibi metabolitlerin oluşmasına sebep olmaktadır (Scriver ve ark, 1995). Şekil 2.1'de fenilalanin metabolizması verilmiştir (Strisciuglo ve Concolino, 2014; Hafid ve Christodoulou, 2015).

Fenilalaninin beyinde dopamin, adrenelin, epinefrin, nöroepinefrin, tiroid hormonu yapımının yanında ayrıca önemli nöropeptidlerin, melanotopin, vazopressin, somatostatin, adrenokortikotropik hormon ve kolesistokinon yapımı gibi fonksiyonel özelliklere sahip olmaktadır (Coşkun, 2003).



Şekil.2.1. Fenilalanin Metabolizması

2.1.4. Fenilketonüri Hastalığının Sınıflandırılması

Fenilketonüri hastalığı; vücut sıvılarından özellikle kanda, L-fenilalaninin miktarsal olarak artması sonucunda oluştuğundan dolayı, bu hastalığın sınıflandırılması kandaki L-fenilalanin miktarından yola çıkılarak yapılmaktadır (Blau, 2006).

Fenilketonüri hastalığına yönelik bugüne kadar birçok çalışma gerçekleştirilmesine rağmen hala bu hastalık için evrensel bir sınıflandırma sistemi ortaya konmamıştır. Bunun nedeni, yenidoğan bebeklerin kanlarındaki fenilalanin miktar olarak en yüksek seviyesine çıkmadan bebeklerden kan alınmasından dolayı bu hastalık için genel bir sınıflandırma yapılamamaktadır (Bickel ve ark, 1953).

Kağnıcı (2014)'e göre; tedavi edilmeden önceki kan fenilalanin seviyelerine göre:

Klasik FKÜ; 1200 $\mu\text{mol/L}$ ($\geq 20 \text{ mg/dl}$)'nin üzerinde kan fenilalanin derişimine sahip ve FAH aktivitesi %1'in altında olmakta,

Hafif (mild) HFA; kan fenilalanin seviyesi 600 $\mu\text{mol/L}$ -1200 $\mu\text{mol/L}$ (10–20 mg/dl) ve FAH aktivitesi %1-%5 aralığında,

Non-FKÜ HFA; 360 $\mu\text{mol/L}$ -600 $\mu\text{mol/L}$ (6 - 10 mg/dl) aralığında kan fenilalanin seviyesine sahip ve FAH aktivitesi %5'in üzerinde olduğu belirtilmiştir.

Vernon ve ark (2010) hastalığı en şiddetli semptomlara sebep olan klasik FKÜ (plazma fenilalanin $> 1200 \mu\text{mol/L}$), variant FKÜ (plazma fenilalanin $>400 \mu\text{mol/L}$ ve $<1200 \mu\text{mol/L}$) ve benign HFA (plazma fenilalanin $<400 \mu\text{mol/L}$) olarak sınıflandırma yapmışlardır.

Türkiye'de ise ilk sınıflandırma Kayaalp ve ark (1997) tarafından ortaya konulmuş olup, tanımlama olabildiğince basit tutulmaya çalışılmıştır:

- 1) Klasik FKÜ, en ağır türü olmakta ve tedavi edilmediği takdirde kan fenilalanin düzeyleri $>1000 \mu\text{mol/L}$ ve fenilalanin toleransı $<500 \text{ mg/gün}$ olarak tanımlanmıştır.
- 2) Non-FKÜ HFA, kan fenilalanin seviyelerinin normal beslenme düzeninde devam ederken sürekli olarak normal değerlerin üstünde $120 \mu\text{mol/L}$ - $1000 \mu\text{mol/L}$ olmasıdır.
- 3) Variant (değişik) FKÜ, FKÜ, ve non-FKÜ HFA sınıflandırmasına girmeyen hastaları kapsamaktadır.

2.1.5. Fenilketonüri Hastalığının Tedavi Yöntemleri

FKÜ yönetimi için Amerikan Tıbbi Genetik ve Genomik Enstitüsü yönetmeliği, tüm FKÜ hastalarında kan fenilalanin seviyelerini $120\text{-}360 \mu\text{mol/L}$ ($2\text{-}6 \text{ mg/dL}$) arasında tutulmasını tavsiye etmektedir (Mahan ve ark, 2018).

Kan fenilalanin düzeylerini istenen seviyelere indirmek için farklı tedavi yolları bulunmaktadır (Ülker ve Şanlıer, 2018). Bunlar;

- 1) Diyet Tedavisi: Yeni diyet tedavileri; düşük fenilalanin içeren gıdalar, büyük nötral amino asitler (LNAA) ve doğal olarak düşük fenilalanin içerikli glikomakropeptid (GMP)
- 2) Tetrahidrobiopterin (BH₄) Tedavisi (İlaç Tedavisi)
- 3) Alternatif Tedavi Yöntemleri (Enzim ve Gen Tedavisi) (Bélanger-Quintana ve ark, 2011).

2.1.5.1. Diyet Tedavisi

Yaklaşık 66 yıl önce Bickel ve ark. tarafından FKÜ hastalarına fenilalaninsiz diyet tedavisi uygulamasıyla, bu hastalarda kayda değer seviyede iyileşme görüldüğü saptanmıştır. Fakat diyetle ara verilmesi halinde gelişimin tekrar gerilediği 1953 yılında belirlenmiştir (Bélanger-Quintana ve ark, 2011; Can, 2018). Başlarda birçok uzman diyetisyen, FKÜ hastalarına uygulanan diyet tedavisinin ne kadar devam ettirilmesi gerektiği hususunda ortak bir karara varamamış olup son zamanlarda tüm "Yaşam Boyu" düşük fenilalanin içerikli diyet uygulaması uzmanlar tarafından fikir birliği ile kabul edilmiştir (Tunç, 2006).

Yeni doğanlarda FKÜ tanısının konulmasının ardından tıbbi beslenme tedavisine en geç 20 gün içerisinde başlanması gerekmektedir (Küçükbaş, 2013). Hastanın durumuna, yaşına ve kilosuna göre günlük alınmasına izin verilen maksimum fenilalanin miktarı değişim göstermektedir (Seçkin, 2007). Bundan dolayı farklı ülkelerde FKÜ tedavisi için yaş gruplarına göre önerilen kan fenilalanin konsantrasyonları değişim göstermekte olup söz konusu değişiklik Çizelge 2.2'de verilmiştir (Blau ve ark, 2010).

Klasik FKÜ hastaları, yaklaşık olarak günde 500 mg 'dan daha az FA (yaklaşık olarak normal bir diyetin %10'undan daha az) tolere edebilmektedirler

(Ney ve ark, 2009). Protein ihtiva eden gıdaların çoğunun yaklaşık %2.4-9 arasında fenilalanin içerdiği bilinmektedir (Derazshamshir, 2017).

Tedavinin başında, dokularda birikmiş olan FA'in beyin ve diğer vücut dokularına verebileceği zararı önleyebilmek için FA'in boşaltılması gerekmekte ve bu diyetle 'boşaltma diyeti' denilmektedir. Kan FA seviyesine göre 3 ile 7 gün arasında bir süre bu hastalara '0' mg FA, 2 mg/g protein verilmek suretiyle kontrol edilmektedir. Kan FA düzeyi istenilen seviyeye geldiğinde ise hastanın ihtiyaçlarına uygun seviyede FA ihtiva eden diyetle başlanmaktadır (Demir, 2005). Tedavide temel ilke, gıdalar ile alınan FA miktarını azaltmak suretiyle kan FA düzeyini normal sınırlar içinde tutmaktır (Küçükkasap, 2013). Yaşam boyu devam edilmesi gereken özel diyet programında; tirozin ile yaş, kilo, cinsiyet gibi faktörler göz önünde bulundurularak vitamin ve minerallerce zenginleştirilmiş ancak fenilalanince kısıtlı amino asit karışımları kullanılmaktadır. Bu nedenle beslenme tedavisinde fenilalanini yeterince azaltılmış ya da FA içermeyen özel ve ilaç niteliğinde mamaların ve tıbbi gıda ürünlerin kullanılması gerekmektedir (Ergül, 2011). Almanya, Hollanda, Amerika gibi bazı ticari firmalar tarafından bu hastalar için hazırlanmış olan özel mamalar bulunmaktadır (Sarıboğa, 2008).

Çizelge.2.2. Farklı Ülkelerde FKÜ Tedavisi İçin Yaş Gruplarına Göre Önerilen Kan Fenilalanin Konsantrasyonları (μmol/L) (Blau Ve Ark, 2010)

Ülke	<2 yaş	2-6 yaş	7-9 yaş	10-12 yaş	13-15 yaş	>16 yaş
Avustralya	100-350	100-350	100-350	100-450	100-450	100-450
Almanya	40-240	40-240	40-240	40-900	40-900	40-1200
İtalya	120-360	120-360	120-360	120-360	120-600	120-600
Japonya	120-240	120-360	180-360	180-480	180-600	180-900
İspanya	<360	<360	<480	<480	<720	<720
Türkiye	60-240	60-240	60-240	60-240	60-240	60-240
USA	120-360	120-360	120-360	120-360	120-600	120-900

Esansiyel bir amino asit olan fenilalanin protein içeren tüm besinlerde bulunmakta olup diyetten tamamen çıkarılması sakıncalı olmaktadır (Tunç, 2006).

Normal büyüme ve gelişmeyi sağlamak için minimum 9.1 mg/kg/d fenilalanine ihtiyaç duyulmaktadır (Weetch ve ark, 2006; Yaseen ve ark, 2011). Buna göre, fenilalaninin yetersiz alınması durumunda protein malnütrisyonu, büyüme ve gelişme geriliği, deri döküntüleri, ishal, saçlarda dökülme, osteolitik lezyonlar, konvülsiyon, megaloblastik anemi gibi bulgular ortaya çıkmaktadır (Tunç, 2006). Ayrıca tirozin bütün proteinlerin yapısında yer almakta ve tiroksin, melanin ve her biri nörotransmitter madde olan dopamin, noradrenalin ve adrenalinin öncül maddesi olmaktadır. FKÜ'lü hastalar hepatik bir enzim olan FAH eksikliğinden dolayı FA'i tirozine dönüştüremediklerinden dolayı bu hastalar için tirozin elzem bir aminoasit olmaktadır. Bu nedenle FKÜ hastalarına günlük 100-120 mg/kg/gün olacak şekilde tirozin verilmelidir (Ergül, 2011; Moueminogluou, 2013).

FKÜ hastalarının diyet tedavisinde, beslenmenin protein, enerji, vitamin, mineral ve fenilalaninden yana yeterli ve dengeli olması gerekmektedir. Bu sebeple diyet tedavisinde tüketilmemesi gereken gıdalar (et ve et ürünleri (kırmızı ve beyaz et, et ürünleri (sosis, sucuk vb.), tüm balık türleri, sakatatlar), süt ve süt ürünleri (süt, tüm peynir çeşitleri, yoğurt, sütlü tatlılar, kefir vb.), her türlü yumurta ve yumurta içeren besinler, her türlü yağlı tohumlar (fındık, fıstık, ceviz vb.), tahıllar (normal ekmek ve un (buğday, arpa, çavdar, yulaf vb.), bisküvi, kek, kurabiye vb.), kuru baklagiller (kuru fasulye, nohut, mercimek vb.)) fenilketonürlü hastalar ve aileleri tarafından bilinmesi gerekmektedir (Ergül, 2011). Bunun yanı sıra, yapay bir tatlandırıcı olan aspartam, metabolize edildiğinde fenilalanin, L-aspartik asit ve metanol açığa çıkardığından dolayı FKÜ hastaları tarafından tüketilmesine izin verilmemektedir (Williams ve ark, 2008).

Ayrıca tüketimi serbest olan gıdaların (tatlılar (şeker, sade lokum, pişmaniye, sütsüz bazı dondurma ve tatlılar), bitkisel yağlar (ayçiçek yağı, zeytinyağı, fındık yağı vb.), içecekler (su, maden suyu, soda, limonata, çay, kahve, bitki çayları, aspartam içermeyen gazlı içecekler vb.) ve tüketimi sınırlı olan gıdaların da (meyve, sebze, zeytin, reçel, bal, pekmez, tereyağı, margarin vb.) bilinmesi bu hastalar için büyük önem arz etmektedir (Ergül, 2011).

Gıdaların içerdiği protein miktarı, FA miktarı ile ilişkili olduğundan (Küçükkasap, 2013) bazı gıdaların protein içeriği Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge.2.3. Bazı gıdaların protein içeriği (%) (Anonim, 2019).

GIDA	PROTEİN İÇERİĞİ (%)
Süt	3.17
Yumurta	13.13
Dana eti (But)	20.99
Koyun eti (But)	18.02
Keçi eti (But)	20.05
Ceviz	14.7
Buğday (Ekmeklik)	11.30
Mısır nişastası	0.19
Patates nişastası	0.06
Pirinç unu	6.72
Margarin (Süt içermeyen)	0
Kabartma tozu	0.75
Vanilin	0.44

Diyet tedavisinin zihinsel geriliği önlemede oldukça etkili olması ve bu amaçla üretilen tıbbi formüllerin yıllar içerisinde beslenme kalitesinde ve lezzetinde kısmi iyileşmeler olmasına rağmen FKÜ tedavisi için gerekli olan çok kısıtlı diyet yine de beslenme yetersizliği riski taşımaktadır. Bu nedenle, FKÜ hastalarında büyüme geriliği, kalsiyum, demir, çinko, selenyum gibi minerallerin, D ve B12 gibi vitaminlerin eksikliğinin görüldüğü bildirilmiştir. Beslenme eksikliklerinin yanı sıra, FKÜ diyeti hasta ve aileleri için hem ekonomik hem de sosyal olarak güç bir durum olmaktadır (Bélanger-Quintana ve ark, 2011). Bundan dolayı, diyeti takip etmek uzun vadede zorlaşmaktadır ve birçok birey diyeti bırakmak istemektedir. Belli durumlarda tetrahidrobiopterin (BH₄) ile büyük nötral

amino asit (LNAA) takviyeleri tedaviye yardımcı olabilmektedir (Ney ve ark, 2009; Regier ve Greene, 2017).

2.1.5.2. Glikomakropeptit

Diğer bir adı kazeinomakropeptid olan glikomakropeptid (GMP), peynir altı suyundan elde edilen ve 64 amino asitten oluşan bir glikofosfopeptittir (Manta-Vogli ve ark, 2018). Saf haldeki GMP, fenilalanin, tirozin ve triptofan gibi aromatik amino asitleri içermezken (Etsel, 2004), normal diyet proteinlerine kıyasla, toksik etki oluşturmayan valin, treonin ve isolösin gibi büyük nötral amino asitleri (LNAA) 2-3 kat daha fazla içermektedir (van Calcar ve Ney, 2012). GMP, saf halde fenilalanin içermezken, peynir altı suyundan GMP'nin izolasyonu esnasında iz miktarda da olsa fenilalanin geçişi olabilmektedir (Ney ve ark, 2009). Piyasada satılan GMP'nin 2-5 mg/100g fenilalanin içerdiği bildirilmektedir (Lim ve ark, 2007).

GMP, sıcak ortamlarda stabilitesini koruyabilmekte ve asit ortamlarda çözünabilmektedir. Ayrıca jel ya da köpük oluşturabilmektedir (Ney ve ark, 2009). GMP'nin fonksiyonel özellikleri sayesinde gıda üretim aşamalarında sentetik amino asitlerden daha kullanışlı olmakta (Ülker ve Şanlıer, 2018) ve düşük fenilalanin içerikli gıdalar ve içecekler hazırlamada uygun olmaktadır (Ney ve ark., 2009). GMP ilavesiyle aromalı süt (milkshake), meyveli puding, salata sosları gibi gıda ve içecekler elde edilmektedir (Ülker ve Şanlıer, 2018). Ayrıca, GMP kullanılarak üretilen ürünleri tüketen bireylerin, beslenme durumlarının sentetik amino asit içeren ürünleri tüketen bireylere göre daha iyi olduğu saptanmıştır (van Calcar ve Ney, 2012).

Kısacası, GMP'nin düşük fenilalanin, yüksek protein ihtiva etmesinden ve lezzet açısından da sentetik aminoasitlere kıyasla daha iyi olması sebebiyle, fenilketonüri hastalarına uygun bir tedavi yöntemidir (Ülker ve Şanlıer, 2018).

2.1.5.3. Büyük Nötral Amino Asitler (Large Neutral Amino Acids (LNAA))

Büyük nötral amino asitler (LNAA), fenilalanin dışında tirozin, triptofan, treonin, metiyonin, histidin, lösin ve isolösin ihtiva eden bir amino asit karışımıdır (Ülker ve Şanlıer, 2018). LNAA ile fenilalaninin gastrointestinal sistemden emilimi ve kan-beyin bariyeri boyunca aynı transport mekanizması (L-tipi aminoasit taşıyıcısı) için yarıştıklarından ötürü kan fenilalanin konsantrasyonunu düşürerek nörotoksiteyi azaltmaktadır (Moueminogluou, 2013; Strisciuglo ve Concolino, 2014; Ülker ve Şanlıer, 2018). LNAA'lar, kan ve beyin fenilalanin düzeyini azaltmak, beyinde nörotransmitter maddelerin sentezini arttırmak ve beyinde fenilalanin dışında LNAA seviyesini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (Ülker ve Şanlıer, 2018). Yapılan bir çalışmada, FKÜ hastalarında bu tedaviyle kan fenilalanin seviyesinin yarı yarıya düştüğü belirlenmiştir. Bu bulgular LNAA ile ek tedavinin FKÜ tedavisinde yardımcı olabileceğini ortaya koymakla birlikte hala tartışmalı bir konudur ve yalnızca komplikasyonu olmayan, diyet tedavisine uymayan adölesan ve erişkin hastalarda uygulanması önerilen alternatif bir tedavi yöntemidir (Moueminogluou, 2013; Şahinkanat, 2015).

5.1.5.4. Tetrahidrobiyopterin (BH₄; sapropterin) Tedavisi

Tetrahidrobiyopterin (BH₄), fenilalanin hidrosilaz enziminin doğal bir kofaktörüdür (Bélanger-Quintana ve ark, 2011). Sapropterin dihidroklorür (KUVAN®), ağız yoluyla alınan BH₄'ün sentetik ve stabil formu olan ve FKÜ hastalarının kan fenilalanin seviyelerini düşürmede kullanılan ilk ve günümüzde hala kullanımı devam eden ilaç tedavisidir (Williams ve ark, 2008; Hafid ve Christodoulou, 2015).

Fenilketonüri hastalarının BH₄'e yanıt verip vermeyeceği yapılan yükleme testleri aracılığıyla ortaya konmaktadır (Lindgren ve ark, 2013). Bu testin FKÜ'li hastalara uygulanabilmesi için öncelikle bu hastaların kan fenilalanin düzeyinin 400 µmol/L 'nin üstünde olması gerekmektedir. Bunun yanı sıra bu testi uzmanlar, bu tedaviye cevap vermesi muhtemel olan hastalar için tavsiye etmektedir.

Sapropterin, 2007 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde, 2008 yılında Avrupa'da ve 2010 yılında ise Kanada'da tedavi olarak kullanılmaya başlanmıştır (Ülker, 2018).

2007'de Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA), FKÜ hastalığının tedavisinde kullanılmasını onaylamıştır. Fakat her FKÜ hastasında bu tedavinin pozitif sonuçlar vermediği hususu dikkate alınmalıdır. Bu tedaviye olumlu yanıt veren FKÜ hastalarında amaç kan fenilalanin düzeyini kontrol altında tutmaktır. FKÜ hastalarının bu tedaviyle düşük fenilalanin içerikli besin çeşitliliğinin artmasına imkan sağlasa da diyeti tamamen bırakmayı sağlayamamaktadır (Ülker ve Şanlıer, 2018).

2.1.5.5. Enzim Tedavisi

FKÜ hastaları için enzim tedavisi, FA'i metabolize eden enzimlerin organizmaya verimli bir şekilde takviyesiyle zararlı düzeylere yükselen FA seviyesini düşürmeyi amaçlayan alternatif tedavilerden birini temsil etmektedir (Strisciuglio ve Concolino, 2014). Rekombinant olarak ifade edilen insan FAH enziminin saflaştırılması ve BH₄'e ihtiyaç duyması gibi zorluklar ihtiva etmesinden ötürü alternatif bir enzime ihtiyaç duyulmaktadır (Bardak, 2019). Enzim tedavisi, FAH takviyesi ile yapılabildiği gibi bazı bitkiler, mayalar yada bakterilerde sentezlenebilen fenilalanin amonyum liyaz (FAL) enziminin takviye edilmesiyle de uygulanabilmektedir (Şahinkanat, 2015). FAL, insanlarda bulunmamakta ve güçlü bir otokatalitik enzim olup FA'i metabolize etmek için kofaktöre ihtiyaç duymamaktadır (Hafid ve Christodoulou, 2015; Bardak, 2019). FAL, fenilalanini zararsız bir metabolit olan trans-sinamik asit ve amonyağa metabolize etmektedir. Oluşan trans-sinamik asit, karaciğerde güvenli ve hızlı bir şekilde benzoik aside dönüştürülmekte ve hippürik asit olarak idrarla atılmaktadır (Hoskins ve Gray, 1982).

FAL'ın aktivitesi için optimum 30 °C sıcaklık ve 8.5 pH derecesine sahip olması gerekmekte olup bu değerler gastrointestinal sistem ile uyum sağlamaktadır

(Ülker ve Şanlıer, 2018). FKÜ hastası olan fare modelinde, FAL'in oral ve parantral olarak uygulandığı çalışmalarda, kan ve beyin fenilalanin seviyelerinde azalma olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra, FAL oral olarak alındığında, mide öz suyunun asitliği ile tahrip olmakta ve bağırsak proteolizine uğradığından dolayı bu etkileri minimuma indirmek için enkapsüle edildiğinde ise doğal enzimden daha az etkili olduğu belirlenmiştir (Thompson ve Rohr, 2009). Parantral olarak uygulanan FAL ise immünojeniktir ve reaksiyonlara neden olabilmektedir (Strisciuglio ve Concolino, 2014). Söz konusu problemlerin üstesinden gelebilmek amacıyla polietilen glikol (PEG) ile konjugasyon (PEG-PAL) uygulanmış olup immünoreaksiyon derecesini azaltmada ve enzim aktivitesinin korunmasında başarı kaydedilmiştir. Pegilasyon metotları R. glutinis'den elde edilen FAL'e uygulanmış olup, hastaların deri altı altlarına uygulanan ilk enjeksiyonun ardından doğal yapıdaki FAL'in yarılanma ömrü 6 saat olmasına karşın PEG-PAL yarılanma ömrü 20 saat olarak belirlenerek tedavinin etkinliğini arttırdığı saptanmıştır (Bardak, 2019). Ancak, FDA tarafından hala onaylanmamış olan bu tedaviyle ilgili kısıtlı çalışma olduğundan dolayı enzim tedavisinin etkinliğini kanıtlamak amacıyla daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Ülker ve Şanlıer, 2018).

2.1.5.6. Gen Tedavisi

Gen tedavisi günümüzde FKÜ hastaları için alternatif çalışmalardan birini temsil etmektedir. Gen tedavisinde başarı kaydedebilmek için, FAH geninin ya bir vektör ya da DNA aracılı gen transferi vasıtasıyla karaciğere transfer edilmesi gerekmektedir (Thompson ve Rohr, 2009). Bakteriyofaj yöntemi uygulanarak, fare genomunun spesifik bölgesine fonksiyonel özelliğe sahip fare FAH geni aktarılmıştır. Söz konusu işlem üç tekerrürlü olarak uygulanmış olup, tedavi edilen tüm FKÜ hastası fare modellerinde kan FA seviyelerinin normal düzeylere indirildiği saptanmıştır. Fakat gen tedavisinin insanlarda risk teşkil etmesinden ötürü bu alandaki gelişmeler yavaş ilerleme kaydetmektedir (Moueminogluou, 2013).

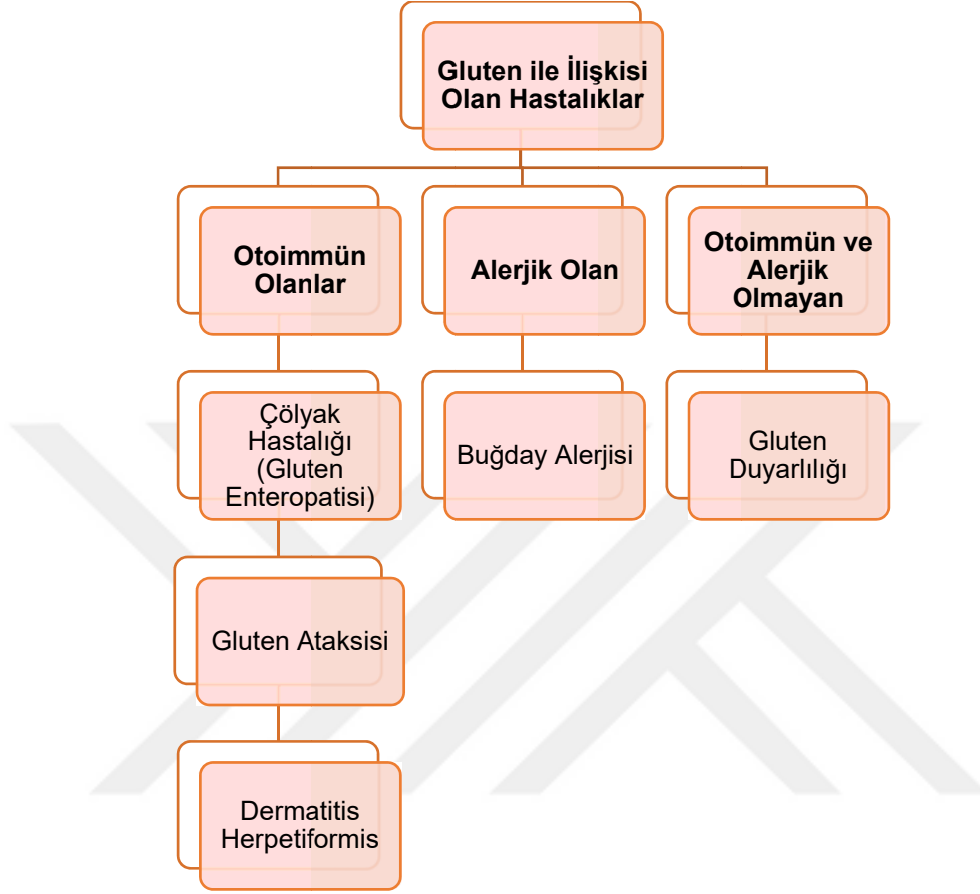
2.1.6. Düşük Fenilalanin İçerikli Bisküvi Üretim Çalışmaları

Parlak (2018) tarafından, FKÜ ve çölyak hastalarının tüketimine uygun bisküvi üretiminde ksantan gam, pektin ve gliserol monostearat (GMS) kullanılmış ve üretimde kuru üzüm, kuş üzümü, hurma ve elma tarçın eklenmiştir. Kontrol olarak sade bisküvi üretilmiştir. Üretilen bisküvilere nem, kül, protein, yağ, amino asit kompozisyonu, karbonhidrat miktarı, diyet lif ve enerji değerlerini belirleme gibi kimyasal analizler yapılmış olup, renk, tekstür, çap ve yayılma oranı gibi fiziksel analizlere ve duyusal analize tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, % nem değerlerine bakıldığında GMS'li bisküvilerin diğer bisküvilere göre düşük olduğu, % kül değerlerine bakıldığında pektin içeren bisküvi örneklerinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Pektinli sade (PS), pektinli elma tarçınlı (PE) ve pektinli kuş üzümlü (PU) bisküvilerin protein değerleri yüksek bulunmuş olup ($p<0.05$), yağ oranı ise sade bisküvilerin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Pektinli kuru üzümlü (PK) bisküvilerin fenilalanin değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Diyet lif değerlerine bakıldığında, en düşük değer sade bisküvilerde saptanırken, en yüksek değere ise elma tarçınlı bisküvilerin sahip olduğu gözlenmiştir. En yüksek karbonhidrat değerinin GMS içeren kuş üzümlü (GU) bisküvi örneklerine ait olduğu bulunmuştur. Renk değerleri incelendiğinde, ksantan içeren sade bisküvi örneklerinde L^* değeri, pektinli elma tarçınlı bisküvi örneklerinde a^* değeri, GMS içeren hurmalı bisküvi örneklerinde b^* değeri istatistiksel açıdan önemli bir seviyede yüksek olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Ksantan gamın örneklerin sertlik değerini artırdığı saptanmıştır. GMS içeren sade bisküvilerin yayılma oranı değerini önemli seviyede arttırdığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Duyusal analiz sonuçların göre ise, pektinli kuş üzümlü bisküvi örnekleri panelistler tarafından en lezzetli bisküvi seçilmiş olmasına rağmen GMS'li elma tarçınlı bisküvi örnekleri en yüksek satın alınabilirlik puanlarını aldığı gözlenmiştir.

Yaseen ve ark (2014)' nın yaptıkları bir çalışmada, FKÜ hastalarının tüketimine uygun düşük fenilalanin içerikli bisküvi üretimi amacıyla buğday ununu kısmen ikame etmek üzere farklı seviyelerde mısır nişastası kullanılarak 5 farklı formülasyon hazırlanmıştır. Ayrıca nihai ürünün tekstürel niteliklerini geliştirmek amacıyla pektin ve karboksimetil selüloz (CMC) kullanılmıştır. Bisküvi örneklerinin; kimyasal bileşimi, aminoasit içeriği, hamur nitelikleri, pişme testi ve duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; bisküvi örneklerinin, buğday unu yerine mısır nişastası kullanımının bir sonucu olarak kontrolden daha düşük protein içeriğine dolayısıyla daha düşük fenilalanin içeriğine sahip olduğu saptanmıştır. 84 g mısır nişastası, 10 g buğday unu, 3 g pektin ve 3g CMC içeren formüle ait fenilalanin ve protein içeriği, kontrolle karşılaştırıldığında sırasıyla %88 ve %79 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Hidrokolloidlerin, üretilen bisküvilerin reolojisinde, pişme kalitesinde ve duyu özelliklerinde iyileşme sağladığı görülmüştür.

2.2. Çölyak Hastalığı

Gluten enteropatisi olarak da adlandırılan çölyak hastalığı (ÇH, *Celiac Disease*), buğday, arpa, çavdar ve yulafın ihtiva ettiği prolamin olarak adlandırılan gluten ve gluten benzeri proteinlerin tolere edilememesi sonucu ortaya çıkan otoimmün bir hastalıktır (Çakmak, 2013; Özsan, 2013; Bozdoğan, 2015; Hayıt, 2018). Bu prolamin fraksiyonları; buğdayda gliadin, arpada hordein, çavdarda sekalin ve yulafta avenin olarak isimlendirilmektedirler (Özsan, 2013). Buna göre, gluten ile ilişkisi olan hastalıkların sınıflandırılması Şekil 2.2'de verilmiştir (Avcı, 2016).



Şekil.2.2. Gluten İle İlişkisi Olan Hastalıkların Sınıflandırılması

Çölyak hastaları gluten içeren gıdalar tükettikleri zaman, hastaların bağışıklık sistemi uyarılmakta ve bağırsakların iç yüzey kısmında iltihap oluşmaktadır. İnce uzun çıkıntılar (villi), normal bağırsak hücrelerinin yüzeyinde bulunmakta ve besin maddelerinin absorpsiyonunu sağlaması için gerekli olmaktadır. Villiler, iltihaba bağlı olarak azalmakta, kısalmakta veya tamamen ortadan yok olması suretiyle bağırsak iç yüzeyi düzleşmektedir. 'Kripta' adı verilen, villilerin yüzeyinde bulunmakta olan tek sıra halinde dizilmiş hücreler ise birikerek kalınlaşmaktadır (Yücel, 2009; Bozdoğan, 2015; Memeli, 2015). Bundan dolayı ince bağırsak villilerinde hasar meydana gelerek besinlerin emilimi bozulmak

suretiyle başta vitaminler ve mineraller olmak üzere birçok besin maddesinin (yağlar, bazı nişastalar ve şekerler) malabsorpsiyonuna neden olmaktadır (Savtekin, 2014). Her yaşta ortaya çıkabilen çölyak hastalığının klasik bulguları; ishal, kabızlık, kusma, karın ağrısı, karın şişmesi, iştahsızlık, halsizlik, kilo kaybı ve büyüme geriliğidir (Özmen, 2011; Ildız, 2015). Bu bulguların yanı sıra bazen de çölyak hastalığı, klasik gastrointestinal belirtilerinin yerine kronik yorgunluk, kısırlık, düşük yapma, demir eksikliği anemisi, düşük oranda kemik mineral yoğunluğu, folat/çinko eksikliği, hazımsızlık, pıhtılaşma bozuklukları, hipertrans anemi, eklem ağrısı, diş minesini hipoplazisi, ergenlikte gecikme, kısa boy ve nedeni belirlenemeyen nörolojik bozukluklar gibi bağırsak dışı bulgularla da ortaya çıkabilmektedir (Bozdoğan, 2015; Koçak, 2018).

2.2.1. Çölyak Hastalığının Tarihçesi

Çölyak hastalığı hakkında ilk kez M.Ö. 2. yüzyılda yaşamış olan Kapadokya'lı Arataeus tarafından hastalığa ad verilmeden sadece klinik bulguları tarif edilerek anlatılmıştır (Özgür, 2011; Serin, 2016).

Çölyak hastalığının klinik açıklaması günümüze en yakın şekli ile ilk olarak 1887-1888'de İngiliz pediatrist olan Dr. Samuel Jones Gee tarafından Kuzey Avrupa'da yaşayan çocuk hastalarda ortaya konmuştur (Çakmak, 2013; Pehlivan, 2016). Hastalığın sadece yetişkin bireylerde görüldüğünü iddia eden Arathaeus, özellikle de ileri yaştaki kadınlarda ortaya çıktığını düşünmüştür. Fakat Dr. Samuel Gee bu hastalığın tüm yaş gruplarında gözlenebilen kronik hazımsızlık olarak açıklamıştır (Yarpuz, 2011; Çakmak, 2013). Ayrıca Dr. Samuel Gee hastalığın klasik belirtilerini, diyare, büyüme problemleri ve halsizlik olarak açıklamıştır (Yarpuz, 2011).

2. Dünya Savaşı esnasında besin ve hububat kıtlığında ishal, sindirim bozukluğu ve gelişme geriliği saptanan bazı çocukların klinik semptomlarının düzeldiğini, savaş bittiğinde kıtlık sona erince ise çocukların şikayetlerinin tekrar ettiğini Hollanda'lı bir çocuk doktoru olan Dr. Willem-Karel Dicke tarafından fark

edilmiştir (Özgür, 2011; Pehlivan, 2016). Ve Dr. Dicke hastalığa 'gluten' adı verilen bir proteinin sebep olduğunu belirtmiştir (Çakmak, 2013). 1950'de Dr. Dicke'nin Utrecht Üniversitesi'nde yaptığı doktora tezinde hastalığın belirtilerinin diyetten buğday, çavdar ve yulafın uzaklaştırılmasıyla düzelme gözlemiştir (Çakmak, 2013; Savtekin, 2014).

1969'da ilk kez Avrupa Pediatrik Gastroenteroloji, Hepatoloji ve Beslenme Derneği (ESPGHAN) tarafından çölyak hastalığının tanı kriterleri belirlenerek açıklanmıştır.

Ailesel yatkınlığın çölyak hastalığında etkili olduğunu 1965'te ilk kez Mac Donald göstermiştir. Falchuk ve Stokes tarafından 1972 yılında bu hastalığın İnsan Lokosit Antijeni (HLA) ile ilgili olduğu belirlenmiştir (Çakmak, 2013).

1992 yılında Marsh tarafından, çölyak hastalığının histopatolojisi ile patofizyolojisi arasında yorum yapılması suretiyle ilk sınıflandırma sistemi ortaya konulmuştur. Dietrich 1997 yılında bu hastalıkta doku transglutaminazın otoantijen rolünü göstermiştir. 1998'de Molberg, doku transglutaminaz enziminin deaminasyon yapmasıyla glutenin yapısındaki peptitleri daha antijenik hale getirdiğini göstermiştir (Çakmak, 2013).

2.2.2. Çölyak Hastalığının Görülme Sıklığı

Bireylerin genetik özellikleri ve çevresel faktörler çölyak hastalığının meydana gelmesiyle bağlantılı olduğundan dolayı hastalığın görülme sıklığı bölgeler arasında büyük farklılıklar ortaya koymaktadır. Çölyak hastalığı, kişilerin diyetlerinde gluten ve benzeri proteinler olmadığı sürece ortaya çıkmamaktadır. Bu nedenle İsrail, Avusturalya, Yeni Zelanda, Suriye, İran ve Türkiye gibi tahıl ve ürünlerinin tüketiminin çok olduğu ülkelerde sıklıkla görülürken, Japonya ve Çin gibi tahıl tüketiminin hemen hemen hiç olmadığı ülkelerde neredeyse bu hastalık görülmemektedir (Çakmak, 2013).

Çölyak hastalığının görülme sıklığını belirlemek için yapılan epidemiyolojik çalışmalar sonucunda hastalığın tüm dünyada artmaya devam eden bir eğilim izlediği görülmektedir (Hisar, 2011).

2.2.3. Çölyak Hastalığında Tanı ve Tedavi

ÇH, bir yaşam boyu devam eden bir hastalık olup tedavisinin de bir ömür devam edilmesi gerekeceğinden dolayı kesin bir şekilde doğru teşhis konulmalıdır (Pehlivan, 2016). ÇH'nın tanısı genellikle bağırsak emilimindeki bozukluk gibi tipik belirtilere, serum antikor testlerine ve ince bağırsak biyopsisinde belirgin mukoza değişikliklerinin saptanmasına dayanmaktadır (Yarpuz, 2011; Hayıt, 2018). Tanı koyarken emin olunamayan bireylerde genetik çalışma yapılması gerekmektedir (Pehlivan, 2016).

Günümüzde ÇH'nın kesin tanısı, Avrupa Pediatrik Gastroenteroloji, Hepatoloji ve Nutrisyon Topluluğunun (ESPGHAN) tanı kriterleri doğrultusunda konulmaktadır. Bunlar;

- Çölyak hastalığına ait klinik bulguların olması,
- Çölyak hastalığını belirlemek için serolojik inceleme sonuçları,
- Çölyak hastalığı ile uyumlu olan histolojik bulguların saptanması,
- Glutensiz diyet uygulaması sonucunda kesin klinik ve serolojik düzelme yanıtının alınması,
- Olguların iki yaşın üstünde olması,
- Çölyak hastalığıyla benzer semptomlara sahip olan diğer durumların ayırt edilmesi gerekmektedir (Pehlivan, 2016).

Çölyak hastalığının tek ve etkili tedavi yöntemi yaşam boyu devam ettirilmesi gereken glutensiz bir diyet uygulamasına bağlı kalınmasıdır (Özyiğit, 2016). Sıkı bir diyet uygulamasıyla klinik bulgular, serolojik belirtiler ve bağırsak

mukozası normal hale dönüp işlevini gerçekleştirebilmektedir (Biagi ve ark, 2012). Fakat, prolamin reaktif T hücreleri çölyak hastalarında bulunmaya devam etmekte ve tekrar prolamin gruplarına maruz kalınması halinde immün aktivasyon ve mukozal zarar kendini göstermektedir. Kısacası, glutenin çölyak hastalarının diyetlerinden uzaklaştırılması büyük önem arz etmektedir (Mazzeo ve ark, 2014).

Glutensiz bir diyetle bulunmasına izin verilmeyen gıdalar;

- Buğday, çavdar, arpa, tritikale (buğday ile çavdar melezi) ve yulaf unlarından elde edilen ekmek, bisküvi, kek veya diğer gıdalar ile bunlardan hazırlanan yan ürünler,
- İşlenmiş peynir, salata sosları, sosisli sandviç, hazır çorbalar, krema sosları gibi buğday veya gluten türevlerinin dolgu maddesi ve kalınlaştırıcı ajan olarak ilave edilen işlenmiş gıdalar,
- Bağlayıcı ajan olarak tabletlerde gluten veya gluten türevleri kullanılan ilaçlardır (Koçak, 2018).

Bir ürüne 'glutensiz' diyebilmek için ülkeler kendilerine özgü değişik standartları kullanabilmektedir. Örneğin, ABD ve Kanada'da bir ürüne glutensiz diyebilmek için hiç bir şekilde gluten ihtiva etmemesi gerekmektedir. İngiltere'de ise buğday nişastasının, glutensiz olarak adlandırılarak piyasaya sürülen ürünlerde kullanımına müsaade edilmektedir (Ulutürk, 2018).

'Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Olan Glutensiz Gıdalar Tebliği'ne (Tebliğ no: 2012/4) göre; gluten miktarını azaltmak üzere özel olarak işlenmiş buğday, çavdar, arpa, yulaf veya bunların melezlerinden elde edilen bir veya daha fazla bileşen bulunduran veya bunlardan oluşan, tüketiciye sunulacak olan nihai üründe gluten seviyesi 100 mg/kg 'ın üzerinde olmaması gerektiği belirtilmektedir. Fakat bu ürünlerin etiketlenmesi, tanıtımı ve reklamında "çok düşük glutenli" ibaresi kullanılmaktadır. "Glutensiz" ibaresini kullanabilmek için ise elde edilen ürünlerin gluten miktarı 20 mg/kg'ı aşmaması gerekmektedir. Yukarıda bahsedilen "çok düşük glutenli" veya "glutensiz" ibareleri,

ürünün etiketi üzerinde ve ürünün adına yakın bir yerde bulunması gerekmektedir (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2012).

FAO ve WHO tarafından belirlenen ve glutensiz gıdalar üretebilmek için ortaya konulan Kodeks Standardı'na göre; prolamin fraksiyonunu ihtiva eden buğday, arpa, çavdar, yulaf veya bunların melez çeşitlerini içermeyen veya bunların gluten seviyesi 200 mg/kg'ı aşmayan bileşenleri ile hazırlanan gıdalar şeklinde tanımlanmaktadır (Yılmaz, 2014).

Codex Alimentarius'a göre glutensiz gıdalar aşağıda açıklanmaktadır;

- (a) Buğday, arpa, çavdar veya bunların melezlerinin ihtiva ettiği prolaminleri içermeyen girdilerden hazırlanan ve gluten miktarı 20 ppm'i geçmeyen veya
- (b) buğday, arpa, çavdar, yulaf, kılçıksız buğday veya bunların melezlerinden 'glutensiz' olarak ifade edilen bileşenleri bulunduran ve gluten miktarı 200 ppm'i geçmeyen veya
- (c) (a) ve (b)'de belirtilen bileşenlerden herhangi ikisinin karışımıyla üretilen ve gluten miktarı 200 ppm'i geçmeyen gıdalar (Koçak, 2018).

Glutensiz ürünler yalnızca çölyak hastaları için değil aynı zamanda gluten hassasiyeti olan bireyler ve yaşam tarzı açısından glutenden uzak duran bireylerin glutensiz bir diyet uygulayabilmesi için de gerekmektedir (Hayıt, 2018).

Çölyak hastaları buğday, çavdar, arpa ve yulaf yerine patates, mısır, pirinç, darı, sorgum, mercimek, nohut, kestane, fındık, soya fasülyesi, yalancı tahıllar (amarant, karabuğday, kinoa vb.) gibi gıdalar ve bunlardan elde edilen un ve nişastalar gluten içermediğinden güvenle tüketebilmektedirler (Bozdoğan, 2015; Koçak, 2018).

2.3. Bisküvi

Romalıların keşfetmiş olduğu bisküvi, Latince'de 'bis coctus' ve Fransızca'da ise 'bescoit' kelimelerinden türetilmiş olup tahıl ürünlerinin kimyasal yollardan fermente edilerek kabartılması suretiyle pişirilmesi sonucu elde edilen nihai ürüne verilen isim olmaktadır. Bisküvi, iki kez pişirme işlemine tabi tutulmuş

ürün anlamına gelmektedir. Söz konusu teknik, 1930'lu yıllardan itibaren kullanılmaktadır (Ulusoy, 2011; Can, 2015; Giritlioğlu, 2017).

Bisküvi, yüksek oranda yağ ve şeker içeriği ve düşük oranda su miktarıyla tanımlanmaktadır. Türkiye'de bisküvi terimiyle ifade edilen bu ürünler, Avrupa ülkelerinde ve İngiltere'de de 'biscuit' kelimesiyle tanımlanmaktadır. Fakat bazı ülkelerde ise 'cookie' kelimesiyle ifade edilmektedir. Bu ürün, Amerika'da cookie terimiyle tanımlanırken, kimyasal olarak kabartılmış ekmekler için ise biscuit terimi kullanılmaktadır. Bu ürünler yalnızca formülleri itibarıyla değil üretim yöntemleri bakımından da bisküvilerden ayrılmaktadır. Ve ayrıca bu ürünler için yapılan tanımlama, bisküvinin tanımı ile de uyuşmamaktadır fakat başka bir kategoriye girmediklerinden bisküvi grubunda yer almaktadırlar (Yıldız, 2012).

Türk Standartları Enstitüsü'nün 04.02.2010 kabul tarihli TS 2383 no'lu standartta bisküvi, "tahıl unu içine kabartıcı, beyaz şeker, yemeklik tuz, yemeklik bitkisel yağ ve gerektiğinde glikoz, invert şeker, süt tozu, yumurta, peynir altı suyu tozu, nişasta ve mevzuatta katılmasına izin verilen maddeler ile gerektiğinde çeşni maddeleri katılarak, içilebilir su ile yoğrulduktan sonra, şekil verilip, pişirilmesi sonucunda elde edilen bir unlu mamül" olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2017). Bisküvi adı altında toplanan ürünler çok çeşitli olmakla beraber, tuz ve şeker içerikleri; sade ve katkılı olmalarına göre birçok farklı gruba ayrılmaktadır (Can, 2015). Bisküvi, kraker dışında diğer unlu mamüller ile kıyas edildiğinde daha düşük nem oranına (en fazla %6) sahip olmaktadır. Nem miktarının düşük olmasından dolayı bisküvi, eski zamanlarda askerler, denizciler ve seyahat edenlerin tükettiği bir gıda ürünü olarak düşünülse de, bugün farklı zaman aralıklarında severek tüketilen ve bir çok farklı tip ve çeşitlerde üretilen tüketime hazır bir gıda maddesini temsil etmektedir (Giritlioğlu, 2017).

Bisküvi, hem ülkemizde hem de dünya üzerinde tüketimi çok yüksek olan bir hububat ürünüdür (Yıldız, 2012). Bisküvi üretimi gıda endüstrisi açısından ele alındığında, ekonomik açıdan önemli bir sektör haline gelmiştir. Bisküvinin üretim ve tüketimine bakıldığında, gelişmiş ülkelerde çok önemli bir konuma geldiği

görülmektedir. Bisküvi tüketimi, Türkiye'de ortalama olarak kişi başına yılda 5-6 kg civarında olmaktadır. Yaklaşık olarak dünyada 15 milyon ton bisküvi üretilmekte ve ayrıca bisküvi sektörü %3-4 gibi artan bir hızla büyüme oranına sahip olmaktadır (Demirel, 2017). Bisküvinin unlu mamuller içinde yoğun olarak tüketilen bir ürün olmasının temel nedenleri; hazır gıda maddesi olması, besin kalitesinin iyi olması, doyurucu ve ucuz bir gıda ürünü olması şeklinde sıralanmaktadır (Yıldız, 2012).

Özkaya ve ark (1984) tarafından yapılan bir araştırmada, bazı bisküvi çeşitlerinin kimyasal özellikleri ile vitamin ve mineral oranları belirlenmiş ve ortalama protein oranı %6.9, ortalama yağ oranı %16.1, ortalama selüloz oranı %0.93, ortalama tuz oranı %1.10 ve ortalama nem oranı %4.3 olduğu kaydedilmiştir.

Yapılan araştırmalar sonucu bisküvi çeşitleri ortalama %6.9 protein içermelerinden ötürü FKÜ hastaları tarafından tüketimi yasak olan ürünler arasında yer almaktadırlar. Ayrıca kullanılan unların gluten içermelerinden dolayı çölyak hastalarının tüketimine de uygun olmamaktadırlar. Bu amaçla bisküvi hazırlarken un, süt, yumurta gibi yüksek protein içeren girdileri uzaklaştırarak ikame etmek suretiyle düşük proteinli dolayısıyla düşük FA'li bir ürün elde edilebilmektedir. Bu sayede, FKÜ ve çölyak hastalarının tüketimine uygun bir ürün elde edilerek bu hastalar için kısıtlı olan ürün yelpazesine yeni bir ürün eklenebilecektir.

2.3.1. Bisküvi Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

2.3.1.1. Un

Bisküvi hammaddelerinin başında un gelmektedir. Buğday içeriğindeki depo proteinlerinin büyük çoğunluğunu gliadin ve glutenin alt fraksiyonlarının birleşimiyle oluşan gluten proteinleri oluşturmaktadır (toplam buğday proteininin %80-85'i) (Ergin, 2011). Gluten hamura viskoelastik özellik kazandırmakta ve yüksek su tutma kapasitesi sayesinde fırıncılık sektöründe hamurun yoğrulması ve şekil verilmesi esnasında çok önemli göreve sahip olmaktadır (Koçak, 2018).

Ayrıca gluten hamurda şekerlerin fermentasyonu sonucu açığa çıkan CO₂'i tutarak, hamurun kabarmasını sağlamaktadır. Fırında pişme esnasında gluten proteinlerinin denatüre olmasıyla yapının stabilizasyonu sağlanmakta ve ürünün iç yapısı ve hacmi gibi reolojik özelliklerin gelişmesinde önemli bir rol almaktadır (Ergin, 2011).

Bisküvi yapımında kullanılacak unların kül, protein ve gluten içerikleri düşük, parçacık boyutu ise ekmeklik unlara göre daha ince olmalıdır. Ancak, bisküvi yapımında kullanılan girdilerin miktar ve çeşitliliği arttıkça, unun karakteristik özellikleri de değişebilmektedir. Örnek olarak, yüksek miktarda yağ ve şeker içeriğine sahip bisküvi yada fermente krakerlerde daha iyi nitelikte gluten yapısı aranırken, tam tersine az kabarma ve fazla yayılma istenen çeşitlerde, düşük ve zayıf glutenli un tercih edilmelidir (Can, 2015).

Glutensiz bisküvi üretiminde, buğday unu yerine ikame olarak kullanılan en yaygın hammaddeler, pirinç unu ve mısır nişastasıdır (Yıldız, 2012). Ayrıca patates unu ve nişastası da ekmek ve bisküvi üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Hatipoğlu, 2016).

Glutensiz unlu mamüllerde, gluten eksikliğinin neden olduğu hamurun elastikiyet ve gaz tutabilme özelliklerinin azalmasına bağlı olarak kalite kusurları ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, gluten içermeyen ürünlerde; modifiye nişastalar (mısır, patates gibi), hidrokolloidler (hidroksi propil metil selüloz (HPMC), metil selüloz (MC), karboksi metil selüloz (CMC), guar gam, ksantan gam, psyllium gam, keçiyoynuzu gamı, pektin, agaroz ve β -glukan), yüzey aktif maddeler (emülgatörler) ve bazı bitkisel ve hayvansal protein kaynakları kullanılarak unlu mamüllerin kalitesi geliştirilmektedir (İldız, 2015; Hatipoğlu, 2016).

2.3.1.2. Yağ

Yağlar, bisküvi üretiminde en önemli bileşenlerden biridir. Ekmek, bisküvi, kek ve diğer fırıncılık mamüllerinde 'shortening' adı verilen katı ve sıvı yağlar kullanılmaktadır. Shorteningler, bu tip ürünlerde kalitatif ürünlerin

kazandırılmasında, ürünlerin muhafaza kalitesinin ve kalori değerinin artırılmasında, uniform ve stabil bir yapı ile birlikte talep edilen aromanın oluşmasında etkili olmaktadır. Sözlükteki anlamı kısaltmak olan shorteningler, hamur işlerinde kullanıldıklarında birbirlerini sararak uzun bir diziliş gösteren gluten ve nişasta yapısının hücre duvarlarını yıkarak, hamura uzun lifler yerine kısa ve yağlı lif parçaları içeren yumuşak bir yapı kazandırır (Can, 2015).

Bisküvi üretiminde yağ, tekstür ve lezzeti etkileyen bir bileşen olduğundan ürüne gevreklik kazandırmaktadır. Yağ aynı zamanda; bisküvinin pişme süresi ve rengi üzerinde olumlu etki yapmaktadır (Giritoğlu, 2017). Yağın fırıncılık ürünleri üzerine etkisi fiziksel olmaktadır. Yağ bisküvinin iç yapısının gevrekliğini sağlamaktadır. Pişirilen ürünün gevrekliği eklenen yağın miktar ve dağılmasına bağlıdır. Kaydırıcı olarak görev yaparak hamur yapısını zayıflatmaktadır. Yağın başka bir etkisi de mamülde oluşan CO₂' in daha iyi muhafaza ve difüzyonunu sağlamasıdır. Böylece daha ince bir homojen doku elde edilmektedir (Ulusoy, 2011).

2.3.1.3. Şeker

Bisküvi üretiminde kullanılmakta olan başlıca tatlandırıcılar; kristal şeker, glikoz şurupları, invert şurup, melas, malt şuruplarıdır. İrmik, pudra ve şurup olmak üzere üç şekilde kullanılmaktadır (Ulusoy, 2011). Şeker, bisküvi sektöründe çoğu kez öğütülmüş, ince pudra şeker formunda kullanılmaktadır. Bazı özel çeşitlerde yapının yayılması, açılması arzu edildiğinde veya yüzey süslemesinde kristal şeker kullanılmaktadır. Şekerin bisküviye tat vermesinin yanında yapı oluşumunda etkili olup, bisküvinin gevrekliğinde, enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına katılması sonucu renk oluşumunda, yayılmayı kontrol etmede ve bayatlamayı geciktirerek raf ömrünü uzatmada önemli bir rol oynamaktadır (Ulusoy, 2011; Özaydın, 2014; Can, 2015). Şeker aşırı miktarda kullanıldığında, üründe arzu edilmeyen sert ve kırılgan bir yapının oluşmasına neden olmaktadır. Şeker miktarının fazlalığı ve ince tane büyüklüğü bisküvide

önemli düzeyde yayılma sağladığı bildirilmiştir (Can, 2015). Ayrıca hamurda kullanılacak olan sıvı şeker miktarının sıvı maddelerle orantılı olması gerekmektedir (Ulusoy, 2011).

2.3.1.4. Tuz

Tuz, ürüne lezzeti kazandırmaktadır fakat fazla miktarda kullanılması durumunda gluteni sertleştirerek hacmin azalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, taze maya aktivitesini de olumsuz yönde etkilemekte ve hamurun lipitleri bağlama kapasitesini önemli düzeyde azaltmaktadır. Bu sebeple tuzlu bisküvilerde tuzun ürünün üzerinde olması tercih edilmektedir (Özaydın, 2014).

2.3.1.5. Kimyasal Kabartıcılar

Kimyasal kabartıcılar, Uluslararası Gıda Kodeks Komisyonu (CAC) tarafından yapılan tanıma göre; "gıda içerisinde oluşmakta olan gazı açığa çıkarmak suretiyle hamurun hacmini arttıran maddeler" şeklindedir (Taş, 2011).

TS 9053'te belirtilen bisküvi tanımına göre ise kabartma tozu; bazı unlu mamüllerin üretiminde teknoloji gereği yardımcı madde olarak kullanılan, ısı ve nem varlığında karbondioksit oluşturan, bikarbonatlardan bir veya birkaçı ile asit özelliğindeki kimyevi maddelerden bir ya da birkaçı ile yenilebilen nişastanın oluşturduğu bir ürün olarak açıklanmaktadır (Yücel, 2009). Bisküvi yapımında, kimyasal kabartıcı olarak yaygın bir şekilde amonyum bikarbonat ve sodyum bikarbonat ile asit dengesini sağlamak için bir fosfat bileşiği kullanılırken, biyolojik kabartıcı olarak ise mayalar kullanılmaktadır (Özaydın, 2014).

Kabartıcı ajanlar; bisküvi, kek, kraker gibi unlu mamüllerin karakteristik iç yapılarının oluşmasını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Kabartıcı ajanların su ile tepkimeye girmesiyle açığa çıkan CO₂, hamurun kabarmasını sağlayarak gözenekli ve hafif bir yapı oluşturmaktadır. Hamurun kabarması sonucu, hamurun sahip olduğu gözenekli yapısı pişirme ile nihai ürünün içini yumuşatmakta, iyi bir

hacim sağlamak ve parlak bir iç rengi gibi arzu edilen özellikler kazandırarak nihai ürünün kalitesini arttırmaktadırlar (Taş, 2011).

2.3.1.6. Su

Su, bisküvi hamurunun oluşumunu, bileşenlerinin homojen bir biçimde karışmasını, hamura arzu edilen viskoelastik yapının kazandırılmasını, fermantasyonun gerçekleşmesinde ve nihai ürün kalitesi üzerinde etkisi olan bir bileşendir. Hamur oluşumu, su olmadan mümkün değildir. Birçok organik ve inorganik madde için bir çözücü olan su, hamurda şeker, tuz ve çözünür proteinleri çözen ve suda çözünmeyen proteinleri hidrate etmek suretiyle gluten oluşturan bir bileşendir. Bisküvi üretiminde kullanılacak suyun pH limitleri 6.5-6.8 aralığında olması gerekmektedir (Can, 2015; Giritöğlu, 2017).

2.3.1.7. Nişasta

Nişasta, elde edilen tahıl tanelerinin endosperm kısmında bulunmakta olan amiloz ve amilopektin polimerlerinin glikozit bağlarıyla bağlanması sonucu oluşan bir karbonhidrattır. Buğday, pirinç, mısır ve patates miktarsal olarak bolca nişasta içermektedirler (Hayıt, 2018). Endüstriyel alanda nişasta farklı amaçlar için kullanılabilir. Nişastanın besleyici değerinin yanı sıra, birçok gıdanın bileşiminde bulunmakta ve bundan dolayı da gıdaların fonksiyonel özellikler kazanmasını sağlamaktadır. Nişastanın yaygın olarak kullanılmasında, hacim artırma, kalınlaştırma ve jelleştirici ajan, koloidal stabilizör görevi üstlenmesi, su tutma ve yapıştırma gibi özelliklere sahip olması etkili olmaktadır (Candal, 2016).

Glutensiz unlu mamüllerin üretiminde gluten içermemesinden dolayı hammadde olarak mısır unu ve nişastası, pirinç unu ve nişastası, patates unu ve nişastası ve diğer nişastalar kullanılmaktadır (Yücel, 2009; Hatipoğlu, 2016). Glutensiz ürünlerin tekstürel ve görünüş niteliklerini geliştirmede nişasta ve hidrokolloidler çok yaygın bir şekilde tercih edilmektedir (Yarpuz, 2011).

Dünyada en çok tüketilen ve ülkemizde de en çok kullanım alanı olan nişasta çeşidi mısır nişastasıdır. Mısır nişastasası en başta gıda sektörü olmak üzere, çok çeşitli sektörlerde kalınlaştırıcı, nem tutucu, stabilizatör, film oluşturucu, yapı düzenleyici ve bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Mısır nişastasası, unlu mamüller, puding, sos, lokum, gofret tabakası gibi birçok gıda ürününün üretilmesinde hammadde olarak kullanılmaktadır (Yıldız, 2012).

Patates unu ve nişastasası; ekmek ve bisküvi yapımında çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Ekmekte katkı maddesi olarak kullanılan patates unu ve nişastasası nihai ürünün görünüm, renk, tekstür, aroma, tat ve ekmeğin kabul edilebilirliği gibi duyuşsal özelliklerini geliştirmektedir (Hatipoğlu, 2016).

2.3.1.8. Hidrokolloidler (Gamlar)

Glutensiz fırıncılık ürünlerinde, gluten yoksunluğundan kaynaklanan hamurun elastikiyet ve gaz tutabilme özelliklerini kaybetmesine bağlı olarak bir takım kalite kusurları oluşmaktadır (İldız, 2015; Hatipoğlu, 2016). Bu kusurları telafi eden katkı maddelerinden biri olan hidrokolloidler (gam), kıvam artırıcı ve/veya jelleştirici etki oluşturabilmek için suda çözünebilen veya dağılabilen polimerik karbonhidratlar olarak tanımlanmaktadır (Özaydın, 2014). Genel olarak bu tipteki maddeler kolloidal formda ve hidrofilik kolloid özelliğe sahip olduklarından dolayı "hidrokolloidler" olarak da isimlendirilmektedir (Glicsman, 1969). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (JECFA) tarafından sunulan raporlara göre, hidrokolloidlere ait ADI değerleri (günlük alınması gerekli olan doz miktarı, mg/kg) üzerine bir sınırlama getirilmediği ve insan sağlığı üzerinde herhangi bir toksikolojik etkiye rastlanmadığı belirtilmiştir (Wüstenberg, 2015; WHO, 2016).

Gıda endüstrisinde hidrokolloidler; jelleştirme, kıvam arttırma, stabilize etme ve süspansiyon oluşturma gibi pek çok fonksiyonu bulunmaktadır (Hatipoğlu, 2016). Ayrıca hidrokolloidler gıdalarda tekstür ve viskoelastik özellikleri iyileştirmenin yanı sıra nişasta retrogradasyonunu geciktirmek, serbest suyu

bağlamak, depolama boyunca ürünün kalitesini korumak ve yağ ikame maddesi olarak da kullanılmaktadırlar (İldız, 2015). Gıda sanayinde kullanımı yaygın olan hidrokolloidlerin kaynaklarına göre sınıflandırılması Çizelge 2.4'de verilmektedir (Wüstenberg, 2015; Li ve Nie, 2016; Kandil ve ark, 2017; Kemerkaya, 2018).

Çizelge.2.4. Hidrokolloidlerin Elde Edildiği Kaynaklara Göre Sınıflandırılması

Kaynak	Hidrokolloidler
Botanik Kaynaklı	Bitki Tohumları: Guar gam, Keçiboynuzu gamı, Pektin, Tara gam Bitki Ekstraktları: Karaya gam, Tragant gam, Arap/Akasya gamı
Hayvansal Kaynaklı	Jelatin, Kitin, Kitosan, Kazeinat, Peynir altı suyu proteini, Soya proteini, yumurta beyazı proteini
Deniz Algleri	Agar, Karragenan, Alginat
Mikrobiyel Kaynaklı	Ksantan, Tara gam, Dekstran, Pullulan, Gellan gam, Welan gam, Kurdlan, Levan
Sentetik (Modifiye) Kaynaklı	Selüloz Türevleri: Metil selüloz (MC), metil etil selüloz (MEC), karboksimetilselüloz (CMC), hidroksietil selüloz (HEC), hidroksipropil metil selüloz (HPMC), hidroksi propil selüloz (HPC), mikrokristalin selüloz (MC) Nişasta Türevleri

Guar bitkisinden ekstrakte edilen guar gam, D-mannoz ve D-galaktoz birimlerinden meydana gelmektedir. Guar gam, toz formda ve soğuk suda çok iyi hidratlanabilmekte ve ayrıca gıda endüstrisinde geniş uygulama alanı bulabilen koloidal çözeltiler oluşturabilmektedir (Hatipoğlu, 2016). Suda rahatlıkla hidrate olabilen guar gam, kullanıldığı ürünün viskozitesini hızlıca arttırmaktadır (Yücel, 2009). Nötral yapıda olan ve bazı gıda bileşenleriyle uyum sağlayan guar gam, selüloz, nişasta, agar, ksantan gam ve K-karrenan ile etkileşime girmektedir. Söz

konusu etkileşim, suda çözünen polisakkaritlerle sinerjist etki oluşturarak viskoziteyi arttırma şeklinde olurken, selüloz ile bağlanma şeklinde kendini ortaya koymaktadır. Örneğin ksantan gam ve guar gam kombinasyonu sonucu elde edilen viskozite, her bir gamın tek başlarına kullanılmasıyla ortaya çıkan değerlerle kıyaslandığında daha yüksek olduğu görülmektedir (Özaydın, 2014). Ayrıca, guar gam, özellikle unlu mamül üretiminde yapıyı geliştirmekte, raf ömrünü uzatmakta ve gevrekliği arttırmaktadır (Yücel, 2009).

Metil ve hidroksipropil gruplarının birbirine eklenmesi sonucu Hidroksipropil Metil Sellüloz (HPMC) adı verilen kimyasal olarak modifiye edilmiş bir selüloz zinciri elde edilmektedir. HPMC, hamurda bulunan polar olmayan fazların homojen hale gelmesini sağlamaktadır. HPMC, düşük sıcaklıklarda yüksek su tutma kapasitesine sahip olup yüksek sıcaklıklarda da jelatinizasyon oluşumu esnasında güçlü bir jel yapı oluşturmaktadır (Giritlioğlu, 2017).

Bir heteropolisakkarit olan ksantan gam, biyosentetik veya fermente gamlar olarak sınıflandırılan hidrokolloidlerin bir türü olmaktadır. Ksantan gam, *Xanthomonas campestris* adlı bakteri tarafından glikozdan alkol fermentasyonu sonucu üretilmektedir (Hayıt, 2018). Süspansiyon ve emülsiyonları stabil tutma ve kıvam arttırma gibi niteliklere sahiptir (Özyiğit, 2016). Bu gam, soğuk ve sıcak suda yüksek çözünürlüğü, düşük konsantrasyonda bile oldukça yüksek viskozite oluşturması ve hazırlanan solüsyon viskozitesinin 0 ile 100 °C aralığında stabil kalması gibi özelliklere sahip olmasından dolayı gıda endüstrisinde çok fazla tercih edilmektedir (Savtekin, 2014).

2.3.1.9. Emülgatörler

Gıda endüstrisinde, gerek üretim kapasitelerini arttırmak gerekse de gıda ürününün tekstür, reolojik özellikler, kalite ve raf ömrünü geliştirebilmek için emülgatör niteliğindeki maddeler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Altuğ, 2001).

Emülgatörler; Uluslararası Gıda Komisyonu (CAC) tarafından, gıdalarda su ve yağ gibi birbirleriyle karışmayan iki veya daha fazla fazın karışmasını sağlamak amacıyla ilave edilen maddeler şeklinde tanımlanmaktadır (Yıldız, 2012). Yüzey aktif maddeler ya da surfaktanlar olarak da ifade edilebilen emülgatörler; yağ ile suyun iyi bir şekilde birbirine karışmasını sağlayarak kararlı ve homojen bir emülsiyon oluşmasına yardımcı olmaktadır (Özaydın, 2014). Glutensiz ürünlerde oluşan kalite kayıplarını gidermek ve iyileştirmek amacıyla kullanılan emülgatörler; lesitin (LC), diasetil tartarik asidin monogliserit esteri (DATEM), destile monogliseritler (DM) ve sodyum stearyl laktat (SSL) 'tır (İldız, 2015).

SSL (Sodyum Stearyl 2-laktat), yağ-su tipi emülsiyonlarda lipofilik karakter gösteren bir emülgatördür. SSL'in sahip olduğu fonksiyonlar; emülsiyon edici ajan, muhafazayı geliştirme ve tazeliği koruma olarak bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada, bisküvi hamuruna SSL, lesitin ve gliserol monosterat ilave edildiğinde hamur sertliğinde azalma belirlenmiştir. En fazla değişiklik SSL içeren bisküvilerde gözlenmiştir. Bisküvilerin yoğunluk, sertlik ve gevreklik gibi özelliklerinde gelişme tespit edilmiştir (Sai Manohar ve Haridas Rao, 1997).

2.3.1.10. Glutensiz Bisküvi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Doğan (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, fonksiyonel özelliğe sahip olan uşkun bitkisi, glutenli ve glutensiz bisküvi formülasyonlarına eklenmiş olup bisküvilerin bazı nitelikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla buğday unuyla hazırlanan bisküvilere %0.5, %1 ve %2 olmak üzere üç farklı düzeyde uşkun eklenmiştir. Patates nişastası ve pirinç unuyla hazırlanan ve Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) kullanılması vasıtasıyla en uygun formülasyonu tespit edilen glutensiz bisküvi formülüne ise, iki farklı düzeyde keçiyoynuzu gamı (%1.5 ve %3) ile uşkun (%1 ve %2) eklenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, pişme kaybı üzerinde uşkunun olumsuz etkisi saptanmamıştır. Uşkunun glutenli bisküvi örneklerinde yayılma oranları üzerinde etkisi olmazken, glutensiz bisküvilerde

yayılma oranlarında azalma şeklinde kendini göstermiştir. Uşkunun, glutenli ve glutensiz bisküvilerin sertliği üzerine bir etkisi saptanmamış olup, gam ilavesi bisküvilerin sertlik değerlerinde artış sağlamıştır. Formülasyonlara eklenen uşkun, bisküvi örneklerinin toplam fenolik madde miktarını arttırdığı saptanmıştır. Ayrıca uşkun ilavesi, serbest radikallerin inhibisyonunu sağlamak suretiyle, örneklerin fonksiyonelliğini artırırken, gam ilavesi ise glutensiz bisküvilerin antioksidan aktivitesini azalttığı tespit edilmiştir. Duyusal olarak incelendiğinde ise, uşkun glutenli bisküviler üzerinde olumsuz bir etki oluşturmazken, glutensiz bisküvilerde gam ve uşkunun en yüksek düzeyde ilave edildiği bisküvi örneklerinin yüksek beğenilirliğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

Kaur ve ark (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, karabuğday ununa %1 oranında gamlar (guar gam, arap zamkı, ksantan ve tragant zamkı) ilave edilmiştir. Hidrokolloid ilavesi karabuğday ununun su absorpsiyon kapasitesi, yağ kapasitesi ve emülsiyon aktivitesi gibi çeşitli kalite özelliklerini önemli ölçüde etkilemiştir. Ayrıca gam ilave edilerek hazırlanan bisküvilerin çap, kalınlık, ağırlık değerlerinin arttığı ve daha yüksek nem içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir. Deneyimli panelistler tarafından gerçekleştirilen duyusal analiz sonucunda, ksantan gamın bisküvi renk, görünüş, tat ve genel kabul edilebilirlik gibi kalite nitelikleri üzerinde önemli bir iyileşme sağladığı kaydedilmiştir.

Dursun (2015) tarafından bu çalışma, buğday ununu ikame etmek amacıyla kullanılan mevcut gluten içermeyen ürünlere alternatif olarak çeşitli glutensiz gıdaların (nohut unu, karabuğday unu, kinoa unu ve kayısı (NKKK)) karışımından besin değeri arttırılmış glutensiz bisküvi üretimi amacıyla yapılmıştır. Mısır nişastası ve pirinç unu karışımından (1:1) yapılan bisküviler kontrol kabul edilmiştir. Tepki Yüzey Yöntemi kullanılarak glutensiz bisküvi üretimi için optimum formülasyonun belirlendiği deneme deseni oluşturulmuştur. Buna göre, bağımsız değişken olarak şeker miktarı (8-32 g/100 g un), yağ miktarı (10-40 g/100 g un) ve NKKK miktarı ise (20-80 g/100 g un) olarak belirlenmiştir. Bu şartlarda üretilen bisküvi örneklerinin besinsel, kimyasal, fiziksel ve duyusal nitelikleri

incelenerek değerlendirilmiştir. Kontrol grubu örnekler en düşük nem (%3.61), protein (%2.45) ve kül (%1.22) içeriğine sahipken, en yüksek kül miktarı (%3.20) ve protein miktarı (%10.45) %80 NKKK ihtiva eden ve kontrol grubuna kıyasla %75 daha az miktarda yağ ve şeker eklenerek hazırlanan bisküvilerde tespit edilmiştir. En fazla yağ miktarı kontrol grubuna kıyasla %25 daha fazla yağ eklenerek elde edilen bisküvilerde %33.52 olarak, en az yağ miktarı ise yağ eklenmeden üretilen örneklerde %6.61 olarak saptanmıştır. İlave edilen yağ miktarı arttıkça örneklerin yayılma oranının da önemli düzeyde arttığı saptanmış olup ($p<0.05$). Kullanılan yağ düzeyinin artmasıyla, bisküvi sertliğinin azalmasına karşın, şeker ve NKKK artması sonucu örneklerin sertliğinin arttığı belirlenmiştir ($p<0.001$). NKKK miktarı belli bir düzeyden sonra örneklerin duyu özellikleri üzerinde azalan yönde etki ettiği ve yağ oranı sertlik, gevreklik, ağızda dağılma ve genel kabul edilebilirlik üzerinde düzenli bir şekilde olumlu etkisinin olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Silva ve Conti-Silva (2016)'ın yaptıkları bir çalışmada, buğday ununu ikame etmek amacıyla pirinç unu, soya unu ve tapyoka nişastası kullanılarak çikolatalı bisküviler üretilmiş ve bisküvilerin duyu ve fiziksel özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Pirinç unu ile yapılan çikolatalı bisküvilerin, buğday unu ile yapılan bisküviler kadar iyi bulunmuştur. Ayrıca, pirinç unundan üretilen bisküviler için alınan daha yüksek kabul edilebilirlik puanları, daha az renk yoğunluğu ve daha düşük bir spesifik hacim ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Tapyoka nişastasıyla üretilen bisküviler, daha yoğun renk ve tüketiciler arasında daha yüksek kabul edilebilirlik puanlarıyla göze çarpmaktadır. Soya unuyla yapılan bisküviler ise duyu olarak daha düşük kabul edilebilirlik puanlarına ve yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Dapčević Hadnađev ve ark (2013)'nın yaptıkları bir çalışmada, hammadde olarak pirinç ununa, karabuğday unu ilavesinin ve hidrokolloid olarak karboksimetil selülozun (CMC) kullanımının, glutensiz bisküvilerin kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu anlamda, karabuğday unu, %10, %20 ve %30

olmak üzere 3 farklı oranda pirinç unu yerine kullanılmış ve %100 pirinç unu ile %100 buğday unu içeren bisküviler kontrol örnekleri olarak belirlenmiştir. %30 oranında karabuğday unu içeren bisküvi hamurları, en yüksek viskozite değerlerine sahip olup % 20 oranında karabuğday içeren hamurlar ile benzer özellik göstermiştir. Glutensiz bisküvilerin duyuusal değerlendirilmesi eğitimsiz panelistler tarafından gerçekleştirilmiş ve karabuğday ilavesinin, sertlik ve kırılabilirlik oranında azalmaya neden olurken; genel kabul edilebilirlik değerlerinde ise artışa sebep olduğu ifade edilmiştir.

Mancebo ve ark (2016)'nın yaptıkları bir çalışmada; amaç, nişasta ve/veya protein ilavesinin pirinç unu bazlı glutensiz bisküvi kalitesindeki etkilerini belirlemektir. Bu amaçla un-nişasta-protein karışımlarının, hamur reolojisi ve bisküvi kalite parametreleri (kalınlık, son çap, yayılma faktörü, doku, renk ve kabul edilebilirlik), hidrasyon ve yağ tutma özellikleri analiz edilmiştir. Genel olarak, protein ilavesi karışımın hidrasyon özelliklerini ve hamur kıvamını arttırdığı ve pişirme süresinde sınırlı yayılma gösteren, daha düşük sertlik değerlerine sahip ve daha koyu renkli bisküvilerin üretilmesini sağlamıştır. Özellikle, protein ilavesi, genişliği % 8.4' e ve sertliği % 10.60' a kadar azaltmıştır. Bununla birlikte, mısır nişastasını ilavesi ile, hidrasyon özellikleri azaltılmış ve daha yüksek kalınlık ve genişliğe sahip olan bisküviler üretilmiştir, fakat tekstür ve renk, nişastadan etkilenmemiştir.

de Simas ve ark (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, pirinç unu (%70) ve mısır nişastasını (%30) karışımının %0–%30 seviyesinde hurma unu ile ikame edilmesi, glutensiz hamur ve bisküvilerin kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri açısından incelenmiştir. Hurma unu eklenen bisküvilerde kül, mineraller ve diyet lifi içerikleri artmıştır. Kontrol hamuru ile karşılaştırıldığında, hurma ununun ilavesi sertliği arttırmış ve hamur örneklerinin yapışkanlığını azaltmıştır. Bisküvi örneklerinin açıklık (L^*) parametresi önemli ölçüde birbirinden farklı olmamıştır ($p>0.05$).

Tavares ve ark (2016) tarafından, soya fasulyesi, pirinç kepeği ve kırık pirinçle geliştirilen glutensiz tatlı bisküvilerin stabilitesinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ağırlık, çaplar (iç ve dış), kalınlık, özgül hacim, renk, doku, taramalı elektron mikroskobu, su aktivitesi analizleri yapılmıştır. Glutensiz tatlı bisküvilerin, renk, ağırlık, hacim ve çapları (iç ve dış), ticari olanlara çok benzer özelliklere sahip olduğu ve ayrıca tekstür, lipidler ve enerji değeri azalırken, depolama sırasında aw, nem ve protein miktarı arttığı tespit edilmiştir.

Torbica ve ark (2012) tarafından, pirinç ve kara buğday unu kullanılarak üç farklı oranda glutensiz bisküvi formülasyonları geliştirilmiştir. Bu çalışmada glutensiz bisküvi üretiminde hammadde olarak kullanılan karabuğday ve pirinç ununun fizikokimyasal özelliklerini tanımlanmak ve nihai ürünün kalitesi ile ilişkisi açıklanmak istenmiştir. Glutensiz un ve bisküvi, buğday içeren kontrollere göre önemli ölçüde daha düşük sarılık değerleri göstermiştir. Ayrıca, karabuğday unu miktarında %10 ile %20 arasında artış, lezzet, kırılma ve çiğneme için duyuusal skorlarda bir artışa neden olduğu belirtilmiştir.

Rai ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, pirinç (*Oryza sativa*), mısır (*Zea mays*), sorgum (*Sorghum vulgare*) ve inci darı (*Pennisetum glaucum*) gibi alternatif unlar ile glutensiz bisküviler üretilmiştir ve buğday unlu kontrol bisküviler ile karşılaştırılmıştır. Bisküvilerin fizikokimyasal parametreleri, duyuusal nitelikleri ve fonksiyonel özellikleri kontrol bisküvileriyle karşılaştırılmıştır. Sorgum ve inci darı unlarının karışımı; glutensiz bisküvilerin yapılandırma niteliklerini, fonksiyonel özelliklerini, duyuusal niteliklerini ve besin değerlerini önemli ölçüde geliştirdiği bildirilirken, pirinç unu karışımı bu parametrelerin bazılarını daha az geliştirdiği saptanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan materyaller; mısır nişastası, patates nişastası ve pudra şekeri (Başak Gıda-Konya), margarin (Turyağ-Balıkesir), vanilin ve kabartma tozu (Dr.Oetker-İstanbul), tuz (Salina-Konya) ve keçiyoynuzu unu (Haşhaşçı Zade-Mersin) Adana piyasasındaki firmalardan temin edilmiştir. Bisküvi üretiminde kullanılan su, Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsünün şebekesinden temin edilmiştir. Denemelerde kullanılan, hidrokolloidler: guar gam 'Ricol', hidroksipropil metil selüloz (HPMC) 'Blanose', ksantan gam 'Ziboxan' firmasından; yüzey aktif madde olarak kullanılan SSL (Sodyum stearil-2- laktilat) ise 'Rikevita-Malezya' firmasından temin edilmiştir.

Çizelge.3.1. Bisküvi Hamuru Bileşimi (% Nişasta Karışımı Esasına Göre)

Bileşenin Adı	Miktarı (%)
Nişasta Karışımı ⁽¹⁾	100.0
Pudra şekeri	55.0
Margarin	40.0
SSL (Sodyum stearoil laktilat)	0.5
Tuz	1.0
Kabartma Tozu	1.3
Vanilin	1.5
Hidrokolloidler ⁽²⁾	1.0-2.0-3.0
Su	25.0
Keçiyoynuzu unu	1.5

⁽¹⁾ Mısır Nişastası, Patates Nişastası karışımı

⁽²⁾ Toplam Kullanılacak Hidrokolloid Miktarı.

3.2. Yöntem

3.2.1. Düşük Fenilalanin İçerikli Glutensiz Bisküvi Üretimi

Düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi üretimleri, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Tahıl İşleme Teknoloji laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada "Kitchen Aid" marka "KSM 45 model" elektrikli karıştırıcı, AACC Metod 10-54.01 (1999)'una uygun şekil verme kalıpları ve "Fimak" marka "EKF 60.80 model" fırın kullanılmıştır. Bisküvi hamuru, Çizelge 3.1'de belirtilen bileşenler kullanılarak hazırlanmıştır. Formülasyonlarda ön denemelerle belirlenen hidrokoloidler, 3 farklı konsantrasyonda (%1, 2 ve 3), tek başlarına ve kombinasyonlar halinde kullanılarak oluşturulan deneme deseninde 21 farklı formülasyon geliştirilmiş ve üretimler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.2).

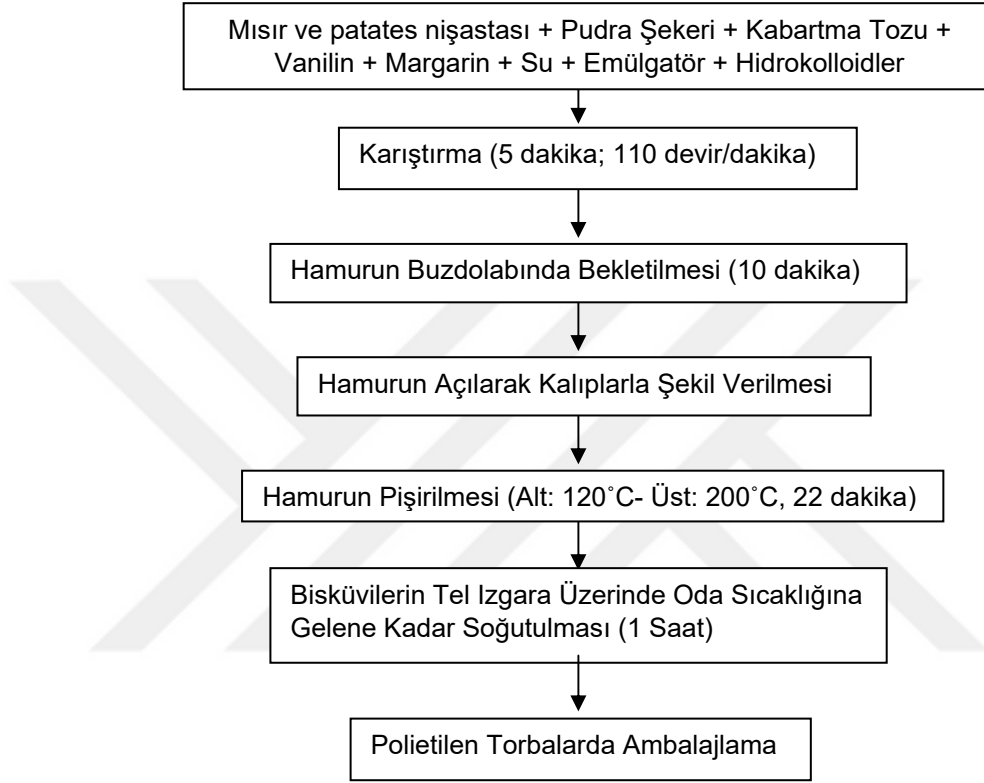
Düşük fenilalanin içerikli bisküvilerin 1.tekerrür üretimi sonucunda HPMC'nin tek başına %1, %2 ve %3 konsantrasyonlarda kullanıldığı formülasyonların (%1 HC2 kodlu örnekler) hamurlarının şekil alamayacak düzeyde olduğu görülmüştür. Ayrıca, HPMC'nin %1 ve %2 konsantrasyonda guar gam ile kombinasyonu (%3 HC4) hazırlanan hamurların da şekil alamayacak nitelikte oldukları saptanmıştır. Bundan dolayı bu formülasyonlar deneme deseninden çıkarılmıştır (Ek-1). Çalışmanın 2. ve 3. tekerrüründe %1 HC1, %1 HC3, %1 HC5, %1 HC6, %1 HC7, %2 HC1, %2 HC3, %2 HC5, %2 HC6, %2 HC7, %3 HC1, %3 HC3, %3 HC4, %3 HC5, %3 HC6, %3 HC7 kodlu formülasyonlar kullanılarak hazırlanan 16 farklı bisküvi örnekleri fiziksel, kimyasal ve duyuşal nitelikleri bakımından incelenerek değerlendirilmiştir (Ek-2).

Çizelge.3.2. Bisküvi Formüllerinde Kullanılan Hidrokolloidler ve Miktarları (%)

Formül Kodu	Kullanım Oranı (%)	Bileşimdeki hidrokolloid cinsi ve oranları		
		Guar Gam (GG) (%)	Hidroksipropil Metil Selüloz (HPMC) (%)	Ksantan (KS) (%)
HC1	1-2-3	100	-	-
HC2	1-2-3	-	100	-
HC3	1-2-3	-	-	100
HC4	1-2-3	50	50	-
HC5	1-2-3	50	-	50
HC6	1-2-3	-	50	50
HC7	1-2-3	33.3	33.3	33.3

Polietilen torba içerisinde homojen hale getirilen katı bileşenler (mısır nişastası, patates nişastası, pudra şekeri, tuz, kabartma tozu, vanilya, hidrokolloidler, emülgatör) yoğurucu kaba alındıktan sonra margarin ve su ilave edilerek 110 devir/dakika hızında 5 dakika süre ile karıştırılmıştır. Hazırlanan hamur 10 dakika süre ile buzdolabında (+4°C) bekletilmesinin ardından özel hamur presi (AACC 10-52.02) ile inceltilerek kesme kalıbı ile yuvarlak şekil verilen hamurlar, alt sıcaklığı 120°C; üst sıcaklığı 200°C olan Fimak marka fırında 22 dakika süre ile pişirilmiştir. Pişirmeyi takiben oda sıcaklığında toplam 1 saat soğutulduktan sonra analizler yapılmış ve 7 gün depolama yapılacak olan

bisküviler polietilen poşetlerde tahta bir dolapta saklanmıştır. Bisküvi üretimindeki işlem basamakları Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil.3.1. Bisküvi Yapımında Uygulanan İşlem Basamakları

3.2.2. Hammadde Analizleri

3.2.2.1. Nem Analizi

Bisküvi üretiminde kullanılan mısır ve patates nişastasının nem içeriklerini belirlemek amacıyla, öncelikle analiz kaplarının etüvde 130°C'de sabit tartıma getirilmesi ve desikatörde soğutulmasının ardından, örnekler 105°C sıcaklıkta, etüvde (Binder-Almanyaya, FD 53 Model) 24 saat süreyle kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutma işleminin ardından ağırlık kaybı belirlenerek örneklerin nem içeriği (%) belirlenmiştir (AACC, Metot 44-01.01).

3.2.2.2. Protein Analizi

Hammaddelerin (patates ve mısır nişastası) protein analizi, Kjeldahl metodu kullanılarak AACC Metot No:46-10'a göre ve 3 değerin ortalaması olarak hesaplanmıştır. Bu metodun esası, 1'er gram örnek sülfirik asitle yakılarak içindeki azotun $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (amonyum sülfat) halinde belirlenmesinin ardından, bunu NaOH (sodyum hidroksit) ile muamele ederek açığa çıkan NH_4OH miktarından titrasyonda okunan değerlerin kaydedilerek azotlu madde miktarının hesaplanarak belirlenmesine dayanmaktadır. Azot çeviri faktörü, tüm örneklerde 6,25 olarak kullanılmıştır.

3.2.2.3. Yağ Analizi

Hammaddelerin yağ analizi, AACC Metot No: 30-01'e göre Soxhelet yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar 3 değerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

3.2.2.4. Kül Analizi

Hammaddelerin (patates ve mısır nişastası) kül miktarı, AACC Metot No: 08-01.01'e göre ve 3 değerin ortalaması olarak hesaplanmıştır. Daraları alınan krozelere 1'er gram örnek tartılmıştır ve örnekler kül fırınında 550°C 'de açık gri kül elde edilinceye kadar yakılmıştır. Kül fırınından çıkan krozeler desikatörde soğutulmasının ardından krozede kalan kül miktarı tartılarak elde edilen sonuçlar % kül miktarı olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.5. Su ve Yağ Absorpsiyon Kapasitesi Analizi

Hammadde olarak kullanılan mısır nişastası ve patates nişastası (1.0 g), 10 mL saf su veya ayçiçek yağı ile karıştırıldıktan sonra 30 dakika boyunca oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Daha sonra $3000 \times \text{g}$ 'de 10 dakika boyunca santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Su absorpsiyon kapasitesi (WAC) ve yağ absorpsiyon kapasitesi (OAC), kuru madde bazında numunenin gramı başına bağlı

olan yağ veya su gramı olarak ifade edilmekte olup sonuçlar aşağıda verilen eşitliklere göre hesaplanmıştır. Her bir örnek için bu analizler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

$$WAC \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{W_2 - W_1}{\text{Örnek ağırlığı}} .$$

W1: Örnek ağırlığı

W2: Tortu ağırlığı (Kaur ve ark, 2015).

3.2.3. Bisküvi Analizleri

3.2.3.1. Nem Analizi

Bisküvi örneklerinin nem analizi, örnekler piştikten 1 saat sonra gerçekleştirilmiştir. Örneklerin, 105 °C 'deki etüvde sabit tartım ağırlığına gelinceye kadar kurutulması sonucu ortaya çıkan ağırlık kaybı belirlenerek nem içerikleri (%) hesaplanmıştır (AACC Metot 44-01.01).

3.2.3.2. Fiziksel Analizler

3.2.3.2.1. Ağırlık ve Pişme Kaybı

Bisküvilerin ağırlık değerleri ölçümünde, 6 adet bisküvinin hassas terazide tartılarak ortalaması alınmıştır. Pişme kaybı ise pişmeden önce hamur ağırlığı (X) ve piştikten sonra bisküvi ağırlığı (Y) ölçülerek $X - Y/X$ formülüyle hesaplanmıştır.

3.2.3.2.2. Hacim ve Spesifik Hacim

Hacim analizi, kolza tohumu ile yer değiştirme metodu esas alınarak 3 adet bisküvi kullanılarak ölçülmüş ve elde edilen değer örnek sayısına bölünerek bisküvi hacmi elde edilmiştir. Spesifik hacim ise elde edilen hacim değerlerinin aynı örneklerle ait ağırlık değerlerine oranlanması ile hesaplanmıştır (Aydın, 2012).

3.2.3.2.3. ap, Kalınlık ve Yayılma Oranı

Bisküvi örneklerinde çap ve kalınlık değerleri AACC Standart Metot No: 10-54'te belirtildiği şekilde dijital kumpas (0,001 mm Mitutoyo, Minoto-K4, Tokyo, Japonya) kullanılarak ölçölmüştür. Bisküvi örneklerinde çap (mm) ve kalınlık (mm) belirlendikten sonra yayılma oranı bisküvi çaplarının (mm), kalınlıklarına (mm) oranlanmasıyla elde edilmiştir.

3.2.3.2.4. Renk Analizi

Bisküvi örneklerinin renkleri L^* , a^* ve b^* değerleri cinsinden Konica Minolta marka CM-5 model (Japonya) el tipi renk cihazıyla belirlenmiştir. Bisküviler 1 saat soğutulduktan sonra dış yüzeyinin 3 farklı noktasında renk ölçümü gerçekleştirilmiştir (Giritlioğlu 2017). Üç boyutlu renk ölçümünü esasına dayanan bu analizde, Y eksenindeki L (lightness); 0=siyahtan, 100=beyaza kadar olan örneğin açıklık-koyuluk, X eksenindeki a; yeşil (-a), kırmızı (+a), Z eksenindeki b; sarı (+b), mavi (-b) renk boyutunu veya yerini göstermektedir. Elde edilen bu veriler doğrultusunda; C (chroma, renk yoğunluğu), ve hue (h° , renk tonu) ($\arctan b/a$) değerleri de hesaplanmıştır (Özkoc ve Seyhun, 2015).

3.2.3.2.5. Tekstür Analizi

Bisküvi örneklerinin kırılma kuvveti (sertlik) değerlerinin tayininde AACC 74-09 metodu esas alınarak yapılmıştır. Analiz, TA-XT plus, Stable Micro systems tekstür analiz cihazı kullanılarak 3 nokta kırılma testi (three point bend rig) tekniğine göre sertlik (N) ve gevreklik (mm) değerleri belirlenmiştir. Tekstür analizinde kullanılan parametreler izelge 3.3'te verilmiştir. Bisküvilerin sertlik değerleri ürünler fırından çıkarıldıktan 2 saat sonra ölçölmüştür (Demirel, 2017).

Çizelge.3.3. Tekstür Analizinin Parametre ve Değerleri

Parametre	Değer
Test Öncesi Hızı	1.0 mm/s
Test Hızı	3.0 mm/s
Test Sonrası Hızı	10.0 mm/s
Load Cell	50 kg
Trigger Kuvveti	50 g

3.2.3.3. Fenilalanin Analizi

Bisküvi örneklerinde gerçekleştirilen fenilalanin analizi iyon değişim kromatografisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle bu tayininde kullanılmak üzere AACC Kjeldahl methodu uygulanarak hammaddenin nitrojen miktarı belirlenmiştir. 24 saat boyunca 110 C’de 6N HCl ile hidrolize edilen örnekler, iyon değişim kromatografisi kullanılarak saflaştırılmış ve aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır (AACC Metot 07-01.01).

$$\frac{nmol(aa) \times \text{örnek hacmi}(mL) \times \text{molekül ağırlığı}(aa)}{\text{örnek hacmi} \times \text{örnek ağırlığı} \times \%N \times 6.25 \cdot 10^5}$$

$$\frac{(14 \times N \text{ atomu sayısı}) (g aa/16 g örnek N)}{\text{molekül ağırlığı} (aa)}$$

3.2.3.4. Duyusal Analiz

Bisküvi örneklerinde duyusal değerlendirme, Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri, doktora ve yüksek lisans öğrencilerinden oluşan, yaşları 23–55 arasında değişen 10 kişilik panelist grubu tarafından yapılmıştır. Bisküvi örneklerinde duyusal analiz; renk, görünüş, tekstür (sertlik ve gevreklik), tat ve genel kabul edilebilirlik olmak üzere 7 farklı parametre üzerinden 1 çok kötü ve 5 çok iyi olmak üzere 1’den 5’e kadar puan verilerek, hedonik test uygulaması ile gerçekleştirilmiştir (Ek 3).

3.2.3.5. İstatistiksel Analiz

Denemelerde elde edilen veriler SPSS 20 (SPSS Inc., ABD) istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir ($p<0.05$). Önemli bulunan farklılıklar Duncan karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.





4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Araştırmanın bu bölümünde, üç farklı hidrokolloid (guar gam, hidroksipropil metil selüloz (HPMC) ve ksantan), %1, 2 ve 3 olmak üzere üç farklı konsantrasyonda hidrokolloidlerin tek başına, ikili ve üçlü kombinasyonlar halinde kullanılmasıyla elde edilen düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi örneklerinin fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyu analizi gerçekleştirilmiştir ve nihai ürünün özellikleri ve ayrıca hammaddelerin (mısır ve patates nişastası) de bazı kimyasal ve fonksiyonel özellikleri belirlenerek değerlendirilmiştir.

4.1. Hammaddelerin Niteliklerinin Belirlenmesi

4.1.1. Hammaddelerin Kimyasal Bileşimi

Çalışmada hammadde olarak kullanılan mısır ve patates nişastalarının nem, kül, protein ve yağ değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge.4.1. Patates ve Mısır Nişastasının Kimyasal Bileşimi

Örnek	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)	Kül (%)
Patates Nişastası	19.32	0.12	0.32	79.87	0.37
Mısır Nişastası	10.65	0.40	0.18	88.65	0.12

Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanı'na göre, patates nişastasının ortalama nem, protein, yağ (toplam), karbonhidrat ve kül içeriği sırasıyla %16.5, %0.06, %0.29, %82.02 ve %0.28 olarak belirtilmiştir. Mısır nişastasının ise ortalama nem, protein, yağ (toplam), karbonhidrat ve kül içeriği sırasıyla %8.37, %0.19, %0.78, %90.58 ve %0.08 olarak belirtilmiştir (Anonim, 2019). Bundan yola çıkılarak, Çizelge 4.1'de verilen patates ve mısır nişastası bileşimleri

incelendiğinde, bisküvi üretiminde hammadde olarak kullanılan patates ve mısır nişastasına ait bileşimlerin Ulusal Gıda Kompozisyonu Veritabanı'nda verilen mevcut değerler ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Yıldız (2012) tarafından, mısır nişastasının nem, kül, protein ve yağ içerikleri sırasıyla %10.50, %0.09, %0.58 ve %0.39 olarak saptanmıştır.

Ergin (2011)'in bisküvi, erişte ve pide üretiminde buğday ununu ikame etmek amacıyla pirinç unu, mısır unu, patates unu, nohut unu, mısır ve patates nişastası kullanarak yaptığı çalışmada, patates nişastasının nem ve kül değerlerini sırasıyla %16.73 ve %0.08 olduğunu ve mısır nişastasının ise sırasıyla %10.84 ve %0.04 olduğunu belirtmiştir. Yapılan bu çalışmalara baktığımızda, çalışmamızda kullandığımız hammaddelerin kimyasal bileşimleriyle benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'ne göre; özel amaçlı, ekmeklik ve tam buğday ununa ait protein içeriklerinin sırasıyla kuru maddede en az %7, %10.5 ve %11 olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 2013). Bunun yanı sıra, Ulusal Gıda Kompozisyonu Veritabanı'nda buğday ununa ilişkin protein içeriğinin yaklaşık olarak %7.58-10.66 arasında değişkenlik gösterdiği belirtilmektedir (Anonim, 2019). Buna göre, patates ve mısır nişastalarına ait protein değerleri, buğday ununa kıyasla çok daha düşük olduğundan dolayı FKÜ hastalarının tüketimine yönelik düşük protein içerikli bisküvi üretiminde buğday unu yerine patates ve mısır nişastasının tercih edilmesi daha uygun bulunmuştur. Gıdaların içerdiği protein miktarı, fenilalanin miktarıyla doğru orantılı olduğundan dolayı (Küçükkasap, 2013), protein içeriği azaltıldığında fenilalanin içeriği de azaltılmış olacağından buğday unu yerine patates ve mısır nişastasının kullanımıyla düşük fenilalanin içerikli bisküvi elde edilmiştir. Ayrıca, buğday ununun gluten ihtiva etmesinden ötürü formülasyondan çıkarılmasıyla elde edilen ürün aynı zamanda çölyak hastalarının ve gluten hassasiyeti olan bireylerin tüketimine de uygun olmaktadır.

4.1.2. Hammaddelerin Fonksiyonel Özellikleri

4.1.2.1. Su Absorpsiyon Kapasitesi (SAK)

Su absorpsiyon kapasitesi, bir ürünün suyun sınırlı olduğu ortamda su ile bağlanma kabiliyetini temsil etmektedir (Elhardallou ve Walker, 1993). Su absorpsiyon kapasitesi, hammaddenin içeriğinde yer alan besinsel lif miktarına, fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak değişebilmektedir (Çınar, 2018). Ayrıca farklı protein yapıların ve çeşitli hidrofilik karbonhidratların varlığı da onların SAK değerlerindeki değişikliklerden sorumlu olabilmektedir (Yadav ve ark, 2012).

Hammaddelerin su absorpsiyon kapasitesi değerleri Çizelge 4.2 'de verilmiştir.

Çizelge.4.2. Hammadelere Ait Su Absorpsiyon Kapasitesi Değerleri

Su Absorpsiyon Kapasitesi (g/g)		Hidrokolloid Konsantrasyonu		
Formül Kodu		%1	%2	%3
PN	0.74 ^h			
MN	0.81 ^h			
PMN	0.76 ^h			
HC1 (%100 GG)		0.92 ^{gh}	1.10 ^{defg}	1.42 ^{bc}
HC2 (%100 HPMC)		0.89 ^{gh}	1.00 ^{efgh}	1.09 ^{defg}
HC3 (%100 KS)		0.96 ^{fgh}	1.32 ^{bcd}	1.76 ^a
HC4 (%50 GG + %50 HPMC)		0.96 ^{fgh}	1.12 ^{defg}	1.19 ^{cdef}
HC5 (%50 GG + %50 KS)		1.13 ^{defg}	1.42 ^{bc}	1.77 ^a
HC6 (%50 HPMC + %50 KS)		1.16 ^{cdefg}	1.47 ^b	1.98 ^a
HC7 (%33.3 GG + %33.3 HPMC + %33.3 KS)		1.25 ^{bcde}	1.43 ^{bc}	1.93 ^a

(¹) Çizelgede aynı özellik için aynı harflerle gösterilen değerlerin arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsiz olduğunu belirtmektedir.

Çalışmada patates (PN) ve mısır (MN) nişastasının eşit oranlarda karıştırılması ile oluşturulan nişasta karışımı (PMN) kullanılmıştır. Çizelge 4.2'den de görülebileceği gibi su absorpsiyon kapasitesi değerleri 0.74-1.98 g/g arasında değişkenlik göstermektedir. En düşük su absorpsiyon kapasitesi değeri (0.74 g/g)

patates nişastasına (PN) ait olup, bunu takiben nişasta karışımı (PMN)'a (0.76 g/g) ve mısır nişastasına (0.81 g/g) ait olduğu saptanmıştır. En yüksek su absorpsiyon kapasitesi değerine ise (1.98 g/g), %3 konsantrasyonda HPMC ve ksantan gam kombinasyonu ile hazırlanan HC6 kodlu örneğin sahip olduğu belirlenmiştir.

Nişasta karışımı (PMN)'na hidrokolloidlerin tek başlarına ve artan düzeylerde (%1, %2 ve %3) ilave edilmeleri sonucunda; “Guar gam: (%1 HC1: 0.92g/g, %2 HC1: 1.10 g/g, %3 HC1: 1.42 g/g), HPMC: (%1 HC2: 0.89 g/g, %2 HC2: 1.00 g/g, %3 HC2: 1.09 g/g) ve ksantan gam: (%1 HC3: 0.96 g/g, %2 HC3: 1.32 g/g, %3 HC3: 1.76 g/g)” beklenebileceği gibi su absorpsiyon değerleri artmıştır. Buna göre, konsantrasyon artışına bağlı olarak su absorpsiyon kapasitesi değerlerinin arttığı ve bu artışın ksantan gamda daha belirgin olduğu saptanmıştır. Kaur ve ark (2015) tarafından, karabuğday ununa %1 konsantrasyonda hidrokolloidler (guar gam, gam arabik, ksantan gam, tragakant gamı) ilave edilmiştir. Karabuğday ununa hidrokolloidlerin eklenmesi su absorpsiyon kapasitesini arttırdığı tespit edilmiş ve bu durumun hidrokolloidlerin su tutma özelliğinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Ayrıca, karabuğday unu ile ksantan gam kombinasyonu sonucu en yüksek su absorpsiyon kapasitesi değeri (1.45 g/g) elde edilmiştir. Söz konusu çalışmada da ksantan gam ihtiva eden kombinasyonun en yüksek su absorpsiyon kapasitesine sahip olması çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.

Hidrokolloidlerin ikili kombinasyonlar halinde kullanılmaları sonucunda elde edilen su absorpsiyon kapasitesi analiz değerlerinin incelenmesiyle;

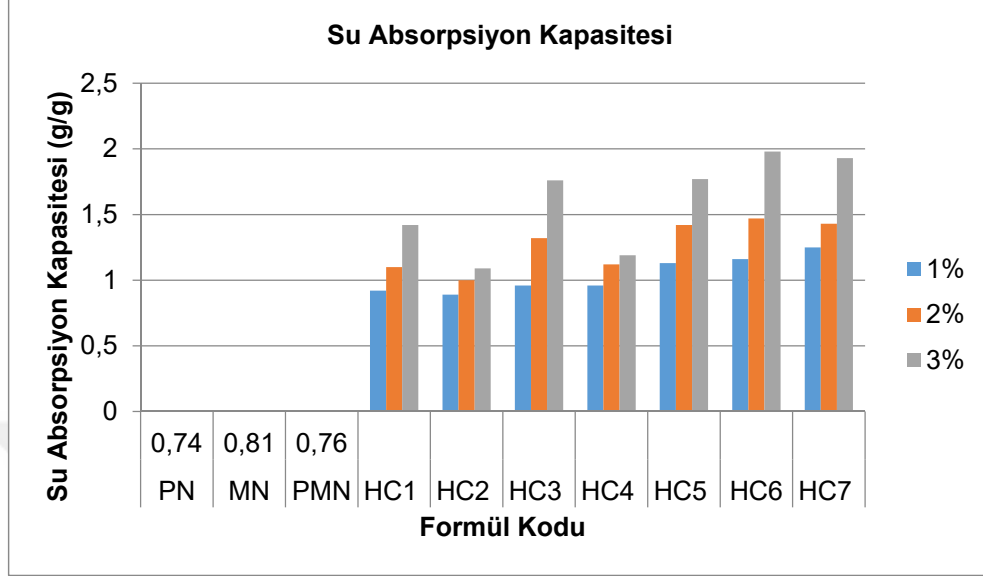
- a) Guar gam ve ksantan gam kombinasyonunda örneklerin su absorpsiyon kapasitesi değerleri sırasıyla (%1 HC5: 1.13 g/g, %2 HC5: 1.42 g/g, %3 HC5: 1.77 g/g) dir.
- b) Guar gam ile HPMC'nin kombinasyonunda örneklerin su absorpsiyon kapasitesi değerleri sırasıyla (%1 HC4: 0.96 g/g, %2 HC4: 1.12 g/g, %3 HC4: 1.19 g/g) dir.

- c) HPMC ile ksantan gam kombinasyonunda örneklerin su absorpsiyon kapasitesi değerleri sırasıyla (%1 HC6: 1.16 g/g, %2 HC6: 1.47 g/g, %3 HC6: 1.98 g/g) dir.

Hidrokolloidlerin tek başlarına kullanılmasına kıyasla, ikili kombinasyonlar halinde kullanılması su absorpsiyon kapasitelerini belirgin biçimde arttırmıştır ($p<0.05$). Bu bağlamda, hidrokolloidler arasında sinerjistik etkiden söz edilebilir. Ayrıca, beklenebileceği gibi konsantrasyon artışına bağlı olarak, örneklerin su absorpsiyon kapasitesi değerlerinin arttığı saptanmıştır. Sağlanan en yüksek etki HPMC ile ksantan gam kombinasyonunda görülmüştür.

Hidrokolloidlerin üçlü kombinasyonu ile elde edilen örneklerin su absorpsiyon kapasitesi değerleri (%1 HC7: 1.25 g/g, %2 HC7: 1.43 g/g, %3 HC7: 1.93 g/g) olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). Buna göre, konsantrasyon artışına bağlı olarak su absorpsiyon kapasite değerlerinin arttığı saptanmıştır.

Ayrıca, farklı konsantrasyonlarda (%1, %2 ve %3) hidrokolloid kullanımı sonucu elde edilen örneklerin ortalama su absorpsiyon kapasitesi değerleri sırasıyla 1.03 g/g, 1.26 g/g ve 1.59 g/g olduğu belirlenmiştir. Kullanılan hidrokolloidlerin düzeyleri arttıkça örneklerin su absorpsiyon kapasitesi değerlerinin de düzenli olarak arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.1). Bu durumun, hidrokolloidlerin yüksek su absorbe etme kabiliyetinden ileri geldiği düşünülebilir. Ayrıca su absorpsiyon kapasitesindeki artışın, hidrokolloidlerin yapısındaki hidrojen bağı vasıtasıyla daha fazla suyun tutulmasına yardımcı olan hidroksil gruplarının varlığından kaynaklandığı belirtilmiştir (Devisetti ve ark, 2015).



Şekil.4.1. Hammaddelere Ait Su Absorpsiyon Kapasitesi Değerlerinin Karşılaştırılması

Devisetti ve ark (2015) tarafından yapılan çalışmada, akdarı (millet) ununa farklı hidrokolloidler ilave edilerek su absorpsiyon kapasite değerleri ölçülmüştür. Akdarı ununun tek başına su absorpsiyon kapasitesi değeri 1.16 g/g olup, akdarı ununa sırasıyla gam arabik, guar gam, ksantan gam, hidroksipropil metilselüloz (HPMC) ve karboksimetil selüloz (CMC) gibi hidrokolloidler eklendiğinde su absorpsiyon kapasitesi değerleri sırasıyla 1.18 g/g, 1.29 g/g, 2.02 g/g, 1.42 g/g ve 1.20 g/g olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, akdarı ununa hidrokolloidlerin ilavesi su absorpsiyon kapasitesi değerlerini önemli düzeyde arttırdığı saptanmıştır ($p<0,05$). Bunun yanı sıra, akdarı unu ve ksantan gam kombinasyonu ile elde edilen su absorpsiyon kapasitesi değeri (2.02 g/g), guar gam (1.29 g/g) ve HPMC (1.20 g/g) ile kıyaslandığında daha yüksek olması çalışmamız ile benzer niteliğe sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda, su absorpsiyon kapasitesini belirlemek için kullanılan farinograf ya da su tutma kapasitesi gibi analizlerde bir çok hidrokolloidin (guar gam, HPMC, ksantan gam, CMC, keçiyoynuzu gamı, aljinat

gibi), unların su absorpsiyon kapasitesini kullanılan konsantrasyon artışına bağlı olarak arttırdığı saptanmış olup, çalışmamızı destekler nitelikte oldukları tespit edilmiştir (Guarda ve ark, 2004; Lazaridou ve ark, 2007; Sungur ve Ercan, 2011; Ferrero, 2017).

4.1.2.2. Yağ Absorpsiyon Kapasitesi

Hammaddelerin yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri Çizelge 4.3'de sunulmuştur.

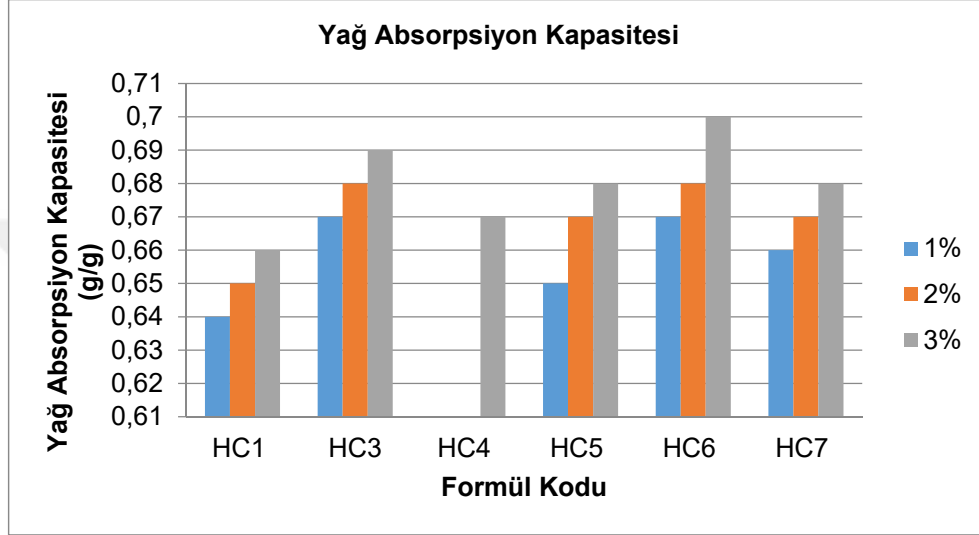
Çizelge.4.3. Hammadelere Ait Yağ Absorpsiyon Kapasitesi Değerleri

Formül Kodu	Yağ Absorpsiyon Kapasitesi		
	Hidrokolloid Konsantrasyonu		
	%1	%2	%3
HC1 (%100 GG)	0.64 ^a	0.65 ^a	0.66 ^a
HC3 (%100 KS)	0.67 ^a	0.68 ^a	0.69 ^a
HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	0.67 ^a
HC5 (%50 GG + %50 KS)	0.65 ^a	0.67 ^a	0.68 ^a
HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	0.67 ^a	0.68 ^a	0.70 ^a
HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + %33.3 KS)	0.66 ^a	0.67 ^a	0.68 ^a

⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harflerle gösterilen değerlerin arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsiz olduğunu belirtmektedir.

Çalışmada patates (PN) ve mısır (MN) nişastalarının eşit oranlarda karıştırılması ile oluşturulan nişasta karışımı (PMN)'na %1, %2 ve %3 konsantrasyonlarda hidrokolloidlerin ilave edilmesi sonucu örneklerin yağ absorpsiyon kapasiteleri ölçülmüştür. Çizelge 4.3'ten de görülebileceği gibi yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri 0.64 g/g-0.70 g/g arasında değişmekte olup istatistiksel açıdan anlamlı farklılık tespit edilememiştir ($p>0.05$). En düşük yağ absorpsiyon kapasitesi değeri %1 konsantrasyonda guar gam ilaveli HC1 kodlu

örnekte belirlenirken, en yüksek yağ absorpsiyon kapasitesi değeri %3 konsantrasyonda HPMC ve ksantan gam ilaveli HC6 kodlu örnekte saptanmıştır ($p>0.05$).



Şekil.4.2. Hammaddelere Ait Yağ Absorpsiyon Kapasitesi Değerlerinin Karşılaştırılması

Sonuçlara göre yağ absorpsiyon kapasitesi değerlerinde istatistiksel olarak bir farklılık bulunamamıştır ($p>0.05$), fakat Şekil 4.2'ye göre hidrokoloid konsantrasyonu arttıkça yağ absorpsiyon kapasitesi değerlerinin arttığı görülmektedir.

Karabuğday ununa hidrokoloidler (guar gam, gam arabik, ksantan gam, tragakant gamı) ilave edilerek yağ absorpsiyon kapasitelerinin (YAK) ölçüldüğü bir çalışmada, karabuğday ununun YAK değeri 1.80 g/g olarak belirlenmiştir. Karabuğday ununa, sırasıyla guar gam, gam arabik, ksantan gam, tragakant gamı gibi hidrokoloidler eklenerek yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri sırasıyla 1.83 g/g, 1.85 g/g, 1.73 g/g ve 1.86 g/g olarak belirlenmiştir. Karabuğday ununa, hidrokoloidlerin ilave edilmesi yağ absorpsiyon kapasitesi değerlerini arttırdığı

saptanmıştır. Bu durumun, unlardaki mevcut yağın hidrokarbon yan zincirlerini bağlayabilen polar olmayan yan zincirlerindeki varyasyonların, unların yağ absorpsiyon kapasitesinde farklılık oluşturmamasından kaynaklandığı bildirilmektedir. Ayrıca, karabuğday ununa guar gam (1.85 g/g) ve ksantan gam (1.86 g/g) ilave edilerek ölçülen yağ absorpsiyon kapasitesi değerlerinde istatistiksel açıdan farklılık tespit edilememiş olup, çalışmamızla benzerlik göstermektedir (Kaur ve ark, 2015).

Akdarı ununa farklı hidrokolloidler ilave edilerek yağ absorpsiyon kapasite değerleri ölçülen bir çalışmada, akdarı (millet) ununun yağ absorpsiyon kapasitesi değeri 0.76 g/g olarak belirlenmiş olup, akdarı ununa sırasıyla gam arabik, guar gam, ksantan gam, hidroksipropil metilselüloz (HPMC) ve karboksimetil selüloz (CMC) gibi hidrokolloidler ilave edilerek yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri sırasıyla 0.78 g/g, 0.79 g/g, 0.79 g/g, 0.78 g/g ve 0.77 g/g olarak saptanmıştır. Buna göre, akdarı ununa hidrokolloidlerin ilave edilmesiyle yağ absorpsiyon kapasite değerlerinde artış gözlenmiştir. Fakat, akdarı ununa ayrı ayrı ilave edilen guar gam (0.79 g/g) ve ksantan gam (0.79 g/g) örneklerinin yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri arasında istatistiksel açıdan bir farklılık bulunmazken, HPMC (0.77 g/g) ilavesiyle farklılık saptandığı belirtilmiştir (Devisetti ve ark, 2015).

4.2. Bisküvi Analizlerinin Sonuçları ve Tartışma

4.2.1. Nem

Bisküvi genel olarak, düşük nem içeriğine sahip (%1-5) olup, nem içeriğinin %6 'yı geçmesi istenmeyen bir üründür (Can, 2015). Üretilen bisküvilere ait 1. gün ve 7. gün nem değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge.4.4. Bisküvilere İlişkin 1.Gün ve 7.Gün Nem Değerleri (%)

		Hidrokolloid Konsantrasyonu		
	Formül Kodu	%1	%2	%3
Nem 1. Gün	HC1 (%100 GG)	3.71 ^f	4.80 ^{def}	5.40 ^{cde}
	HC3 (%100 KS)	6.05 ^{bcd}	7.57 ^{ab}	7.73 ^a
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	4.37 ^{ef}
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	4.72 ^{def}	6.19 ^{abcd}	6.64 ^{abc}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	4.91 ^{def}	6.26 ^{abcd}	6.96 ^{abc}
	HC7 (%33.3 GG + %33.3 HPMC + %33.3 KS)	4.62 ^{def}	5.69 ^{cde}	6.21 ^{abcd}
	HC1 (%100 GG)	3.76 ^g	4.61 ^{defg}	4.96 ^{cdef}
Nem 7. Gün	HC3 (%100 KS)	5.20 ^{bcd}	6.13 ^{ab}	6.66 ^a
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	4.26 ^{fg}
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	4.32 ^{fg}	5.41 ^{bcd}	5.83 ^{abc}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	4.47 ^{efg}	5.43 ^{bcd}	6.04 ^{ab}
	HC7 (%33.3 GG + %33.3 HPMC + %33.3 KS)	4.32 ^{fg}	5.01 ^{cdef}	5.67 ^{bc}
	HC1 (%100 GG)	3.76 ^g	4.61 ^{defg}	4.96 ^{cdef}
	HC3 (%100 KS)	5.20 ^{bcd}	6.13 ^{ab}	6.66 ^a

⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harflerle gösterilen değerlerin arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsiz olduğunu belirtmektedir.

4.2.1.1. Nem (1. Gün)

Üretilen bisküvilere ait 1. gün nem değerleri Çizelge 4.4'de gösterilmektedir. Araştırmada en düşük nem içeriğine %1 konsantrasyonda guar gam eklenen HC1 (%3.71) kodlu örneğin, en yüksek nem içeriğine ise %3 konsantrasyonda ksantan gam eklenen %3 HC3 (%7.73) kodlu örneğin sahip olduğu görülmektedir.

Araştırmamızda, farklı konsantrasyonlarda, hidrokolloidlerin tek başına ilavesiyle hazırlanan bisküvi örneklerinin nem analizi sonuçlarına göre; guar gam içeren örnekler (%1 HC1, %2 HC1 ve %3 HC1) sırasıyla %3.71, %4.80 ve %5.40 bulunurken, ksantan gam içerenler ise (%1 HC3, %2 HC3 ve %3 HC3) ise sırasıyla %6.05, %7.57 ve %7.73 değerlere sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Buna göre, guar gam ilave edilen bisküvi örneklerine ait nem değerlerinin ksantan gam

ilavesiyle üretilen örneklerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum, guar gamın su absorpsiyon kapasitesinin ksantan gamın su absorpsiyon kapasitesine kıyasla daha düşük olması ile ilişkilendirilebilir. Sonuç olarak, guar gam bisküvi örneklerinin nem içeriklerini düşürmek suretiyle ($<6\%$) olumlu bir şekilde etkilediği ve ksantan gam ise nem değerlerini arttırarak ($>6\%$) olumsuz yönde etkilediği şeklinde yorumlanabilir.

Kaur ve ark (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, karabuğday ununa 1% düzeyinde değişik hidrokolloidlerin (gam arabik, guar gam, tragakant gam ve ksantan gam) ilavesiyle üretilen glutensiz bisküvilere ait nem değerleri sırasıyla 3.97% , 4.10% , 4.06% ve 4.21% olarak belirlenmiştir. Buna göre, ksantan gam ilaveli örneğin en yüksek nem değerine sahip olması çalışmamız ile benzer nitelik taşımaktadır.

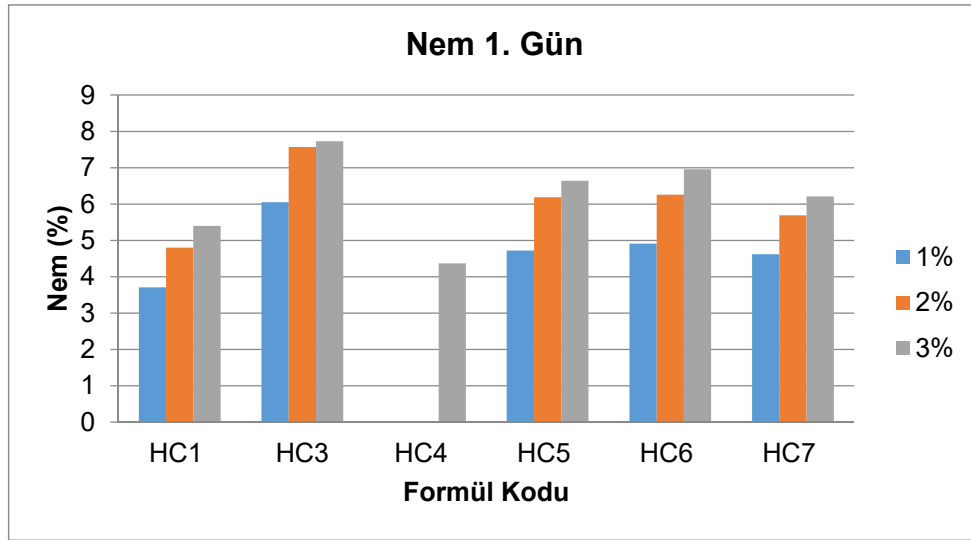
Değişik konsantrasyonlarda (1% , 2% ve 3%) hidrokolloidlerin ikili kombinasyonlarına ait nem değerlerinin incelenmesiyle;

- Guar gam ile ksantan gam kombinasyonu sonucu elde edilen bisküvi örneklerinin (1% HC5, 2% HC5 ve 3% HC5 kodlu örnekler) nem değerleri sırasıyla 4.72% , 6.19% ve 6.64% olarak bulunmuştur.
- 3% konsantrasyonda guar gam ile HPMC'nin kombinasyonu (3% HC4) sonucu elde edilen bisküvi örneklerinin nem değeri (4.37%) belirlenebilmiştir. Ancak, guar gam ve HPMC'nin 1% ve 2% konsantrasyonlardaki kombinasyonlarının üretim deseninden çıkarılmasından ötürü aralarında kıyaslama yapılamamıştır.
- HPMC ve ksantan gam kombinasyonu sonucu üretilen bisküvi örneklerinin (1% HC6, 2% HC6, 3% HC6 kodlu örnekler) nem değerleri sırasıyla 4.91% , 6.26% ve 6.96% olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Buna göre, sağlanan en yüksek etki HPMC ile ksantan gam kombinasyonunda tespit edilmiştir.

Hidrokolloidlerin üçlü kombinasyonunun (%1 HC7, %2 HC7 ve %3 HC7 kodlu örnekler) 3 farklı konsantrasyonda ilave edilmesiyle üretilen bisküvi örneklerine ait nem değerleri sırasıyla %4.62, %5.69 ve %6.21 olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Ayrıca %1, %2 ve %3 konsantrasyonda hidrokolloid kullanılarak üretilen bisküvilerin ortalama nem değerlerinin sırasıyla %4.80, %6.10 ve %6.21 olduğu saptanmıştır. Hidrokolloidlerin gerek tek başlarına gerekse de ikili veya üçlü kombinasyonu sonucu üretilen bisküvi örneklerinin, konsantrasyon artışına bağlı olarak nem değerlerinin düzenli olarak arttığı gözlenmiştir (Şekil 4.3). Çizelge 4.2'de verilen su absorpsiyon kapasitesi analiz sonuçlarına göre de, ilave edilen hidrokolloid konsantrasyonu arttıkça su absorpsiyon kapasitesinin artması üretilen bisküvi örneklerinin nem içeriklerinin de artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Buna göre, üretilen bisküvilerde kullanılan hidrokolloid konsantrasyonu arttıkça nem içeriklerinin artması hidrokolloidlerin yüksek su absorpsiyon kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil.4.3. Bisküvilere Ait 1.Gün Nem Değerlerinin Karşılaştırılması

TS 2383 bisküvi standardı'na göre, bisküvilerde nem içeriğinin en fazla %6 olması gerektiği bildirilmekte (Anonim, 2017) ve bu çalışmamızda üretilen bisküvilerden bazılarının (%2 HC3, %2 HC5, %3 HC3, %3 HC5, %3 HC6 ve %3 HC7 kodlu örnekler) bu değeri aştığı ancak büyük çoğunluğunun %6'nın altında olduğu Şekil 4.3'te görülmektedir.

Yulaf unu, yulaf kepeği ve farklı oranlarda gliserol monostearat (GMS) ve karboksi metilselüloz (CMC) ekleyerek bisküvi üzerindeki etkileri incelenen bir çalışmada, bisküvi örneklerinin nem değerleri %2.87-4.20 arasında değişkenlik göstermiştir. CMC ve GMS'nin yüksek seviyede eklendiği örneklerde nem içeriğinde artış gözlenmiştir. Hidrokolloidlerin su absorbe etme kabiliyetlerinden dolayı, bu duruma CMC'nin neden olduğu düşünülmektedir (Özaydın, 2014).

Yapılan başka bir çalışmada, nohut unu, karabuğday unu, kinoa unu ve kayısı kullanılarak üretilen glutensiz bisküvilerin nem değerleri, %3.61-9.34 arasında bulunmuştur. Elde edilen örneklerin nem değerleri ile protein içeriği arasındaki ilişki istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Buna göre, bisküvilerin protein içeriklerinin artmasıyla nem değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Bu durum, proteinlerin su absorbe etme yetenekleriyle ilişkilendirilmektedir (Dursun, 2015).

Dilek (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, çığ ve pişmiş gölevez unlarını %0 (kontrol), %20, %40 ve %60 olmak üzere 3 farklı düzeyde, pirinç unu:mısır nişastası (50:50) paçalı ile yer değiştirilmesiyle glutensiz bisküvi üretiminde kullanıldığı formülasyonlara 2 farklı düzeyde (%40 ve %50) shortening ilave edilmiştir. Glutensiz bisküvilere ait nem değerleri %2.49-%6.03 arasında bulunmuş olup, gölevez unu içermeyen bisküvilerin nem miktarı %2.94 olarak belirlenirken gölevez unu düzeyinin arttırılmasıyla örneklerin nem değerlerinde de artış saptanmıştır. Gölevez unu ile üretilen bisküvilere ait nem değerleri pirinç unu:mısır nişastası karışımıyla üretilen örneklerden daha yüksek olup, bu duruma yapısında bulunan gam ve diyet lifi bileşenlerinin neden olduğu düşünülmüştür.

Tekeli (2019), glutenli ve glutensiz bisküvi üretiminde gül yaprağı ununun (GYU) farklı konsantrasyonlarda ilave edilmesiyle gerçekleştirilen bir çalışmada, bisküvilere ait nem değerleri %6.14-7.17 aralığında bulunmuştur. GYU ilavesinin, bisküvi örneklerinin nem değerlerinde artışa neden olduğu saptanmıştır. Ayrıca, ilave edilen GYU düzeyinin artmasına bağlı olarak su tutma kapasitelerinin artması örneklerin nem değerlerinin de artmasına neden olduğu belirtilmiştir.

4.2.1.2. Nem (7. Gün)

Çizelge 4.4'e göre, depolanan bisküvilerin 7. gün nem değerleri %3.76-6.66 aralığında bulunmuş olup, en düşük nem değeri (%3.76), %1 konsantrasyonda guar gam ilavesiyle üretilen %1 HC1 kodlu örneğe aitken, en yüksek nem değeri (%6.66) %3 konsantrasyonda ksantan gam kullanılması sonucu üretilen %3 HC3 kodlu örneğe ait olduğu saptanmıştır.

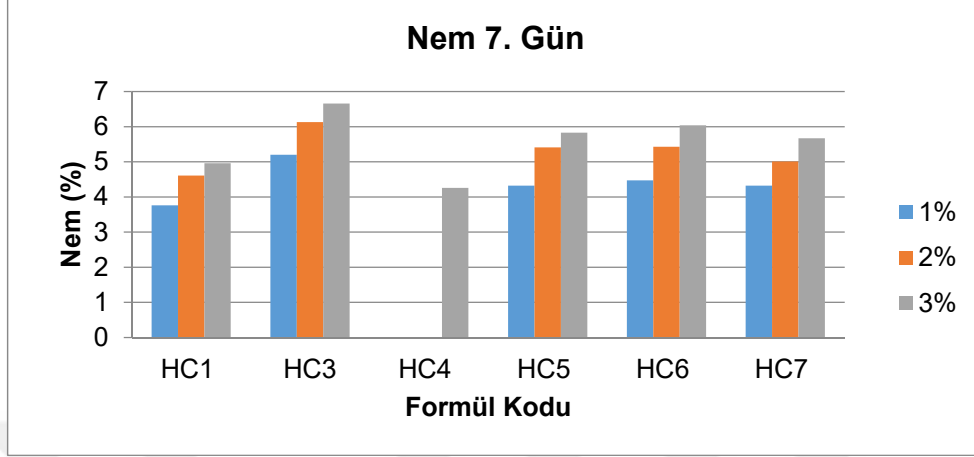
Hidrokolloidlerin farklı konsantrasyonlarda tek başlarına kullanılmasıyla üretilen bisküvi örneklerinin depolanması sonucunda ölçülen nem analiz sonuçlarına göre; guar gam (%1 HC1, %2 HC1 ve %3 HC1) sırasıyla %3.76, %4.61 ve %4.96 olarak bulunurken, ksantan gam (%1 HC3, %2 HC3 ve %3 HC3) ise sırasıyla %5.20, %6.13 ve %6.66 değerlere sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ayrıca, depolama sonunda sadece %1 düzeyinde guar gam ilaveli örneğin (%1 HC1) nem değerinin artmasına karşın, diğer örneklerin nem değerlerinde düzenli bir azalma saptanmıştır. Bunun yanı sıra, %1 HC1 kodlu örneğin 7. gün nem içeriğinin artmasının nedeni, Çizelge 4.4'de de görüldüğü üzere 1. gün nem içeriğinin düşük olması ile ilişkilendirilebilir.

Farklı konsantrasyonlarda (%1, %2 ve %3) hidrokolloidlerin ikili kombine edilmesi sonucu üretilen bisküvilerin depolanmasının nem değerleri üzerindeki etkilerinin incelenmesiyle;

- Guar gam ile ksantan gam kombinasyonu sonucu örneklerin (%1 HC5, %2 HC5 ve %3 HC5 kodlu örnekler) 7. gün nem değerleri sırasıyla %4.32, %5.41 ve %5.83'dir.
- %3 konsantrasyonda guar gam ile HPMC'nin kombinasyonu sonucu üretilen örneğin (%3 HC4) 7. gün nem değeri %4.26 olarak bulunmuştur. Ayrıca, %1 ve %2 konsantrasyonda söz konusu kombinasyonun üretim deseninden çıkarılmasından ötürü kendi aralarında kıyaslama yapılamamıştır.
- HPMC ve ksantan gamın kombinasyonu ile üretilen bisküvi örneklerinin (%1 HC6, %2 HC6, %3 HC6 kodlu örnekler) 7. gün nem değerleri sırasıyla %4.47, %5.43 ve %6.04 olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Buna göre, konsantrasyon artışına bağlı olarak 7. gün nem değerlerinin arttığı saptanmıştır.

Hidrokolloidlerin üçlü kombinasyonunun 3 farklı konsantrasyonda kullanılmasıyla üretilen bisküvi örneklerinin (%1 HC7, %2 HC7, ve %3 HC7 kodlu örnekler) depolanmasının ardından ölçülen nem değerleri sırasıyla %4.32, %5.01 ve %5.67 olarak bulunmuş olup konsantrasyon artışına bağlı olarak nem değerlerinin arttığı saptanmıştır.



Şekil.4.4. Bisküvilere Ait 7. Gün Nem Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmamızda, %1, %2 ve %3 konsantrasyonda hidrokolloid kullanılarak üretilen bisküvilerin depolama sonrası ölçülen ortalama nem değerleri sırasıyla %4.41, %5.31 ve %5.57 olup, konsantrasyon artışına bağlı olarak nem değerlerinde düzenli bir artış belirlenmiştir (Şekil 4.4). Ayrıca, Çizelge 4.4'ün incelenmesiyle 1. gün ve 7. gün nem değerleri kıyaslandığında, 7 gün depolama sonunda örneklerin nem değerlerinin %1 HC1 kodlu örnek dışında azaldığı saptanmıştır.

Ulutürk (2018) tarafından, 4 farklı seviyede incir çekirdeği unu (İÇU) kullanılarak glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirilmiş ve üretilen bisküviler 5 ay boyunca depolanmıştır. Elde edilen örneklerin depolama boyunca nem değişimi incelendiğinde; kontrol ve %30 düzeyinde İÇU ilaveli örneklerin nem değerlerinde istatistiksel açıdan farklılık saptanmazken, %10 ve %20 İÇU ilave edilen örneklerin nem değerlerinde azalma olması çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.

Tekeli (2019) tarafından, bisküvi üretiminde gül yaprağı ununun (GYU) farklı konsantrasyonlarda kullanılmasıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, genel olarak nem miktarının 1. ayda yüksek olduğu, 3. ayda düştüğü ve 5. ayda yeniden yükseldiği saptanmıştır.

4.2.2. Fiziksel Analizler

4.2.2.1. Pişme Kaybı

Pişme kaybı, nihai ürünün ağırlığının tutturulması ve standart hale getirilmesi açısından belirlenmesi gerekli olan bir kriterdir (Doğan, 2016). Üretilen düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvilerin pişme kaybı değerleri Çizelge 4.5'te sunulmuştur.

Çizelge.4.5. Üretilen Bisküvilere İlişkin Pişme Kaybı Değerleri (%)

Formül Kodu	Pişme Kaybı (%)		
	Hidrokolloid Konsantrasyonu		
	%1	%2	%3
HC1 (%100 GG)	16.71 ^{ab}	15.09 ^{bcde}	14.44 ^{cdefg}
HC3 (%100 KS)	14.18 ^{cdefg}	12.96 ^{igh}	11.93 ^h
HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	15.85 ^{abc}
HC5 (%50 GG + %50 KS)	14.32 ^{cdefg}	13.40 ^{efgh}	12.61 ^{gh}
HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	14.74 ^{cdef}	13.84 ^{defg}	12.69 ^{gh}
HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + %33.3 KS)	17.21 ^a	15.46 ^{abcd}	12.57 ^{gh}

⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harflerle gösterilen değerlerin arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsiz olduğunu belirtmektedir.

Çalışmamızda üretilen bisküvi örneklerine ait pişme kaybı değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Buna göre pişme kaybı değerleri %11.93-17.21 aralığında değişkenlik göstermektedir. En düşük pişme kaybı değerine, %3 konsantrasyonda ksantan gam ile üretilen %3 HC3 kodlu örneğin sahip olduğu, en yüksek pişme kaybına ise %1 konsantrasyonda üç hidrokolloidin (guar gam, ksantan gam ve HPMC) kombinasyonu ile üretilen %1 HC7 kodlu bisküvi örneklerinin sahip olduğu saptanmıştır.

Çalışmamızda, üç farklı konsantrasyonda (%1, %2 ve %3) hidrokolloidlerin tek başlarına kullanılmasıyla elde edilen bisküvi örneklerinin pişme kaybı analiz sonuçlarına göre; guar gam (%1 HC1, %2 HC1 ve %3 HC1) sırasıyla %16.71, %15.09 ve %14.44 belirlenirken, ksantan gam (%1 HC3, %2

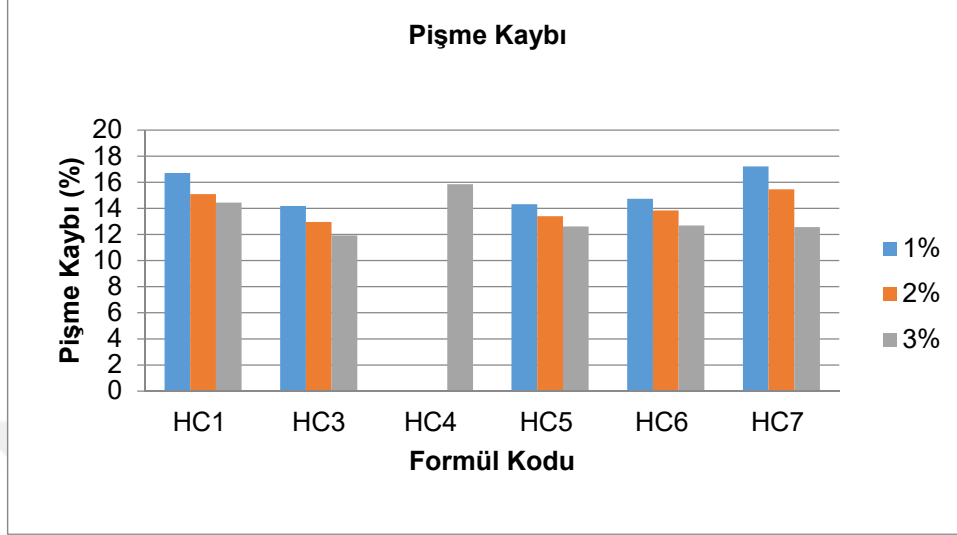
HC3 ve %3 HC3 kodlu örnekleler) ise sırasıyla %14.18, %12.96 ve %11.93 olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Buna göre, ksantan gam ile üretilen örneklelerin pişme kaybı değlelerinin guar gam ile üretilene kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır.

Farklı konsantrasyonlarda (%1, %2 ve %3), hidrokolloidlerin ikili kombinasyonlarına ait pişme kaybı analiz sonuçlarına göre;

- Guar gam ile ksantan gamın kombinasyonuyla üretilen bisküvi örneklelerinin (%1 HC5, %2 HC5 ve %3 HC5 kodlu örnekleler) pişme kaybı değleleri sırasıyla %14.32, %13.40 ve %12.61 olarak bulunmuştur.
- %3 konsantrasyonda HPMC ile guar gamın kombinasyonuyla elde edilen %3 HC4 kodlu örneğin pişme kaybı değeri %15.85 olarak saptanmıştır. Ayrıca, %1 ve %2 konsantrasyonlarda guar gam ile HPMC'nin kombinasyonunun üretim deseninden çıkarılması nedeniyle kendi aralarında bir kıyaslama yapılamamıştır.
- HPMC ve ksantan gamın kombinasyonuyla elde edilen bisküvi örneklelerinin (%1 HC6, %2 HC6, %3 HC6 kodlu örnekleler) pişme kaybı değleleri sırasıyla %14.74, %13.84 ve %12.67 olarak belirlenmiştir ($p<0.05$).

Bu bağlamda, elde edilen en yüksek etki HPMC ile ksantan gam kombinasyonunda belirlenmiştir.

%1, %2 ve %3 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda guar gam, HPMC ve ksantan gamın üçlü kombinasyonu sonucu elde edilen örneklelerin (%1 HC7, %2 HC7, ve %3 HC7 kodlu örnekleler) pişme kaybı değlelerinin sırasıyla %17.21, %15.46 ve %12.57 olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil.4.5. Üretilen Bisküvilere Ait Pişme Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılması

3 farklı konsantrasyonda (%1, %2 ve %3) hidrokolloid ilave edilerek hazırlanan bisküvilerin ortalama pişme kaybı değerleri sırasıyla %15.43, %14.15 ve %13.35 olarak saptanmıştır. Ayrıca, hidrokolloidlerin hem tek başlarına hem de ikili veya üçlü kombinasyonu sonucu üretilen bisküvi örneklerinin, konsantrasyon artışına bağlı olarak pişme kaybı değerlerinde düzenli bir azalma belirlenmiştir (Şekil 4.5). Bu durumun nedeni, hidrokolloidlerin konsantrasyon artışına bağlı olarak su absorpsiyon kapasitelerinin artmasıyla (Şekil 4.1) yapıdaki serbest suyun uzaklaşmasını engelleyerek pişme kaybını azaltması ile ilişkilendirilebilir.

Çalışmamızda, eklenen hidrokolloid konsantrasyonun artmasıyla bisküvi örneklerinin nem içerikleri artarken, pişme kayıplarının azaldığı tespit edilmiş olup, bu 2 kalite parametresi arasında negatif yönde bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Bu durumun nedeni, hidrokolloidlerin yüksek su absorpsiyon kapasitelerine sahip olmaları sebebiyle bisküvilere eklenen hidrokolloid konsantrasyonu arttıkça yapıdaki sertbest suyu bağlama kabiliyeti de artmakta ve nemin yapıdan uzaklaşmasını engelleyerek pişme kaybını azalttığı şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca, elde edilen sonuçlara göre, en düşük pişme kaybı her üç

konsantrasyonda da (%1, 2 ve 3) ksantan gam ile üretilen bisküvi örneklerinde (%1 HC3, %2 HC3 ve %3 HC3) elde edilmiştir. Bu durum, ksantan gamın su absorpsiyon kapasitesinin kullanılan diğer hidrokolloidlere kıyasla daha yüksek olması ile ilişkilendirilmiştir.

Doğan (2016) tarafından, uşkun ve keçiboynuzu gamı kullanılarak üretilen glutensiz bisküvilere ait pişme kaybı değerleri %11.90-15.68 arasında olduğu saptanmıştır. İstatistiksel analiz sonucuna göre, gam ve uşkunun kuadratik etkilerinin ve aralarında oluşan interaksyonun örneklerin pişme kaybı değerleri üzerindeki etkileri önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

4.2.2.2. Spesifik Hacim

Araştırmamızda, üretilen bisküvilere ait spesifik hacim değerleri Çizelge 4.6.'de gösterilmektedir.

Çizelge.4.6. Üretilen Bisküvilere İlişkin Spesifik Hacim Değerleri

Formül Kodu	Spesifik Hacim(cm^3/g)		
	Hidrokolloid		
	Konsantrasyonu		
	%1	%2	%3
HC1 (%100 GG)	2.21 ^a	1.53 ^{def}	1.38 ^f
HC3 (%100 KS)	1.65 ^{cde}	1.47 ^{ef}	1.38 ^f
HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	1.68 ^{cd}
HC5 (%50 GG + %50 KS)	1.60 ^{cde}	1.47 ^{ef}	1.41 ^f
HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	2.03 ^b	1.63 ^{cde}	1.50 ^{def}
HC7 (%33.3 GG + %33.3 HPMC + %33.3 KS)	1.77 ^c	1.72 ^c	1.51 ^{def}

⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harflerle gösterilen değerlerin arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsiz olduğunu belirtmektedir.

Bisküvi örneklerinin spesifik hacim değerleri $1.38\text{--}2.21 \text{ cm}^3/\text{g}$ arasında değişmektedir. En düşük spesifik hacim değeri ($1.38 \text{ cm}^3/\text{g}$), %3 konsantrasyonda

guar gam ile üretilen %3 HC1 kodlu bisküvi örneğine ve %3 konsantrasyonda ksantan gam ile hazırlanan %3 HC3 kodlu örneğine aitken; en yüksek spesifik hacim değeri ise ($2.21 \text{ cm}^3/\text{g}$), %1 konsantrasyonda guar gam ile hazırlanan %1 HC1 kodlu bisküvi örneğine ait olduğu saptanmıştır.

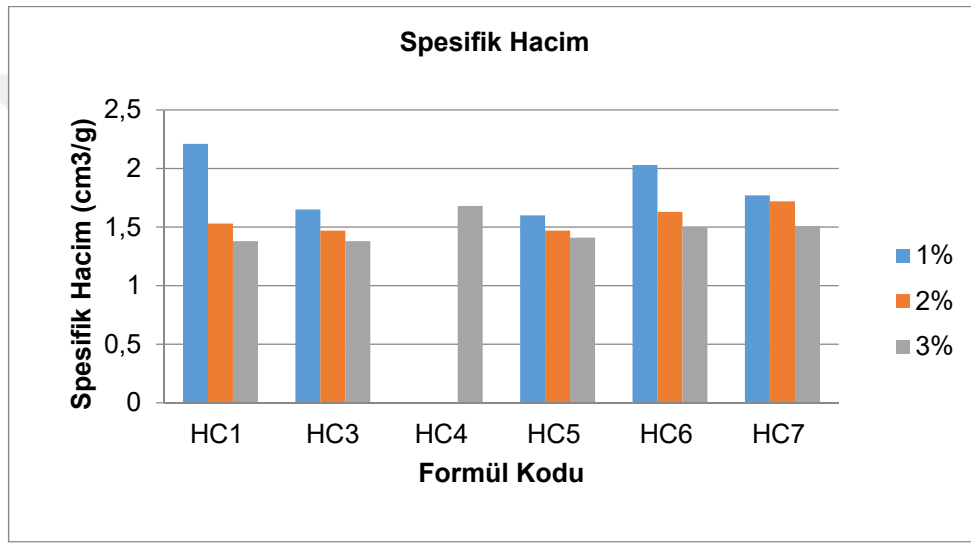
%1, %2 ve %3 konsantrasyonlarda hidrokolloidlerin tek başlarına kullanılması sonucu hazırlanan bisküvi örneklerinin spesifik hacim sonuçlarının incelenmesiyle; guar gam içeren örnekler (%1 HC1, %2 HC1 ve %3 HC1) sırasıyla $2.21 \text{ cm}^3/\text{g}$, $1.53 \text{ cm}^3/\text{g}$ ve $1.38 \text{ cm}^3/\text{g}$ olarak belirlenirken, ksantan gam içerenler (%1 HC3, %2 HC3 ve %3 HC3 kodlu örnekler) ise sırasıyla $1.65 \text{ cm}^3/\text{g}$, $1.47 \text{ cm}^3/\text{g}$ ve $1.38 \text{ cm}^3/\text{g}$ olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu bağlamda, genel olarak tek başına guar gam ile hazırlanan bisküvilerin spesifik hacim değerleri ksantan gam ile hazırlanan örneklerle kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamızda, hidrokolloidlerin ikili kombinasyonlarının %1, %2 ve %3 konsantrasyonlarda kullanımıyla üretilen bisküvilerin spesifik hacim değerleri incelendiğinde;

- Guar gam ile ksantan gam kombinasyonu sonucu örneklerin (%1 HC5, %2 HC5 ve %3 HC5 kodlu örnekler) ölçülen spesifik hacim değerleri sırasıyla $1.60 \text{ cm}^3/\text{g}$, $1.47 \text{ cm}^3/\text{g}$ ve $1.40 \text{ cm}^3/\text{g}$ saptanmıştır.
- %3 konsantrasyonda guar gam ve HPMC'nin kombinasyonu sonucu hazırlanan %3 HC4 kodlu bisküvi örneğinin spesifik hacim değeri $1.68 \text{ cm}^3/\text{g}$ olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, %1 ve %2 konsantrasyonlarda guar gam ile HPMC'nin kombinasyonunun üretim deseninden çıkarılması sebebiyle kendi aralarında bir kıyaslama yapılamamıştır.
- HPMC ve ksantan gamın kombinasyonu sonucu bisküvi örneklerinin (%1 HC6, %2 HC6, %3 HC6 kodlu örnekler) spesifik hacim değerleri sırasıyla $2.03 \text{ cm}^3/\text{g}$, $1.63 \text{ cm}^3/\text{g}$ ve $1.50 \text{ cm}^3/\text{g}$ olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Buna göre, oluşan en yüksek etki HPMC ile ksantan gam kombinasyonunda görülmüştür.

Guar gam, HPMC ve ksantan gamın üçlü kombinasyonunun farklı konsantrasyonlarda kullanılmasıyla hazırlanan bisküvilerin (%1 HC7, %2 HC7 ve %3 HC7) spesifik hacim değerleri sırasıyla 1.77 cm³/g, 1.72 cm³/g ve 1.51 cm³/g olduğu gözlenmiştir.



Şekil.4.6. Üretilen Bisküvilere Ait Spesifik Hacim Değerlerinin Karşılaştırılması

Ayrıca, %1, %2 ve %3 konsantrasyonda hidrokolloid kullanılarak üretilen bisküvilerin ortalama spesifik hacim değerleri sırasıyla 1.85 cm³/g, 1.56 cm³/g ve 1.47 cm³/g olarak gözlenmiştir (p<0.05). Buna göre, hidrokolloidlerin gerek tek başlarına gerekse de ikili veya üçlü kombinasyon halinde kullanılmaları sonucu üretilen bisküvi örneklerinin, toplam hidrokolloid konsantrasyonu artışına bağlı olarak spesifik hacim değerlerinin düzenli olarak azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.5). Bunun yanı sıra, hidrokolloid düzeyinin artışına bağlı olarak pişme kaybı değerlerinin azalmasıyla birlikte spesifik hacim değerlerinin de azaldığı saptanmıştır.

olup, bu iki kalite parametresi arasında pozitif yönde bir korelasyon olduğu saptanmıştır.

Silva ve Conti-Silva (2016) tarafından, buğday ununu tamamen ikame etmek amacıyla pirinç unu, soya unu ve cassava (manyok) nişastası kullanılarak çikolata bisküvi üretiminin yapıldığı çalışmada, bisküvi örneklerine ait spesifik hacim değerleri $2.3 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$ - $3.2 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$ aralığında bulunmuştur. Soya unuyla üretilen örneklerin spesifik hacim değerleri pirinç unu veya cassava nişastası kullanılarak üretilen örneklerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu durumun, soya ununun protein içeriğinin pirinç unu ve cassava nişastasından daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Yüksek protein içeriğine sahip unların daha yüksek hacimli bir nihai ürün meydana getirdiği belirtilmektedir.

Becker ve ark (2014) tarafından, %70 esmer pirinç unu ve %30 mısır nişastası karışımını farklı seviyelerde (%0, %5, %10, %15 ve %20) buriti endokarp unu (*mauritia flexuosa*) ile ikame etmek suretiyle glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirilmiştir. Buriti endokarp unu içermeyen örnek kontrol olarak kabul edilmiştir. % 5, %10 ve %15 buriti endokarp unu içeren örneklerin spesifik hacim değerleri ile kontrol örneği arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilememiştir. %20 düzeyinde buriti endokarp unu eklenen örneklerin en düşük spesifik hacmine ($1.86 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$) sahip olduğu ve yüksek seviyelerde buriti endokarp unu ilavesinin bisküvilerin spesifik hacmini etkilediği tespit edilmiştir.

Soya fasulyesi posası, pirinç kepeği ve pirinç ile geliştirilen glutensiz tatlı bisküvilere ait spesifik hacim değerleri 1.16 - 1.57 mL.g^{-1} arasında bulunmuş olup örnekler arasında istatistiksel anlamda bir farklılık tespit edilememiştir. Fakat, standart ticari tatlı bisküvilere (1.99 mL.g^{-1}) kıyasla daha düşük spesifik hacime sahip oldukları saptanmıştır (Tavares ve ark, 2016).

Aydın (2012) tarafından, farklı seviyelerde (%5, 10, 15, 20, 25, 30) keçiyoynuzu unu ilavesiyle üretilen bisküvilere ait spesifik hacim değerlerinin 1.53 - $1.63 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$ arasında olduğu saptanmış olup istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir.

4.2.2.3. Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranı

Bisküvinin teknolojik kalitesinin belirlenmesi açısından çap, kalınlık ve yayılma oranı önemli parametreler olup genellikle çapın geniş, kalınlığın düşük ve yayılma oranının ise yüksek olması istenmektedir (Can, 2015). Fakat pratikte aşırı yayılma nihai ürünün kalitesi açısından arzu edilen bir durum değildir (Beğen, 2012).

Üretilen bisküvi örneklerinin çap, kalınlık ve yayılma oranı (çap/kalınlık) ölçüm sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge.4.7. Üretilen Bisküvilere İlişkin Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranı Değerleri

		Hidrokolloid Konsantrasyonu		
	Formül Kodu	%1	%2	%3
Çap (mm)	HC1 (%100 GG)	85.35 ^a	70.13 ^{ef}	63.48 ^{hi}
	HC3 (%100 KS)	68.08 ^{fg}	62.70 ^{hij}	59.66 ^j
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	72.09 ^{de}
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	75.05 ^{cd}	65.58 ^{gh}	60.83 ^{ij}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	75.82 ^{bc}	68.58 ^{fg}	62.88 ^{hij}
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + 33.3 KS)	78.56 ^b	70.49 ^{ef}	65.46 ^{gh}
Kalınlık (mm)	HC1 (%100 GG)	13.65 ^c	13.70 ^c	13.71 ^c
	HC3 (%100 KS)	16.01 ^{ab}	16.18 ^{ab}	16.28 ^{ab}
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	13.99 ^c
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	15.58 ^b	15.71 ^{ab}	15.80 ^{ab}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	16.16 ^{ab}	16.28 ^{ab}	16.38 ^a
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + 33.3 KS)	15.62 ^b	15.78 ^{ab}	15.88 ^{ab}
Yayılma Oranı	HC1 (%100 GG)	6.25 ^a	5.12 ^b	4.62 ^{cd}
	HC3 (%100 KS)	4.25 ^e	3.87 ^{gh}	3.66 ^h
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	5.15 ^b
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	4.81 ^{bc}	4.17 ^{efg}	3.85 ^{gh}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	4.69 ^{cd}	4.21 ^{et}	3.83 ^{gh}
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + 33.3 KS)	5.03 ^b	4.46 ^{de}	4.12 ^{efg}

⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harflerle gösterilen değerlerin arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsiz olduğunu belirtmektedir.

4.2.2.3.1. Çap

Araştırmamızda, üretilen bisküvilerin çap değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çizelge 4.7'ye göre, üretilen bisküvi örneklerinin çap değerlerinin 59.66-85.35 mm aralığında değiştiği saptanmıştır. En düşük çap değerine (59.66 mm), %3 konsantrasyonda ksantan gam ile hazırlanan %3 HC3 kodlu örnek sahipken; en yüksek çap değerine (85.35 mm), %1 konsantrasyonda guar gam ilavesiyle üretilen %1 HC1 kodlu örneğin sahip olduğu belirlenmiştir.

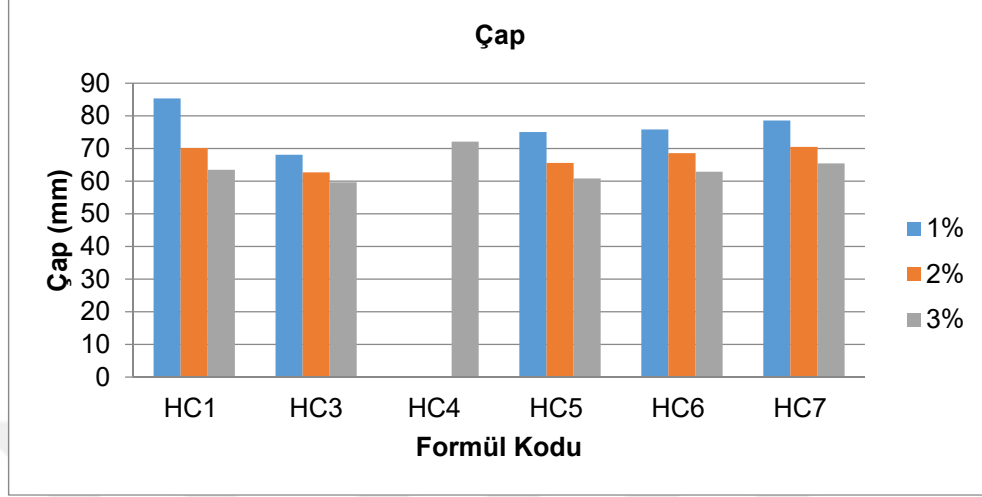
Çalışmamızda, üç farklı konsantrasyonda (%1, %2 ve %3), guar gam ve ksantan gamın tek başlarına kullanılması sonucu bisküvi örneklerinin çap değerlerine bakıldığında; guar gam içeren örnekler (%1 HC1, %2 HC1 ve %3 HC1 kodlu örnekler) sırasıyla 85.35 mm, 70.13 mm ve 63.48 mm bulunurken, ksantan gam içerenler ise (%1 HC3, %2 HC3 ve %3 HC3 kodlu örnekler) ise sırasıyla 68.08 mm, 62.70 mm ve 59.66 mm olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Ayrıca, tek başına guar gam ilavesiyle elde edilen bisküvilerin çap değerlerinin ksantan gam eklenen örneklerden belirgin bir şekilde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Devisetti ve ark (2015) tarafından, akdarı (millet) ununa farklı hidrokolloidler (gam arabik, guar gam, ksantan gam, HPMC ve CMC) ilave edilerek üretilen bisküvilerin çap değerleri ölçülmüştür. Guar gam ve HPMC ilave edilen örneklerin kendi aralarında çap değerlerine bakıldığında istatistiksel olarak bir farklılık tespit edilmezken, diğer örneklerde önemli ölçüde farklılık saptanmıştır. Ayrıca, en düşük çap değeri akdarı ununa ksantan gam eklenen örnekte (39.7 mm) saptanmış olup, bu durum çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.

%1, %2 ve %3 düzeylerde olmak üzere hidrokolloidlerin (guar gam, HPMC ve ksantan gam) ikili kombinasyonları sonucu hazırlanan bisküvi örneklerinin çap değerlerinin incelenmesiyle;

- Guar gam ile ksantan gamın kombine edilmesi sonucu örneklerin (%1 HC5, %2 HC5 ve %3 HC5 kodlu örnekler) ölçülen çap değerleri sırasıyla 75.05 mm, 65.58 mm ve 60.83 mm olarak bulunmuştur.
- %3 konsantrasyonda guar gam ve HPMC'nin kombine edilmesi sonucu elde edilen %3 HC4 kodlu örneğin çap değeri 72.09 mm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, %1 ve %2 konsanrasyonlarda guar gam ile HPMC'nin kombinasyonunun üretim deseninden çıkarılması sebebiyle kendi aralarında bir kıyaslama yapılamamıştır.
- HPMC ve ksantan gamın kombine edilmesi sonucu örneklerin (%1 HC6, %2 HC6 ve %3 HC6 kodlu örnekler) çap değerleri sırasıyla 75.82 mm, 68.58 mm ve 62.88 mm olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Buna göre, HPMC ve ksantan gam kombinasyonu sonucu üretilen örneklerin çap değerlerinin, guar gam ve ksantan gam kombinasyonu ile üretilen örneklerle kıyaslandığında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

%1, %2 ve %3 olmak üzere üç farklı düzeyde guar gam, HPMC ve ksantan gamın üçlü kombinasyonu sonucu elde edilen bisküvilerin (%1 HC7, %2 HC7, ve %3 HC7 kodlu örnekler) çap değerleri sırasıyla 78.56 mm, 70.49 mm ve 65.46 mm olduğu görülmüştür ($p<0.05$).



Şekil.4.7. Üretilen Bisküvilere Ait Çap Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmamızda, farklı konsantrasyonlarda (%1, %2 ve %3) hidrokolloidlerin kullanımıyla elde edilen bisküvi örneklerinin ortalama çap değerleri sırasıyla 76.57 mm, 67.50 mm ve 64.07 mm olarak belirlenmiştir. Buna göre, hidrokolloidlerin hem tek başlarına hem de ikili veya üçlü kombinasyon halinde kullanılmaları sonucu üretilen bisküvi örneklerinin, konsantrasyon artışına bağlı olarak çap değerlerinin düzenli olarak azaldığı görülmektedir (Şekil 4.6). Bunun yanı sıra, guar gaminin tek başına kullanımı sonucu genellikle daha yüksek çap değerleri elde edilirken, en düşük çap değerleri ise ksantan gaminin tek başına kullanımı sonucunda elde edilmiştir. Ayrıca, hidrokolloid düzeyinin artmasıyla örneklerin su absorpsiyon kapasitesinin (Şekil 4.1.) artmasına bağlı olarak 1. gün nem değerlerinin (Şekil 4.3.) artmasına karşın çap değerlerinde azalma tespit edilmiş olup, bu iki kalite parametresi (nem ve çap) arasında negatif yönde bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Benzer bir şekilde, Dursun (2015) tarafından, üretilen bisküvilerin nem değerleri ile çap değerleri arasında negatif bir korelasyon olduğu saptanmış ve istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0.001$).

Özaydın (2014) tarafından, yulaf unu ve kepeğinin kullanımıyla üretilen bisküvilere karboksî metilselüloz (CMC) ve gliserol monostearat (GMS) ilave edilerek nihai ürünün kalite nitelikleri üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada, kullanılan hidrokolloid ilavesiyle ve düzeyinin artmasıyla çap değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Doğan (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, iki farklı düzeyde keçiyoynuzu gamı (%1.5 ve 3) ile uşkun (%1 ve 2) ilave edilerek üretilen glutensiz bisküvilerin çap değerleri 49.50-56.23 mm aralığında bulunmuştur. Gam içermeyen örneklerin çap değerleri, gam içeren bisküvilerle kıyaslandığında daha fazla olduğu ve ayrıca gam düzeyinin artırılmasıyla bisküvilerin çaplarında azalma olduğu saptanmıştır. Bisküvi üretiminde hidrokolloid kullanılan literatürdeki çalışmalara bakıldığında, hidrokolloid konsantrasyonu artışına bağlı olarak çap değerlerinin azalması çalışmamız ile benzer niteliğe sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan başka bir çalışmada, çığ ve pişmiş göleveze unları farklı düzeylerde (%0, %20, %40 ve %60), mısır nişastası:pirinç unu (50:50) karışımı ile ikame edilip 2 farklı düzeyde shortening ilavesiyle glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirilmiştir. Glutensiz bisküvi örneklerine ait çap değerlerinin göleveze ununun üretim metodundan etkilendiği belirlenerek, çığ göleveze unu ile üretilen bisküvilerin çap değerlerinin (60.21 mm), pişmiş göleveze unu ile üretilen bisküvilerden (63.17 mm) önemli seviyede düşük olduğu saptanmıştır (p<0.05). Literatür araştırması sonucunda, gölevezin gam içeriği bakımından zengin olduğu belirlenmiş olup, göleveze unu üretimi esnasında göleveze yumrularının pişirilmesi, yapısında mevcut olan gamın bir kısmının suya geçmesine sebep olmaktadır. Bundan dolayı çığ göleveze unu, pişmiş göleveze unu ile kıyalandığında daha fazla oranda gam ihtiva etmektedir. Buna göre, çığ göleveze unu ile üretilen bisküvilerin çap değerlerinin daha düşük olması, gam seviyesinin fazla olmasıyla ilişkilendirilmiştir (Dilek, 2015).

4.2.2.3.2. Kalınlık

Araştırmamızda, üretilen bisküvilerin kalınlık değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Buna göre bisküvi örneklerinin kalınlık değerleri 13.65-16.38 mm aralığında değişkenlik göstermektedir. En düşük kalınlık değeri %1 konsantrasyonda guar gamın kullanılmasıyla hazırlanan %1 HC1 kodlu bisküvi örneğine aitken; en yüksek kalınlık değeri %3 konsantrasyonda HPMC ve ksantan gamın kombinasyonu sonucu üretilen %3 HC6 kodlu bisküvi örneği sahip olmaktadır.

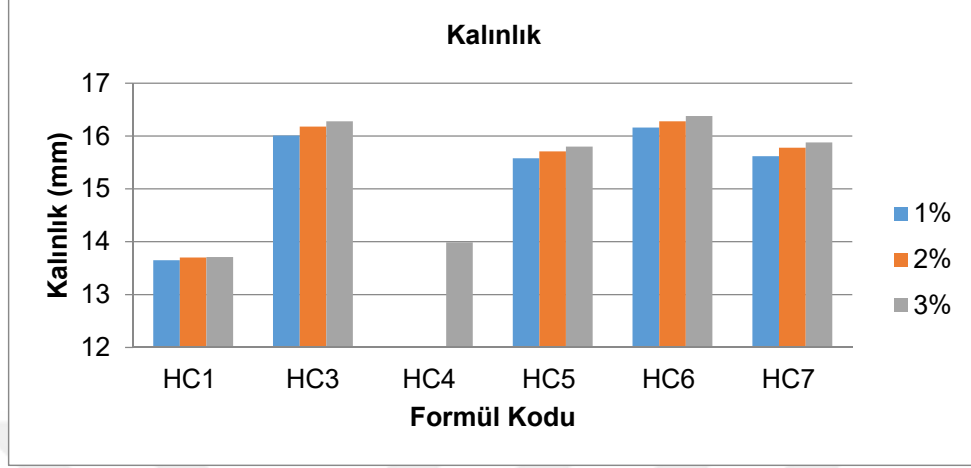
Araştırmada, %1, %2 ve %3 konsantrasyonda guar gam ve ksantan gamın tek başlarına ilavesiyle elde edilen bisküvi örneklerinin kalınlık değerleri incelendiğinde, guar gam içeren örnekler (%1 HC1, %2 HC1 ve %3 HC1 kodlu örnekler) sırasıyla 13.65 mm, 13.70 mm ve 13.71 mm bulunmuş olup ksantan gam ile hazırlanan örneklerin (%1 HC3, %2 HC3 ve %3 HC3 kodlu örnekler) kalınlık değerleri ise, sırasıyla 16.01 mm, 16.18 mm ve 16.28 mm olarak bulunmuştur. Ayrıca, konsantrasyon artışına bağlı olarak kalınlık değerleri artmakta fakat guar gam ilaveli örneklerde de olduğu gibi istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Bunun yanı sıra, ksantan gamın tek başına ilavesiyle elde edilen örneklerin kalınlık değerleri guar gam ilaveli örneklerden daha yüksek olduğu ve aralarında istatistiksel anlamda farklılık bulunduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Yapılan bir çalışmada, karabuğday ununa %1 konsantrasyonda farklı hidrokolloidler (guar gam, gam arabik, ksantan gam, tragakant gamı) ilave edilerek glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirilmiştir. Karabuğday ununa, hidrokolloidlerin ilavesi sonucu üretilen bisküvilerin kalınlık değerleri artmış olup, ksantan gam ilave edilen örneğin kalınlık değeri (8.45 mm), guar gam eklenen örneğin kalınlık değeriyle (8.17 mm) kıyaslandığında daha yüksek değere sahip olması çalışmamız ile benzerlik göstermektedir (Kaur ve ark, 2015).

Guar gam, HPMC ve ksantan gamın, üç farklı düzeyde (%1, %2 ve %3) ikili kombinasyonları sonucu elde edilen örneklerin kalınlık değerlerine bakılırsa;

- Guar gam ve ksantan gamın kombinasyonu ile üretilen bisküvi örneklerinin (%1 HC5, %2 HC5 ve %3 HC5 kodlu örnekler) ölçülen kalınlık değerleri sırasıyla 15.58 mm, 15.71 mm ve 15.8 mm bulunurken,
- %3 konsantrasyonda guar gam ve HPMC'nin kombine edilmesi sonucu elde edilen %3 HC4 kodlu örneğin kalınlık değeri 13.99 mm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, %1 ve %2 konsantrasyonlarda guar gam ile HPMC'nin kombinasyonunun üretim deseninden çıkarılması nedeniyle kendi aralarında bir kıyaslama mümkün olmamıştır.
- HPMC ve ksantan gamın kombinasyonu ile üretilen bisküvi örneklerinin (%1 HC6, %2 HC6 ve %3 HC6 kodlu örnekler) kalınlık değerleri sırasıyla 16.16 mm, 16.28 mm ve 16.38 mm olduğu tespit edilmiştir ($p>0.05$).

Buna göre, konsantrasyon artışına bağlı olarak kalınlık değerlerinin arttığı saptanmış olup kombinasyonlar kendi aralarında değerlendirildiğinde, istatistiksel açıdan farklılık tespit edilememiştir ($p>0.05$). Ayrıca sağlanan en yüksek etki HPMC ve ksantan kombinasyonu sonucu elde edilmiştir.

Hidrokolloidlerin üç farklı konsantrasyonda üçlü kombinasyonu sonucu hazırlanan örneklerin (%1 HC7, %2 HC7, ve %3 HC7 kodlu örnekler) kalınlık değerleri sırasıyla 15.62 mm, 15.78 mm ve 15.88 mm olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil.4.8. Üretilen Bisküvilere Ait Kalınlık Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmamızda, %1, %2 ve %3 olmak üzere 3 farklı hidrokolloidin ilavesiyle hazırlanan bisküvi örneklerinin ortalama kalınlık değerleri sırasıyla 15.40 mm, 15.53 mm ve 15.61 mm olarak tespit edilmiştir. Buna göre, hidrokolloidlerin gerek tek başlarına gerekse de ikili veya üçlü kombinasyonu sonucu üretilen bisküvi örneklerinin, konsantrasyon artışına bağlı olarak kalınlık değerlerinin düzenli olarak arttığı saptanmıştır (Şekil 4.8). Ayrıca guar gamın tek başına ilavesi sonucu en düşük kalınlık değerleri elde edilirken, en yüksek kalınlık değerleri ise HPMC ve ksantan gam kombinasyonu sonucu üretilen bisküvilerde saptanmıştır.

Yapılan bir çalışmada, akdarı (millet) ununa gam arabik, guar gam, ksantan gam, HPMC ve CMC gibi hidrokolloidler ilave edilerek glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, ksantan gam eklenen örneklerin en yüksek kalınlık değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Devisetti ve ark, 2015).

2 farklı konsantrasyonda uşkun (%1 ve %2) ve keçiyoynuzu gamı (%1,5 ve %3) ilave edilerek hazırlanan glutensiz bisküvi örneklerine ait kalınlık değerleri 7.50-8.50 mm aralığında olduğu belirlenmiştir. Uşkun kullanılmayan bisküvilerde

gam seviyesinin artmasına bağlı olarak kalınlık değerlerinin de arttığı saptanmış olup çalışmamız ile benzer nitelik göstermektedir (Doğan, 2016).

4.2.2.3.3. Yayılma Oranı

Üretilen düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvilerin yayılma oranlarına ait analiz sonuçları Çizelge 4.7'de görülmektedir. Çizelge 4.7'ye göre, bisküvi yayılma oranları 3.66-6.25 aralığında değişkenlik göstermektedir. En düşük yayılma oranına %3 konsantrasyonda ksantan gam ile hazırlanan %3 HC3 kodlu bisküvi örneği sahipken, en yüksek yayılma oranına %1 konsantrasyonda guar gam ilavesiyle hazırlanan %1 HC1 kodlu bisküvi örneği sahip olmaktadır.

Hidrokolloidlerin üç farklı konsantrasyonda (%1, %2 ve %3) tek başlarına kullanılmaları sonucu elde edilen bisküvi örneklerinin yayılma oranı değerlerine bakılırsa, guar gam ilavesiyle üretilen örneklerin (%1 HC1, %2 HC1 ve %3 HC1) sırasıyla 6.25, 5.12 ve 4.62 olarak belirlenirken, ksantan gam ile üretilen örneklerin (%1 HC3, %2 HC3 ve %3 HC3) ise sırasıyla 4.25, 3.87 ve 3.66 olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, guar gam ilavesiyle üretilen örneklerin daha yüksek yayılma oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Karabuğday ununa farklı hidrokolloidlerin %1 düzeyinde ilavesi sonucu bisküvi üretiminin yapıldığı bir çalışmada, hidrokolloidlerin ilavesiyle bisküvi örneklerinin yayılma oranı değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Karabuğday ununa guar gam ilavesi sonucu üretilen bisküvilerin yayılma oranı değerinin (7.53), ksantan gam ilaveli örneğe (7.34) kıyasla daha yüksek yayılma oranına sahip olması, çalışmamız ile benzer nitelik taşımaktadır (Kaur ve ark, 2015).

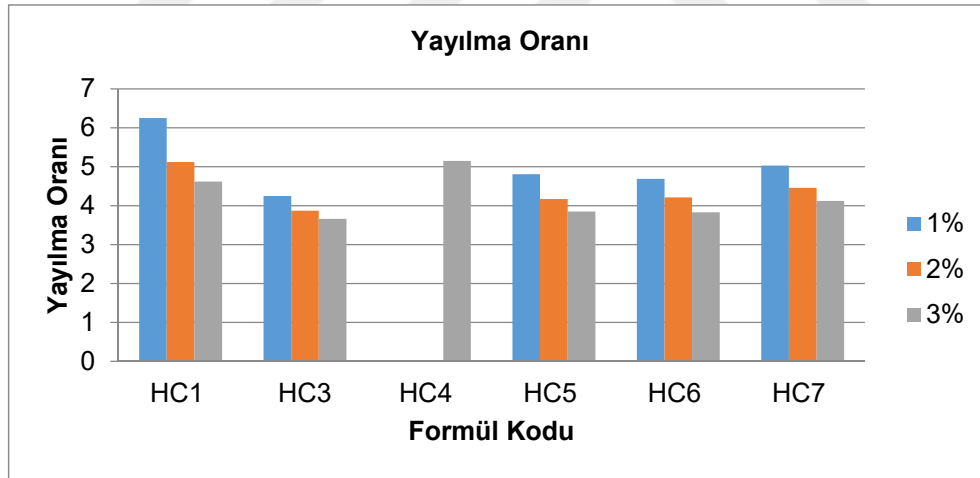
Hidrokolloidlerin 3 farklı konsantrasyonda ikili kombinasyonlar halinde kullanılmaları sonucu elde edilen yayılma oranı değerlerinin incelenmesiyle;

- Guar gam ve ksantan gam kombinasyonunda örneklerin yayılma oranı değerleri sırasıyla (%1 HC5: 4.70, %2 HC5: 4.17, %3 HC5:3.85) dir.

- Guar gam ve HPMC'nin %1 ve %2 düzeylerinde kombinasyonunun üretim deseninden çıkarılmasından ötürü sadece %3 düzeyinde kombinasyonuyla üretilen %3 HC4 kodlu örneğin kalınlık değerleri (5.15) belirlenebilmiştir. Bu sebeple, kendi aralarında bir kıyaslama yapılamamıştır.
- HPMC ile ksantan gam kombinasyonunda örneklerin yayılma oranı değerleri sırasıyla (%1 HC6: 4.80, %2 HC6: 4.21, %3 HC6: 3.96) dir ($p<0.05$).

Buna göre, sağlanan en yüksek etki HPMC ve ksantan kombinasyonunda gözlenmiştir.

Hidrokolloidlerin üç farklı konsantrasyonda üçlü kombinasyonu sonucu üretilen örneklerin (%1 HC7, %2 HC7, ve %3 HC7 kodlu örnekler) yayılma oranı değerleri sırasıyla 5.03, 4.46 ve 4.12 olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil.4.9. Üretilen Bisküvilere Ait Yayılma Oranı Değerlerinin Karşılaştırılması

Bunun yanı sıra, hidrokolloidlerin 3 farklı konsantrasyonda (%1, %2 ve %3) kullanılmasıyla elde edilen bisküvi örneklerinin ortalama yayılma oranları sırasıyla 5.00, 4.36 ve 4.20 olarak belirlenmiştir. Buna göre, hidrokolloidlerin hem

tek başlarına hem de ikili veya üçlü kombinasyonu sonucu üretilen bisküvi örneklerinin, konsantrasyon artışına bağlı olarak yayılma oranlarının düzenli olarak azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca, hidrokolloid konsantrasyonunun artışına bağlı olarak su absorpsiyon kapasitesi değerlerinin (Şekil 4.1) artmasına karşın yayılma oranı değerlerinin (Şekil 4.8) azaldığı saptanmış olup, bu iki kalite parametresi arasında negatif yönde bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir şekilde, Doğan ve Uğur (2005) tarafından, bisküvilerin yayılma oranı ile su absorpsiyon kapasitesi arasında negatif bir ilişki bulunduğunu bildirilmiştir. Bunun yanı sıra, her 3 konsantrasyonda da ksantan gamın tek başına ilavesi sonucu üretilen örneklerde en düşük yayılma oranı değerleri elde edilirken, en yüksek yayılma oranı değerleri ise genellikle guar gamın tek başına ve HPMC ile kombinasyonu sonucu üretilen bisküvilerde saptanmıştır.

de Simas ve ark (2009) tarafından, glutensiz bisküvi üretiminde farklı konsantrasyonlarda hurma unu ilave edilen çalışmada, bisküvilere ait yayılma oranı değerleri 4.68-6.56 aralığında bulunmuş olup, ilave edilen hurma unu düzeyi arttıkça yayılma oranının azaldığı saptanmıştır. Buna göre, formülasyona ilave edilen fonksiyonel bileşenler tarafından hamurun yoğurulması esnasında eklenen suyun absorbe edilmesinden dolayı pişirme sırasında sistemde kalan su, şekeri çözmek için yeterli olmayıp hamur viskozitesini arttırması sebebiyle üretilen bisküvilerin daha düşük yayılma oranına sahip olduğu saptanmıştır.

Yapılan başka bir çalışmada, yulaf unu ve kepeği ilave edilerek üretilen diyabetik bisküvide CMC ve GMS'ın nihai ürünün nitelikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Üretilen bisküvilere ait yayılma oranı değerleri 4.47-4.90 aralığında olup, GMS ilavesi yayılma oranını her zaman anlamlı bulunmasa da arttırmışken, CMC ilavesinin ise azaltmış olduğu tespit edilmiştir (Özaydın, 2014).

Devisetti ve ark (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, akdarı (millet) ununa farklı hidrokolloidler (gam arabik, guar gam, ksantan gam, HPMC ve CMC) eklenerek üretilen bisküvi örneklerinin yayılma oranı değerleri 4.9-7.5 aralığında olduğu belirlenmiştir. En yüksek yayılma oranı değerleri sırasıyla işlem görmemiş

akdarı ununa (7.5) ve akdarı ununa CMC eklenen örneklere (7.4) aitken; en düşük yayılma oranı değerleri ise guar gam (4.9) ve ksantan gam (5.8) ilave edilen örneklere ait olup, bu durumun söz konusu hidrokolloidlerin farklı su tutma kapasitesine sahip olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada, 2 farklı düzeyde keçiyoynuzu gamı (%1.5 ve %3) ve uşkun (%1 ve %2) kullanılarak üretilen glutensiz bisküvilere ait yayılma oranı değerleri 51.70-63.80 arasında olup, tek başına uşkun ve gam düzeylerinin artırılmasıyla örneklerin yayılma oranlarında azalma saptanmıştır (Doğan, 2016).

4.2.2.4. Renk

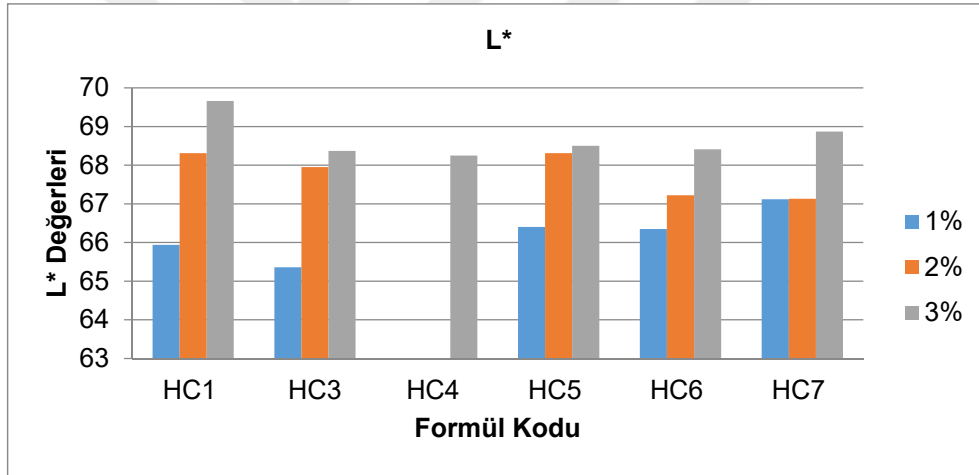
Renk, ürünün görüntü ve albenisi gibi tüketici kabul edilebilirliği üzerinde önemli faktörlerden biridir (Aydın, 2012). Bisküvilerde renk birkaç farklı sebebe bağlı olarak değişim göstermektedir (Göldane, 2014). Maillard reaksiyonunda indirgen şekerler ile aminoasit ve protein gibi azot içeren bileşenlerin reaksiyona girmesi sonucu kahverengimsi pigmentlerin oluştuğu enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu meydana gelmektedir. Ayrıca pişme esnasındaki renk değişimi şekerlerin karamelizasyonu ve nişasta dekstrinizasyonu ile da ilişkilendirilebilir. Bisküvilerde yüzeyde meydana gelen nem migrasyonu yavaş olduğundan dolayı yüzeydeki mevcut sıcaklıkta lokal bir artışla kolayca renk değişimi oluşabilmektedir (Chevallier ve ark, 2000; Mamat ve ark, 2010;). Diğer taraftan spesifik renk oluşumu; ilave edilen, oluşmuş ve/veya yıkıma uğrama sonucu oluşan bileşenlerin söz konusu gıda ürünlerinde reaksiyon süresinin bir ölçütü de sayılabilmektedir (Francis, 1995).

Çizelge.4.8. Üretilen Bisküvilere İlişkin L*, a*, b*, Chroma ve Hue Değerleri

		Hidrokolloid Konsantrasyonu		
	Formül Kodu	%1	%2	%3
L*	HC1 (%100 GG)	65.94 ^{de}	68.31 ^{ab}	69.66 ^a
	HC3 (%100 KS)	65.36 ^a	67.95 ^{abc}	68.37 ^{ab}
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	68.25 ^{ab}
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	66.4 ^{cde}	68.31 ^{ab}	68.5 ^{ab}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	66.35 ^{cde}	67.22 ^{bcd}	68.41 ^{ab}
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + 33.3 KS)	67.12 ^{bcde}	67.13 ^{bcde}	68.87 ^{ab}
a*	HC1 (%100 GG)	3.54 ^{abc}	3.49 ^{abc}	3.36 ^c
	HC3 (%100 KS)	3.64 ^{ab}	3.47 ^{abc}	3.43 ^{abc}
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	3.42 ^{bc}
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	3.57 ^{abc}	3.67 ^a	3.52 ^{abc}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	3.56 ^{abc}	3.61 ^{abc}	3.37 ^c
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + 33.3 KS)	3.55 ^{abc}	3.63 ^{ab}	3.37 ^c
b*	HC1 (%100 GG)	15.98 ^{bc}	16.72 ^{abc}	17.46 ^a
	HC3 (%100 KS)	16.12 ^{abc}	15.78 ^c	15.57 ^c
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	16.58 ^{abc}
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	16.14 ^{abc}	16.63 ^{abc}	16.34 ^{abc}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	15.84 ^{bc}	16.53 ^{abc}	15.7 ^c
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + 33.3 KS)	16.17 ^{abc}	17.27 ^{ab}	16.21 ^{abc}
Chroma	HC1 (%100 GG)	16.37 ^{abc}	17.08 ^{abc}	17.80 ^a
	HC3 (%100 KS)	16.53 ^{abc}	16.18 ^c	15.95 ^c
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	16.91 ^{abc}
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	16.53 ^{abc}	17.03 ^{abc}	16.71 ^{abc}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	16.23 ^{bc}	16.92 ^{abc}	16.04 ^c
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + 33.3 KS)	16.55 ^{abc}	17.67 ^{ab}	16.56 ^{abc}
Hue	HC1 (%100 GG)	77.41 ^{bc}	78.18 ^{bc}	79.13 ^a
	HC3 (%100 KS)	77.27 ^c	77.59 ^{bc}	77.53 ^{bc}
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	78.33 ^{ab}
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	77.51 ^{bc}	77.47 ^{bc}	77.83 ^{bc}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	77.31 ^c	77.58 ^{bc}	77.85 ^{bc}
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + 33.3 KS)	77.58 ^{bc}	78.07 ^{bc}	78.22 ^{bc}

⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harflerle gösterilen değerlerin arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsiz olduğunu belirtmektedir.

Çalışmamızda, formülasyonlara ilave edilen şekerlerin çeşit ve miktarının sabit olması ve renklendirici fonksiyonu olan keçiyoynuzu unu oranının da sabit olmasından dolayı hazırlanan bisküvi örneklerinin a^* , b^* , chroma ve hue değerlerinin birbirine yakın olduğu saptanmış ve istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). Özaydın (2014) tarafından, yulaf ve beta glukan ilavesiyle glutensiz bisküvi üretimi yapılan çalışmada, formülasyonlara eklenen şekerlerin miktar ve çeşitliliği sabit olmasından ötürü bisküvi örneklerinin renk analiz değerleri birbirlerine yakın bulunmuş ve istatistiksel açıdan bir farklılık tespit edilememiş ($p>0.05$) olup, bu durum çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.



Şekil.4.10. Üretilen Bisküvilere Ait L^* Değerlerinin Karşılaştırılması

Düşük fenilalanin içerikli bisküvi örneklerinin ölçülen L^* değerleri 65.36-69.66 arasında değiştiği Çizelge 4.8'de görülmektedir. En düşük L^* değeri %1 düzeyde ksantan gam ilavesiyle hazırlanan %1 HC3 kodlu örneğe (65.36) aitken, en yüksek L^* değeri %3 HC1 kodlu %3 düzeyde guar gam ile hazırlanan örnekte (69.66) tespit edilmiştir. Buna göre %3 konsantrasyonda guar gam kullanılarak üretilen %3 HC1 kodlu örneğin en parlak örnek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9).

4.2.2.5. Tekstürel Özellikler

Tekstür; genel olarak dokunma, görme, duyma duyuları ve kinestatik ile belirlenebilen gıdalar ve ürünlerinin yüzeysel, yapısal ve mekanik özelliklerinin duyuşal ve fonksiyonel bir göstergesi olmaktadır (Güldane, 2014). Bisküvide sertlik ve dayanıklılık gibi tekstürel özellikler, bisküvinin deformasyona karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmakta ve fırıncılık ürünlerinde önemli parametreler olduğu belirtilmektedir (Can, 2015). Çünkü bisküvinin tekstürel özellikleriyle tüketicinin tazelik algısı arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır (Taş, 2011). Sertlik değeri, bisküvi örneğinin yapısında belirli seviyede bir deformasyonun oluşturulabilmesi için gereken kuvvetin Newton cinsinden; kırılmalık değeri ise, bisküvi örneğinin kırılması için gereken kuvvetin örnekte meydana getirdiği deformasyon değerinin mm cinsinden ifade edilmesidir (Bourne, 2002). Araştırmamızda, üretilen bisküvilerin 1. ve 7. gün ölçülen sertlik ve gevreklik değerleri Çizelge 4.9'da görülmektedir.

Çizelge.4.9. Bisküvilere İlişkin 1. ve 7. Gün Sertlik (N) ve Gevreklik (mm) Değerleri

	Formül Kodu	Hidrokolloid Konsantrasyonu		
		%1	%2	%3
Sertlik 1. Gün	HC1 (%100 GG)	53.41 ⁱ	69.06 ^h	70.19 ^h
	HC3 (%100 KS)	116.64 ^{bc}	119.36 ^{ab}	124.64 ^a
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	64.84 ^h
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	79.07 ^g	102.83 ^{ef}	116.14 ^{bc}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	100.72 ^f	103.92 ^{def}	109.32 ^{de}
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + %33.3 KS)	79.91 ^g	99.04 ^f	110.37 ^{cd}
Sertlik 7. Gün	HC1 (%100 GG)	32.84 ⁱ	73.95 ⁱ	75.26 ⁱ
	HC3 (%100 KS)	164.25 ^{de}	214.57 ^b	227.80 ^a
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	65.03 ⁱ
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	98.47 ^h	160.93 ^e	174.37 ^{cd}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	111.68 ^g	163.17 ^{de}	186.11 ^c
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + %33.3 KS)	70.10 ⁱ	130.69 ^f	177.28 ^c
Gevreklik 1. Gün	HC1 (%100 GG)	0.75 ^f	0.76 ^f	0.78 ^f
	HC3 (%100 KS)	1.25 ^{bcd}	1.30 ^{abc}	1.38 ^{abc}
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	0.90 ^{ef}
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	1.04 ^{de}	1.22 ^{bcd}	1.25 ^{bcd}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	1.35 ^{abc}	1.43 ^{ab}	1.49 ^a
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + %33.3 KS)	1.18 ^{cd}	1.23 ^{bcd}	1.33 ^{abc}
Gevreklik 7. Gün	HC1 (%100 GG)	0.69 ⁱ	0.81 ⁱⁱ	0.84 ^{hi}
	HC3 (%100 KS)	1.68 ^{cde}	1.79 ^{bcd}	1.95 ^a
	HC4 (%50 GG + %50 HPMC)	-	-	0.92 ^{hi}
	HC5 (%50 GG + %50 KS)	1.19 ^g	1.65 ^{de}	1.68 ^{cde}
	HC6 (%50 HPMC + %50 KS)	1.36 ^f	1.81 ^{abc}	1.87 ^{ab}
	HC7 (%33.3 GG +%33.3 HPMC + %33.3 KS)	0.96 ^h	1.64 ^e	1.78 ^{bode}

(ⁱ) Çizelgede aynı özellik için aynı harflerle gösterilen değerlerin arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsiz olduğunu belirtmektedir.

4.2.2.5.1. Sertlik (1. Gün)

Sertlik terimi, bir ürüne yapılan ilk basınç ile o ürünü baskılamak için gereken kuvvet anlamına gelmektedir. Sertlik değeri, ürünü 'ilk ısırmaya' eşdeğer

kabul edilmektedir (Güldane, 2014). Bisküvilerde kalite özelliklerinden biri olan sertlik değeri, hamur girdilerinden ve üretim aşamalarından etkilenmektedir. Ayrıca bisküvi sertliği, tüketici talebi açısından çok önemli bir kalite kriteri olup aşırı yumuşak veya aşırı sert yapıdaki bir bisküvi tüketici tarafından tercih edilmemektedir (Çınar, 2018).

Çizelge 4.9'a göre, üretilen bisküvilerinin sertlik değerleri 53.41-124.64 N arasında değiştiği görülmektedir. En düşük sertlik değerine (53.41 N), %1 konsantrasyonda guar gam eklenen %1 HC1 kodlu örnek sahipken, en yüksek sertlik değerine (124.64 N), ise %3 konsantrasyonda ksantan gam eklenen %3 HC3 kodlu örneğin sahip olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda, üç farklı konsantrasyonda hidrokolloidlerin tek başlarına ilavesiyle üretilen bisküvilerin sertlik değerleri incelendiğinde, guar gam içeren nihai ürünlerin (%1 HC1, %2 HC1 ve %3 HC1 kodlu örnekler) sırasıyla 53.41 N, 69.06 N ve 70.19 N olduğu bulunurken, ksantan gam içerenlerin ise (%1 HC3, %2 HC3 ve %3 HC3 kodlu örnekler) sırasıyla 116.64 N, 119.36 N ve 124.64 N olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca, guar gamın tek başına kullanımı bisküvi sertliğini düşürürken, ksantan gamın arttırdığı tespit edilmiştir. Parlak (2018) tarafından, bisküvi üretiminde ksantan gam, pektin ve gliserol monostearat (GMS)'ın kıvam arttırıcı olarak kullanıldığı bir çalışmada, ilave edilen kıvam arttırıcılara bakıldığında, ksantan gam kullanılarak hazırlanan bisküvilerin daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu belirlenmiş olup ($p<0.05$), bu durum çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.

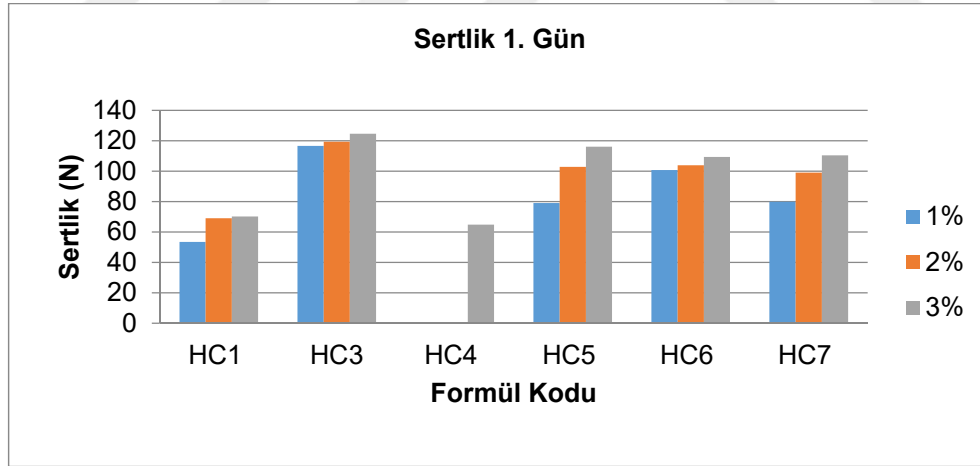
Araştırmada, %1, %2 ve %3 olmak üzere üç farklı düzeyde hidrokolloidlerin ikili kombinasyonu ile üretilen bisküvilerin ölçülen sertlik değerlerine bakıldığında;

- Guar gam ile ksantan gamın kombinasyonu sonucu örneklerin (%1 HC5, %2 HC5 ve %3 HC5) sertlik değerleri sırasıyla 79.07 N, 102.83 N ve 116.14 N olarak belirlenmiştir.

- Guar gam ve HPMC'nin %1 ve %2 düzeylerinde kombinasyonunun üretim deseninden çıkarılmasından ötürü sadece %3 düzeyinde kombinasyonuyla üretilen %3 HC4 kodlu örneğin sertlik değeri (64.84 N) belirlenebilmiştir. Bu nedenle, kendi aralarında bir kıyaslama yapılamamıştır.
- HPMC ve ksantan gamın kombinasyonu sonucu hazırlanan örneklerin (%1 HC6, %2 HC6 ve %3 HC6) sertlik değerleri sırasıyla 100.72 N, 103.92 N ve 109.32 N olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Buna göre, HPMC ve ksantan gam kombinasyonu diğer ikili kombinasyonlarla kıyaslandığında daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

%1, %2 ve %3 konsantrasyonlarda üç farklı hidrokolloidin üçlü kombinasyonu sonucu üretilen bisküvi örneklerinin (%1 HC7, %2 HC7 ve %3 HC7) sertlik değerleri sırasıyla 79.91 N, 99.04 N ve 110.37 N olduğu görülmüştür ($p<0.05$).



Şekil.4.11. Bisküvilere ait 1. gün sertlik değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.11'in incelenmesiyle, hidrokolloidlerin hem tek başlarına hem de ikili veya üçlü kombinasyonu sonucu üretilen bisküvi örneklerinin, toplam

hidrokolloid konsantrasyonu artışına bağlı olarak sertlik değerlerinde düzenli olarak artış saptanmıştır. Ayrıca, hidrokolloid düzeyinin artışına bağlı olarak su absorpsiyon kapasitesi değerlerinin (Çizelge 4.2) artmasıyla birlikte sertlik değerlerinin de arttığı tespit edilmiş olup, bu iki kalite parametresi arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Özaydın (2014) tarafından, yüksek su absorpsiyon kapasitesinin bisküvi sertliğine neden olduğu bildirilmiştir. Bu durumun nedeni, hidrokolloidlerin su absorbe etme kabiliyetlerinden ötürü bisküvideki serbest suyu bağlayarak yapıyı sıkılaştırması ile ilişkilendirilmiştir.

Çalışmamızda, kullanılan hidrokolloid konsantrasyonun artışına bağlı olarak örneklerin nem içeriklerinin artmasıyla birlikte (Şekil 4.3) sertlik değerlerinin de arttığı saptanmış olup, bu iki kalite parametresi arasında da pozitif yönde bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Artz ve ark. (1990) yaptıkları bir çalışmada bisküvi nem içeriğiyle sertlik değerleri arasında bir ilişki olduğunu ve düşük nem içeriğinin örneğin sertlik değerini azalttığını belirtmişlerdir.

Araştırmamızda elde edilen sonuçlara göre, her 3 konsantrasyonda da ksantan gamın tek başına ilavesi sonucu en yüksek sertlik değerleri elde edilirken, en düşük sertlik değerleri ise genellikle guar gamın tek başına ve HPMC ile kombinasyonu sonucu üretilen bisküvilerde tespit edilmiştir. Sonuç olarak, guar gamın bisküvi sertliğini düşürmek suretiyle olumlu bir şekilde etkilediği ve ksantan gamın ise bisküvi sertliğini artırarak olumsuz bir şekilde etkilediği saptanmıştır.

Doğan (2016) tarafından, 2 farklı düzeyde keçiyoynuzu gamı (%1.5 ve %3) ve uşkun (%1 ve %2) kullanılarak üretilen glutensiz bisküvilere ait sertlik değerleri 29.71-54.02 N aralığında değişmektedir. Bisküvi örneklerine ait en düşük sertlik değerine %1.5 hidrokolloid ile %0 uşkun ilaveli bisküviler sahipken, en yüksek sertlik değerine ise, %3 hidrokolloid ile %0 uşkun ilavesiyle elde edilen bisküvilerde saptanmıştır. Bisküvi örneklerinin sertlik değerlerinde oluşan toplam farklılığın %71.42'si formüle ilave edilen bileşenlerin (hidrokolloid ve uşkun) lineer ve kuadratik etkileriyle birlikte bileşenler arasında meydana gelen interaksiyon ile açıklanabileceği belirtilmiştir.

Özaydın (2014), buğday unu ile birlikte en fazla β -glukan içeren tahıllardan biri olan yulafın, yulaf unu ve yulaf kepeği formları ilave edilerek diyabetik bisküvide karboksi metilselüloz (CMC) ve gliserol monostearatın (GMS) birlikte kullanımının nihai ürünün bazı kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, bisküvi formülasyonlarına farklı oranlarda GMS ve CMC ilave edilmiştir. Bisküvi yapısını CMC ve GMS olumlu yönde etkilemiş olup, tekstür oluşumunu desteklediği belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre en yüksek sertlik değerleri CMC'nin kullanıldığı örneklerde belirlenmiştir. CMC ilave edilmeyen bisküvilerde sertlik ve kırılmalık değerlerindeki azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). CMC ve GMS'nin yüksek konsantrasyonlarda beraber kullanıldıkları örneklerde en yüksek sertlik değerleri saptanmıştır.

Kemerkaya (2018), tarafından yapılan bir çalışmada, farklı hidrokolloidlerin oluşturdukları sinerjik etkilerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi ve gerek dolgu gerekse de dolgulu bisküvi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bundan dolayı, nişasta ve ksantan gam ile karragenan ve keçiyoynuzu gamının farklı düzeylerde kombinasyonu sonucu elde edilen bisküvi örnekleri üzerindeki etkisini saptamak için çeşitli periyotlarda incelenip, değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, dolgulara hidrokolloid ilavesinin bisküvi sertliğini önemli düzeyde arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, %5 nişasta ilavesiyle hazırlanan bisküvi örneklerinin sertlik değerleri 303.8 g/F iken, %5 nişasta ile %0.2 ksantan gamın kombinasyonu sonucu sertlik değerleri 350.0 g/F olup, %5 nişasta ile %0.8 ksantan gamın kombinasyonu ile elde edilen örneklerin sertlik değerleri 469.9 g/F olarak belirlenmiştir. Karragenan (%0.5), karragenan (%0.5) ile keçiyoynuzu gamı (%0.1) ve karragenan (%0.5) ile keçiyoynuzu gamı (%0.2) ilavesiyle elde edilen örneklerin sertlik değerleri sırasıyla 309.7 g/F, 361.5 g/F ve 482.4 g/F olarak saptanmıştır ($p<0.05$). Buna göre hidrokolloid ilavesiyle bisküvilerin sertlik değerlerinin artmış olmasının yanı sıra kullanılan hidrokolloidlerin düzeyinin artmasıyla da sertlik değerlerinin yükseldiği belirlenmiştir.

Ajila ve Leelavathi (2008)'in mango kabuğu tozunun ilave edilmesiyle yumuşak hamur bisküvilerinin diyet lifi içeriğini ve antioksidan özelliklerini geliştirmek üzere yaptıkları çalışmada, mango kabuğu lifinin ilavesiyle yapının sertleştiğini bildirmişlerdir. Bisküvilerin sertliğine artan su absorpsiyon kapasitesinin sebep olabileceği düşünülmüştür.

4.2.2.5.2. Sertlik (7. Gün)

Bisküvi sertliği, raf ömrünün başında, ortasında ve sonunda değişebilmektedir. Burada önemli olan sertleşmeye ya da yumuşamaya ne zaman başladığıdır, çünkü ürünün ne zamana kadar tüketilebileceği hakkında bilgi vermektedir (Kemer kaya, 2018). Çizelge 4.9'a göre, bisküvilerin 7. gün sertlik değerleri 32.84 N-227.8 N arasında bulunmuş olup, en düşük sertlik değeri %1 konsantrasyonda guar gam ilavesiyle üretilen %1 HC1 kodlu örneğe aitken, en yüksek sertlik değeri %3 konsantrasyonda ksantan gam ilavesiyle hazırlanan %3 HC3 kodlu örneğe ait olduğu görülmektedir.

Üç farklı konsantrasyonda hidrokolloidlerin tek başlarına kullanılmasıyla üretilen bisküvilerin depolanması sonucunda ölçülen sertlik değerlerinin incelenmesiyle; guar gam içeren nihai ürünler (%1 HC1, %2 HC1 ve %3 HC1) sırasıyla 32.84 N, 73.95 N ve 75.26 N olarak bulunurken, ksantan gam içerenler ise (%1 HC3, %2 HC3 ve %3 HC3) sırasıyla 164.25 N, 214.57 N ve 227.8 N olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra, depolama sonunda sadece %1 düzeyinde guar gam ilaveli örneğin (%1 HC1) sertlik değerinin azalmasına karşın, diğer örneklerin sertlik değerlerinde düzenli bir artış belirlenmiştir.

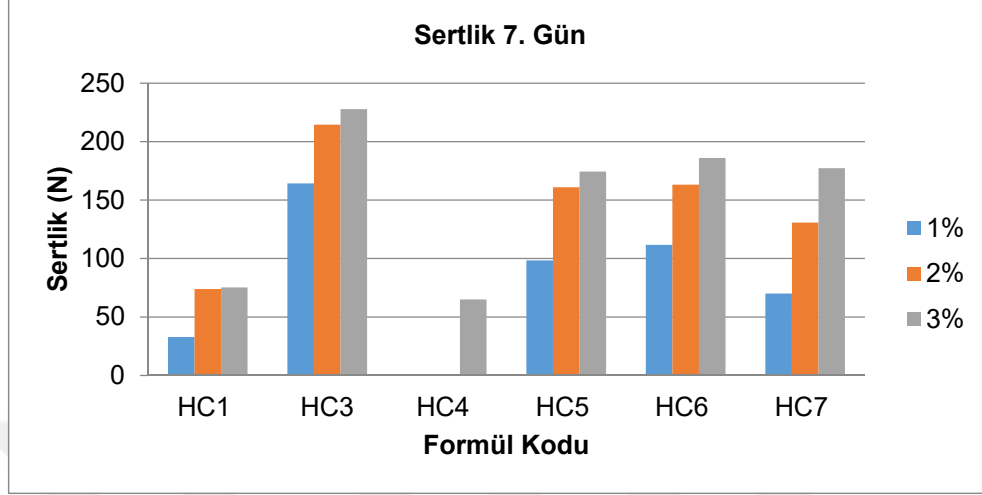
Üç farklı konsantrasyonda hidrokolloidlerin ikili kombinasyonu sonucu üretilen bisküvilerin depolanmasının ardından ölçülen sertlik değerlerinin incelenmesiyle;

- Guar gam ile ksantan gam kombinasyonu sonucu örneklerin (%1 HC5, %2 HC5 ve %3 HC5 kodlu örnekler) 7. gün sertlik değerleri sırasıyla; 98.47 N, 160.93 N ve 174.37 N'dur.

- %3 konsantrasyonda guar gam ile HPMC'nin kombinasyonu (%3 HC4) sonucu üretilen örneğin 7. gün sertlik değeri 64.73 N'dur. Ayrıca, %1 ve %2 konsantrasyonda söz konusu kombinasyonun üretim deseninden çıkarılmasından ötürü kendi aralarında kıyaslama yapılamamıştır.
- HPMC ve ksantan gam kombinasyonu ile üretilen bisküvi örneklerinin (%1 HC6, %2 HC6 ve %3 HC6) 7. gün sertlik değerleri sırasıyla 111.68 N, 163.17 N ve 186.11 N olduğu belirlenmiştir.

Buna göre, konsantrasyon artışına bağlı olarak 7. gün sertlik değerlerinin arttığı saptanmış olup, ikili kombinasyonlar sonucu en düşük sertlik değeri sadece %3 konsantrasyonda üretilebilen guar gam ile HPMC'nin kombinasyonuna ait olurken, en yüksek sertlik değeri HPMC ve ksantan gam kombinasyonu ile üretilen örneklerle ait olduğu belirlenmiştir.

3 farklı konsantrasyonda hidrokolloidlerin üçlü kombine edilmesi sonucu üretilen bisküvi örneklerinin (%1 HC7, %2 HC7 ve %3 HC7) depolanmasının ardından ölçülen 7. gün sertlik değerleri sırasıyla 70.10 N, 130.69 N ve 177.28 N olarak saptanmıştır ($p < 0.05$). Buna göre, konsantrasyon artışına bağlı olarak sertlik değerlerinin arttığı belirlenmiştir.



Şekil.4.12. Bisküvilere Ait 7. Gün Sertlik Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmamızda, %1, %2 ve %3 konsantrasyonda hidrokolloidlerin ilavesiyle üretilen bisküvilerin 7 gün depolanmasının ardından ölçülen ortalama sertlik değerleri sırasıyla 95.46 N, 167.34 N ve 168.16 N olarak saptanmıştır. Buna göre, Şekil 4.12'nin incelenmesiyle konsantrasyon artışına bağlı olarak sertlik değerlerinde düzenli bir artış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, depolama sonunda %1 HC1 kodlu örneğin sertlik değerinde meydana gelen azalmanın, aynı örneğin nem içeriğinin artmasından kaynaklandığı düşünülmürken, diğer örneklerin sertlik değerlerinin artması ise örneklerin nem değerlerinin azalması ile ilişkilendirilmiştir.

Özaydın (2014) tarafından, yulaf unu ve kepeği eklenerek diyabetik bisküvide, CMC ve GMS kullanımının bisküvi kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlara göre, bisküvi örnekleri tekstürel özellikleri açısından incelendiğinde 1. gün ile sonraki günler arasında bazı örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmamasına rağmen; sertlik değerlerine bakıldığında özellikle kontrol örneklerinde ve CMC'nin eklendiği örneklerde sertlik değerlerinin arttığı ancak daha sonra aşama aşama azaldığı belirlenmiştir.

4 farklı seviyede (% 0, %10, %20 ve %30) incir çekirdeği unu (İÇU) kullanılarak glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirildiği bir çalışmada üretilen bisküviler 5 ay boyunca depolanmıştır. Üretilen örneklerin depolama boyunca sertlik değerlerindeki değişimine bakıldığında; bisküvilerin sertlik değerleri kullanılan İÇU ilavesine bağlı olarak 1. ve 3. ayda artarken, 5. ayda artan nem değerlerine bağlı olarak azaldığı saptanmıştır (Ulutürk, 2018).

Farklı hidrokolloidlerin ilavesinin gerek dolgu gerekse de dolgulu bisküvi üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, üretilen bisküviler 90 gün boyunca depolanmıştır. Örneklerin 15 günde bir ölçülen sertlik değerlerinin incelenmesiyle, ilk 15. günde sertlik değerleri artarken, 30. ve 45. günlerde yumuşamadan kaynaklı değerlerin düştüğü saptanmıştır (Kemer kaya, 2018).

Yapılan başka bir çalışmada, gül yaprağı ununun (GYU) farklı konsantrasyonlarda kullanılmasıyla üretilen bisküvilerin depolanması sonucunda GYU eklenen örneklerin sertlik değerlerinde artış olduğu saptanmıştır (Tekeli, 2019). Fakat literatürde yapılan bazı çalışmalara bakıldığında, bisküvi örneklerinin depolama süresinin artmasıyla sertlik değerlerinin azaldığı saptanmıştır (Aydın, 2012; Güldane, 2014; Candal, 2016).

4.2.2.5.3. Gevreklik (1. Gün)

Bisküvilerin, genellikle ağız hassasiyeti bakımından belirli sertlik ve gevreklik derecesine sahip olması istenmektedir. Aşırı derecede gevrek olan bisküvilerde kırılabilirlik düzeyi artacağından dolayı bisküvi gibi ürünler ambalajlama, taşıma ve pazarlama esnasında sorun oluşturdıkları için tercih edilmemektedir (Doğan, 2016).

Çizelge 4.9'a göre, üretilen bisküvi örneklerinin gevreklik değerleri 0.75 mm-1.49 mm aralığında değişkenlik göstermektedir. En düşük gevreklik değerine (0.75 mm), %1 konsantrasyonda guar gam ilave edilen %1 HC1 kodlu örnek sahipken, en yüksek gevreklik değerine (1.49 mm) ise, %3 konsantrasyonda

HPMC ve ksantan gamın kombinasyonu ile elde edilen %3 HC6 kodlu örnek sahip olmaktadır.

Hidrokolloidlerin tek başlarına %1, %2 ve %3 konsantrasyonlarda kullanılması sonucu hazırlanan bisküvilerin gevreklik değerlerine bakıldığında; guar gam içeren örnekler (%1 HC1, %2 HC1 ve %3 HC1) sırasıyla 0.75 mm, 0.76 mm ve 0.78 mm olup, ksantan gam içerenler (%1 HC3, %2 HC3 ve %3 HC3) ise sırasıyla 1.25 mm, 1.30 mm ve 1.38 mm olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Buna göre, guar gamın bisküvi gevreklik değerlerini düşürdüğü tespit edilmiştir.

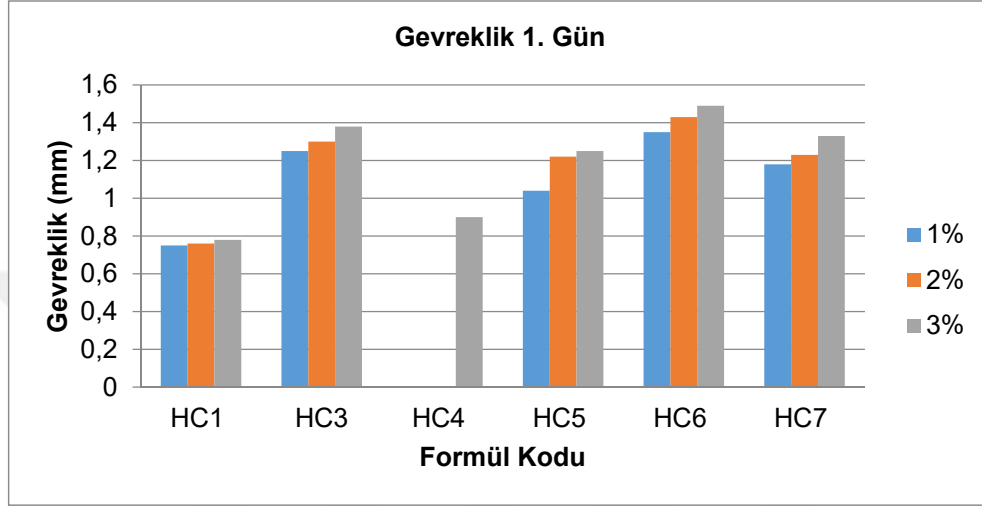
Araştırmada, hidrokolloidlerin üç farklı düzeyde (%1, %2 ve %3) ikili kombine edilmesiyle elde edilen bisküvi örneklerinin gevreklik değerleri incelendiğinde,

- Guar gam ve ksantan gamın kombine edilmesi sonucu örneklerin (%1 HC5, %2 HC5 ve %3 HC5) gevreklik değerleri sırasıyla 1.04 mm, 1.22 mm ve 1.25 mm olarak belirlenmiştir.
- Guar gam ve HPMC'nin %1 ve %2 düzeylerinde kombinasyonunun üretim deseninden çıkarılmasından ötürü sadece %3 düzeyinde kombinasyonu ile üretilen %3 HC4 kodlu örneğin gevreklik değeri (64.84 mm) belirlenebilmiştir. Bu nedenle, kendi aralarında bir kıyaslama yapılamamıştır.
- HPMC ile ksantan gamın kombinasyonu ile üretilen örneklerin (%1 HC6, %2 HC6 ve %3 HC6) gevreklik değerleri sırasıyla 1.35 mm, 1.43 mm ve 1.49 mm olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Buna göre, ikili kombinasyonlarda sağlanan en yüksek etki HPMC ve ksantan gam kombinasyonuna ait bisküvilerde elde edilmiştir.

Üç farklı konsantrasyonda (%1, %2 ve %3) hidrokolloidlerin üçlü kombinasyonu sonucu hazırlanan bisküvi örneklerinin (%1 HC7, %2 HC7 ve %3

HC7) gevreklik değerleri sırasıyla 1.18 mm, 1.23 mm ve 1.33 mm olarak saptanmıştır ($p<0.05$).



Şekil.4.13. Bisküvilere Ait 1. Gün Gevreklik Değerlerinin Karşılaştırılması

Araştırmamızda, farklı seviyelerde hidrokolloidlerin kullanılması sonucu üretilen örnekler için ortalama gevreklik değerleri sırasıyla 1.11 mm, 1.18 mm ve 1.24 mm olarak tespit edilmiştir. Buna göre, hidrokolloidlerin hem tek başlarına hem de ikili veya üçlü kombinasyonu sonucu üretilen bisküvi örneklerinin, konsantrasyon artışına bağlı olarak gevreklik değerlerinin düzenli olarak arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.13). Ayrıca, Şekil 4.11'de verildiği üzere konsantrasyon artışına bağlı olarak sertlik değerlerinin de arttığı saptanmış; sertlik ve gevreklik değerleri arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Benzer bir şekilde, Kemerkaya (2018) tarafından bisküvilerde sertlik ve gevreklik analiz sonuçlarının birbirleriyle ilişkili olduğu ve sertlik değerinin artmasıyla gevreklik değerinin de orantılı bir şekilde arttığı bildirilmiştir.

Sonuç olarak, her üç konsantrasyonda da guar gam ile üretilen bisküviler en düşük gevreklik değerlerine sahipken, en yüksek gevreklik değerlerine ise her

üç konsantrasyonda da HPMC ve ksantan gam kombinasyonu ile elde edilen örneklerin sahip olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, yulaf unu ve kepeği ilave edilerek diyabetik bisküvi üretiminde karboksi metilselüloz (CMC) ve gliserol monostearatın (GMS) nihai ürünün bazı kalite nitelikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bisküvilere ait kırılma değeri 6.47 N-11.47 N olarak belirlenmiştir. CMC'nin ilave edilmesi ve düzeyinin artmasıyla örneklerin gevreklik değerlerinde artış saptanmıştır (Özaydın, 2014).

2 farklı düzeyde keçiyoynuzu gamı (%1.5 ve %3) ve uşkun (%1 ve %2) ilave edilerek üretilen glutensiz bisküvilere ait kırılma değeri 3.11-4.37 mm arasında değişmektedir. En düşük kırılma değeri, %1.5 gam ile %0 uşkun içeren örnekte saptanırken, en yüksek kırılma değeri ise uşkun içermeyen %3 gam ilaveli örnekte belirlenmiş olup kullanılan gam konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak kırılma değerinin arttığı tespit edilmiştir (Doğan, 2016).

Kemer kaya (2018) tarafından, farklı hidrokoloidlerin ilave edilmesinin hem dolgu hem de dolgu bisküvi üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, nişasta ile ksantan gam ve karragenan ile keçiyoynuzu gamı farklı düzeylerde kombine edilmiştir. Ortalama değerler karşılaştırıldığında, dolgulara hidrokoloid ilavesinin, bisküvilerin gevreklik değerlerini önemli düzeyde arttırdığı saptanmıştır.

4.2.2.5.4. Gevreklik (7. Gün)

Çizelge 4.9'a göre, depolanan bisküvilerin 7. gün gevreklik değerleri 0.69-1.95 mm arasında bulunmuş olup, en düşük gevreklik değeri %1 konsantrasyonda guar gam ilavesiyle üretilen %1 HC1 kodlu örneğe aitken, en yüksek gevreklik değeri %3 konsantrasyonda ksantan gam ilavesiyle üretilen %3 HC3 kodlu örneklere ait olduğu saptanmıştır.

Üç farklı konsantrasyonda (%1, %2 ve %3) hidrokoloidlerin tek başlarına kullanılmasıyla üretilen bisküvilerin depolanması sonucunda ölçülen gevreklik

değerlerinin incelenmesiyle; guar gam içeren nihai ürünler (%1 HC1, %2 HC1 ve %3 HC1) sırasıyla 0.69 mm, 0.81 mm ve 0.84 mm olarak bulunurken, ksantan gam içerenler (%1 HC3, %2 HC3 ve %3 HC3) sırasıyla 1.68 mm, 1.79 mm ve 1.95 mm olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Ayrıca, depolama sonunda sadece %1 düzeyinde guar gam ilaveli örneğin (%1 HC1) gevreklik değerinin azalmasına karşın, diğer örneklerin gevreklik değerlerinde düzenli bir artış gözlenmiştir.

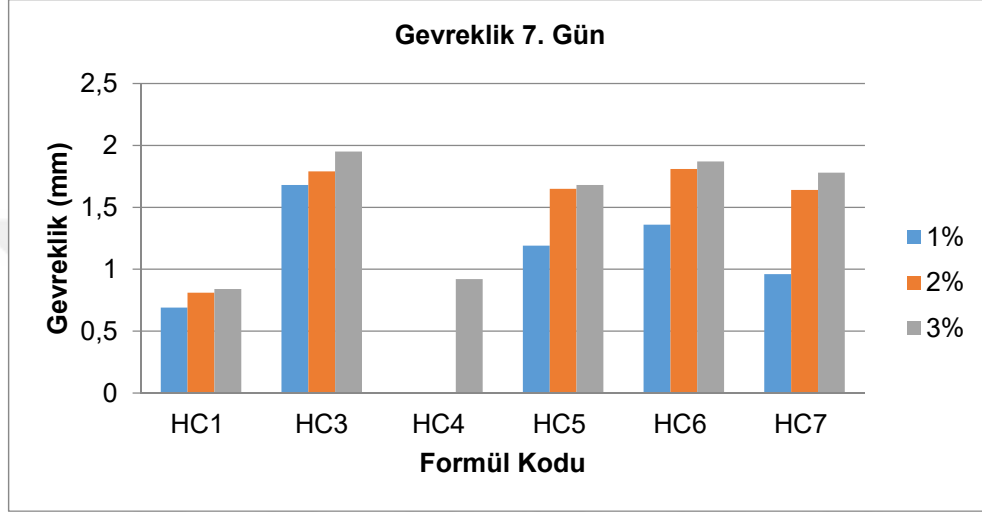
%1, %2 ve %3 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda hidrokolloidlerin ikili kombine edilmesi sonucu üretilen bisküvilerin depolanmasının ardından ölçülen gevreklik değerlerinin incelenmesiyle;

- Guar gam ile ksantan gam kombinasyonu sonucu örneklerin (%1 HC5, %2 HC5 ve %3 HC5) 7. gün gevreklik değerleri sırasıyla 1.19 mm, 1.65 mm ve 1.68 mm'dir.
- %3 konsantrasyonda guar gam ile HPMC'nin kombinasyonu (%3 HC4) sonucu üretilen örneğin 7. gün gevreklik değeri 0.92 mm'dir. Ayrıca, %1 ve %2 konsantrasyonda söz konusu kombinasyonun üretim deseninden çıkarılmasından ötürü kendi aralarında kıyaslama yapılamamıştır.
- HPMC ve ksantan gam kombinasyonu sonucu üretilen bisküvi örneklerinin (%1 HC6, %2 HC6, %3 HC6) 7. gün gevreklik değerleri sırasıyla 1.36 mm, 1.81 mm ve 1.87 mm olduğu saptanmıştır.

Buna göre, konsantrasyon artışına bağlı olarak 7. gün gevreklik değerlerinin arttığı saptanmış olup, ikili kombinasyonlar sonucu en düşük gevreklik değeri sadece %3 konsantrasyonda üretilebilen guar gam ile HPMC'nin kombinasyonuna ait olurken, en yüksek sertlik değeri HPMC ve ksantan gam kombinasyonu ile üretilen örneklere ait olduğu saptanmıştır.

3 farklı konsantrasyonda hidrokolloidlerin üçlü kombinasyonu sonucu üretilen bisküvilerin (%1 HC7, %2 HC7, ve %3 HC7) depolanmasının ardından

ölçülen 7. gün gevreklik değerleri sırasıyla 0.96 mm, 1.64 mm ve 1.78 mm olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Buna göre, konsantrasyon artışına bağlı olarak gevreklik değerlerinin arttığı saptanmıştır.



Şekil.4.14. Bisküvilere İlişkin 7. Gün Gevreklik Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmamızda, üç farklı konsantrasyonda hidrokolloidlerin kullanılmasıyla üretilen bisküvi örneklerinin 7 gün depolanmasının ardından ölçülen ortalama gevreklik değerleri sırasıyla 1.17 mm, 1.54 mm ve 1.62 mm olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, Çizelge 4.9'un incelenmesiyle konsantrasyon artışına bağlı olarak sertlik ve gevreklik değerlerinde düzenli bir artış olduğu saptanmıştır. Ayrıca, depolama sonunda %1 HC1 kodlu örneğin gevreklik değerinde meydana gelen azalmanın, aynı örneğin nem içeriğinin artmasından kaynaklandığı düşünülmürken, diğer örneklerin gevreklik değerlerinin artmasına ise örneklerin nem değerlerinin azalmasının sebep olduğu düşünülmüştür.

Kemerkaya (2018) tarafından, hem dolgu hem de dolgulu bisküvi üzerinde farklı hidrokolloidlerin etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, üretilen örnekler 90 gün boyunca depolanmıştır. Örneklerin 15 günde bir ölçülen

gevreklik değerlerine bakıldığında, 15. günde artarken, 30. ve 45. günlerde dolgudan bisküviye nem geçişi nedeniyle azaldığı saptanmıştır.

Yapılan başka bir çalışmada; incir çekirdeği unu kullanılarak üretilen glutensiz bisküviler 5 ay boyunca depolanmıştır. Depolama yapılan aylar kendi aralarında kıyaslandığında, depolamanın kırılmalık değerleri üzerinde istatistiksel açıdan önemli bir farklılık oluşturmadığı saptanmıştır (Ulutürk, 2018).

4.2.3. Fenilalanin Analizi

FKÜ yönetimi için Amerikan Tıbbi Genetik ve Genomik Enstitüsü yönetmeliği, tüm FKÜ hastalarında kan fenilalanin seviyelerini 120-360 µmol/L (2-6 mg/dL) arasında tutulmasını tavsiye etmektedir (Mahan ve ark, 2018). Kan fenilalanin seviyesini bu değerlerin altında tutabilmek için klasik FKÜ hastalarının besinsel fenilalanin alımının 200-400 mg/gün'e indirgenmesi gerektiği belirtilmiştir (Burgard ve ark, 2016).

Çalışmamızda, tüm örneklerde %1, %2 ve %3 konsantrasyonda kullanılan hidrokoloidler dışındaki girdilerin miktarı sabit olduğundan fenilalanin analizinin duyuşal olarak en çok beğenilen dört örnekten ikisine (HC1 ve HC18 kodlu örneklere) uygulanması uygun bulunmuştur. Buna göre %1 konsantrasyonda guar gam ilavesiyle hazırlanan %1 HC1 kodlu ve %2 konsantrasyonda guar gam ilave edilen %2 HC1 kodlu örneklere ait fenilalanin içerikleri 0.031 g/100g'dan düşük oldukları saptanmıştır (Çizelge 4.10).

Çizelge.4.10. %1 HC1 ve %2 HC1 Kodlu Bisküvi Örneklerinin Fenilalanin İçerikleri

Formül Kodu	Fenilalanin İçeriği (g/100 g)
%1 HC1 (%100 GG)	< 0.031
%2 HC1 (%100 GG)	< 0.031

Parlak (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, bisküvi üretiminde pektin, ksantan gam ve gliserol monostearat (GMS) kıvam arttırıcı olarak ilave edilmiştir. Bunun yanı sıra, kuru üzüm, kuş üzümü, elma tarçın, hurma da bisküvi üretiminde kullanılmış olup sade bisküviler kontrol bisküvisi olarak kabul edilmiştir. Sonuç olarak, üretilen bisküvilere ait fenilalanin değerleri 0.064 mg (PU) ile 0.006 mg (KS) aralığında bulunmuştur. Kuru meyve ilaveli örneklerin, sade örneklerle kıyasla daha yüksek fenilalanin içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca pektin ilavesinin fenilalanin miktarını önemli düzeyde arttırdığı saptanmıştır ($p<0.05$).

Yaseen ve ark (2014) tarafından, FKÜ hastalarının tüketimine yönelik düşük fenilalanin içerikli bisküvi üretimi amacıyla buğday ununu kısmen ikame etmek üzere farklı düzeylerde mısır nişastası kullanılmış ve 5 farklı formülasyon elde edilmiştir. Ayrıca, nihai ürünün tekstürel özelliklerini geliştirmek amacıyla pektin ve CMC kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bisküvilere ait fenilalanin değerlerinin 0.02-0.25 g/100g aralığında olduğu saptanmış olup bu değerler çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.

4.2.5. Duyusal Analiz

Gıdaların tüketilebilirlik kalitesi duyusal değerlendirme sonucunda belirlenmektedir. İnsan duyuları tarafından belirlenen duyusal analizler, tüketicinin nihai ürünü kabul etmesine veya reddetmesine neden olan özelliklerdir. Bir gıdanın tüketici tarafından değerlendirilmesi esnasında gıdanın görünüşü ilk etkiyi oluşturmakta ve ürünü satın alma veya tüketme kararını etkilemekte olan en önemli duyusal kalite kriteri olmaktadır. Genellikle bir gıdanın rengine bakılarak ilk kalite

kontrolü yapıldığından dolayı eğer gıdanın rengi tüketici üzerinde olumlu bir etki oluşturmazsa tadı, aroması, besin öğeleri miktarı gibi nitelikleri ne kadar iyi olursa olsun o gıdanın olumsuz puan almasına neden olmaktadır. Bir gıdanın kabul edilebilirliği açısından tat ve kokusu da önemli kriterlerdir (Demirel, 2017). Buna göre, panelistler tarafından duyu analize tabi tutulan düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi örneklerinin, renk, yüzey görünüm, sertlik, gevreklik ve genel beğeni parametreleri değerlendirilmiştir (Ek-3).

Çalışmamızda, üretim aşamasından sonra, hidrokolloidlerin 3 farklı konsantrasyonda (%1, %2 ve %3) kullanımıyla elde edilen 16 farklı bisküvi formülasyonu arasından duyu analizin yapılacağı bisküvi örnekleri alanında uzman olan bir ekip tarafından belirlenmiştir. Özellikle sertlik ve gevreklik değerleri gibi tekstürel özellikler ve nem değerleri dikkate alındığında; %1 HC1, %1 HC7, %2 HC1 ve %3 HC4 kodlu düşük fenilalanin içerikli bisküvi örneklerinin kalite niteliklerinin diğer örneklerle kıyasla daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, %1 HC1, %1 HC7, %2 HC1 ve %3 HC4 olmak üzere toplam 4 farklı bisküvi örneği duyu analize tabi tutulmuştur. Düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi örneklerine ait duyu analiz sonuçları Çizelge 4.11'de ve bu sonuçlara dayanarak oluşturulan örümcek ağı diyagramı Şekil 4.15'te verilmiştir.

Çizelge.4.11. Farklı Bisküvi Örneklerine Ait Duyusal Analiz Değerleri

Formül Kodu	Renk	Yüzey Görünüm	Sertlik	Gevreklik	Tat	Genel Beğeni
%1 HC1	4.40 ^a	3.20 ^b	4.80 ^a	4.70 ^a	4.70 ^a	4.50 ^a
%1 HC7	4.30 ^a	4.35 ^a	3.70 ^b	4.25 ^{ab}	4.05 ^a	4.00 ^a
%2 HC1	4.20 ^a	4.60 ^a	4.30 ^{ab}	4.10 ^{ab}	4.20 ^a	4.05 ^a
%3 HC4	3.80 ^a	4.25 ^a	4.10 ^b	3.95 ^b	4.30 ^a	4.00 ^a

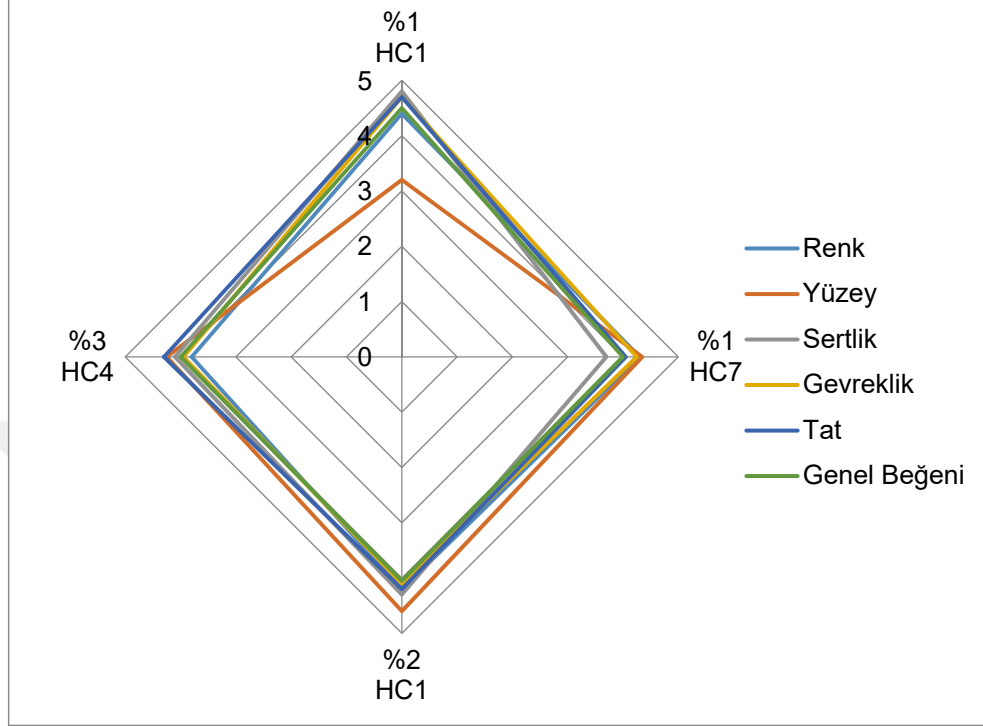
⁽¹⁾ Çizelgede aynı özellik için aynı harflerle gösterilen değerlerin arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsiz olduğunu belirtmektedir.

Duyusal analize tabi tutulan bisküvi örnekleri, renk, tat ve genel beğeni parametreleri açısından değerlendirildiğinde, örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanamamıştır ($p>0.05$).

Düşük fenilalanin içerikli bisküvi örneklerinin yüzey görünüm açısından duyusal olarak değerlendirilmesi sonucu alınan puanlar 3.20-4.60 arasında değişmektedir. İstatistiksel anlamda en düşük puana ($p<0.05$), %1 HC1 kodlu bisküvi örneği sahipken, en yüksek puana ise HC7 kodlu örneğin sahip olduğu Şekil 4.15'te verilen örümcek ağı diyagramında görülmektedir.

Bisküvi örnekleri tekstürel özelliklerden biri olan sertlik bakımından değerlendirildiğinde HC1 kodlu örneğin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde en yüksek puana ($p<0.05$), sahip olduğu Şekil 4.15'te verilen örümcek ağı diyagramında da gözlenmektedir. Bu bağlamda, guar gamın sertlik parametresi üzerindeki olumlu etkisi duyusal olarak da belirlenmiştir. En düşük sertlik puanına (3.70) ise, diğer bisküvi örnekleri arasından %1 HC7 kodlu örneğin sahip olduğu belirlenmiştir.

Düşük fenilalanin içerikli bisküvi örneklerinin duyusal analizi diğer bir tekstürel özellik olan gevreklik üzerinden değerlendirildiğinde ise, %1 HC1 kodlu örneğin istatistiksel anlamda en yüksek puana (4.70) sahip olması, guar gamın gevreklik kalite parametresi üzerinde de olumlu etkisi olduğu duyusal olarak da saptanmıştır ($p<0.05$). En düşük gevreklik puanı (3.95) ise, %3 HC4 kodlu örneğe ait olduğu belirlenmiştir.



Şekil.4.15. Duyusal Analiz Örümcek Ağı Diyagramı

Sonuç olarak, bütün duysal kalite parametreleri açısından değerlendirildiğinde, %1 konsantrasyonda guar gam ile hazırlanan %1 HC1 kodlu örneğin panelistler tarafından en çok tercih edilen bisküvi örneği, olduğu saptanmıştır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, fenilketonüri ve çölyak hastalarının tüketimine yönelik düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi üretiminin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda; 3 farklı hidrokolloidin (guar gam, HPMC ve ksantan gam) %1, %2 ve %3 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda tek başlarına, ikili ve üçlü kombinasyonlar halinde kullanımının bisküvilerin bazı kalite nitelikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Kalite nitelikleri bakımından değerlendirildiğinde, genel olarak bisküvinin nem içeriğinin ($<6\%$), pişme kaybının, sertlik ve gevreklik değerinin düşük olması istenirken, çap ve yayılma oranının görece olarak yüksek olması arzu edilmektedir. Bu bağlamda, düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi örnekleri; nem pişme kaybı, spesifik hacim, çap, kalınlık, yayılma oranı, renk, sertlik ve gevreklik gibi tekstürel özellikler ve duyuşsal olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre, nişasta karışımına (patates + mısır nişastası) hidrokolloidlerin artan düzeylerde ilave edilmesi sonucu ölçülen su absorpsiyon kapasite değerleri, konsantrasyon artışına bağlı olarak artarken ($p<0.05$), yağ absorpsiyon kapasite değerleri arasında istatistiksel açıdan bir farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$).

Bunun yanı sıra, toplam hidrokolloid konsantrasyonu artışına bağlı olarak bisküvi örneklerinin nem, kalınlık, L^* , sertlik ve gevreklik değerlerinde düzenli bir artış; pişme kaybı, spesifik hacim, çap ve yayılma oranı değerlerinde ise düzenli bir azalma belirlenmiştir ($p<0.05$). Örneklerin 7 gün depolanmasının ardından, hidrokolloid konsantrasyonu artışına bağlı olarak nem değerlerinde %1 HC1 kodlu örnek dışında genel olarak azalma, sertlik ve gevreklik değerlerinde ise %1 HC1 kodlu örnek dışında genel olarak bir artış saptanmıştır ($p<0.05$). Fenilalanin analiz sonuçlarının incelenmesiyle, bisküvilerin fenilalanin değerleri $0.031 \text{ g}/100 \text{ g}$ 'ın altında olup, FKÜ hastalarının tüketimine uygun olduğu saptanmıştır.

Genel olarak bisküvi kalite nitelikleri değerlendirildiğinde, ksantan gamın tek başına kullanımı sonucu en yüksek nem, sertlik ve gevreklik değerine, en düşük çap ve yayılma oranına sahip düşük kalite nitelikli bisküvi örnekleri elde edilmesine neden olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra, guar gam tek başına kullanıldığında ise, en düşük nem, sertlik ve gevreklik değerlerine, en yüksek çap ve yayılma oranına sahip arzu edilen kalite ve duyuşal niteliklere sahip örnekler elde edilmesini sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca, guar gam tek başına veya diğer hidrokolloidler ile kombinasyonlar halinde kullanıldığında genellikle arzu edilen kalite ve duyuşal niteliklere sahip örnekler (%3 HC5 ve %3 HC7 hariç) elde edilmesini sağladığından dolayı, düşük proteinli dolayısıyla düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi üretiminde guar gam kullanımının oldukça önemli olduğu saptanmıştır. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, tek başına ksantan gam kullanımı sonucu üretilen örnekler hariç %1 ve %2 konsantrasyonda üretilen diğer bütün örneklerin (%1 HC1, %1 HC5, %1 HC6, %1 HC7, %2 HC1, %2 HC5, %2 HC6 ve %2 HC7) ve %3 konsantrasyonda ise %3 HC1 ve %3 HC4 kodlu örneklerin rahatlıkla tüketilebilir oldukları saptanmıştır. Duyusal analiz sonucuna göre, bisküvi örnekleri renk, tat ve genel beğeni parametreleri açısından değerlendirildiğinde, örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanamamıştır ($p>0.05$). Ayrıca, bütün duyuşal kalite parametreleri açısından değerlendirildiğinde, %1 konsantrasyonda guar gam ile hazırlanan %1 HC1 kodlu örneğin panelistler tarafından en çok tercih edilen bisküvi örneği olduğu saptanmıştır.

Ayrıca, FKÜ hastalarına yönelik ürün çeşitliğinin kısıtlı olması ve çoğunlukla yurt dışından ithal edilmelerinden dolayı çalışmada üretilen ürünlerin fonksiyonelliğini arttırmak suretiyle düşük fenilalanin içerikli ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmaların hız kazanarak devam etmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak;

- Elde edilen örneklerin fenilalanin değerleri FKÜ hastalarının tüketimine uygun olup, düşük fenilalanin içerikli ürün gelişiminde önem arz etmektedir.
- Fenilalanin içeriği bakımından buğday ununun; patates ve mısır nişastasına kıyasla çok daha yüksek olmasından dolayı bisküvi üretiminde gluten içermeyen hammadde kullanılmıştır. Bu bağlamda, elde edilen örnekler, çölyak hastaları ve glutene duyarlılığı olan hastalar tarafından da rahatlıkla tüketilebilecek, diyetin tekdüzeliğini azaltacak, günlük enerji ihtiyacını kısmen karşılayacak, düşük fenilalanin içerikli gluten içermeyen özel amaçlı tüketime uygun bir ürün elde edilmiştir.
- Ülkemizde FKÜ hastalarına yönelik bisküvi gibi ürünleri sınırlı biçimde üretilmekte olup, bu hastalara yönelik büyük çoğunluğu yurt dışından ithal edilen bu ürünler hem yüksek maliyetli hem de erişilmesi oldukça güçtür. Çalışmada kaydedilen sonuçlara göre, özel amaçlı tüketime yönelik bir ürün olarak tüketicilere sunulabilecek, kolayca erişilebilecek, katma değeri yüksek, ihraç potansiyeline sahip, ucuz yerli bir ürün geliştirilmiştir.
- Çalışmamızda gerçekleştirilen bisküvi üretiminde yüksek fenilalanin içeriğinden dolayı ilave edilmeyen başta süt ve yumurta gibi herhangi bir hayvansal protein kaynağı kullanılmamıştır. Bu nedenle, laktoz intoleransı, yumurta alerjisi ya da lakto-vejeteran, vegan gibi farklı beslenme tercihi bulunan bireyler de rahatlıkla tüketebileceğinden geniş bir tüketici kitlesine hitap eden bir ürün elde edilmiştir.
- Yapılan literatür araştırması sonucu, ülkemizde FKÜ hastalarının tüketimine yönelik düşük fenilalanin içerikli bisküvi üretimi ile ilgili çok sınırlı sayıda çalışma olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple, söz konusu çalışmada elde edilen olumlu sonuçların ileride yapılacak çalışmalara öncülük edip, katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- AACC, 2010. International Approved Methods of Analysis, American Association of Cereal Chemists, 11th Edition, St. Paul, MN., USA.
- Akçelenk, E., 2004. Glutensiz bisküvi üretimi, Bitirme Tezi, Selçuk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim dalı, Konya, 2-8.
- Altuğ, T., 2001, Gıda katkı maddeleri. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 4, 55.
- Anonim, 2019. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ulusal Gıda Kompozisyonu Veritabanı (Türkomp). <http://www.turkomp.gov.tr/main> [Son erişim tarihi: 24.08.2019].
- Anonim, 2013. Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği, Tebliğ No:2013/9. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/04/20130402-7.htm>
- Anonim, 2017. Türk Standartları Enstitüsü, Bisküvi Standardı, TS 2383.
- Ajila, C.M., & Leelavathi, K., 2008. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with incorporation of mango peel powder, J. Cereal Sci., 48:319-326.)
- Artz, W. E., Warren, C. C., Mohring, A. E., & Villota, R., (1990). Incorporation of corn fiber into sugar snap cookies, *Cereal Chemistry*, 67(3): 03-305.
- Avcı, S., 2016. Glutensiz Diyetin Kilo Kaybı Üzerine Etkisi. İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Aydın, N., 2012. Keçiyoynuzu Unu İlavesinin Bisküvinin Bazı Kalite Kriterlerine Etkisi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Denizli.
- Bardak, K., 2019. Fenilketonüri Hastalığında Endoplazmik Retikulum Stresinin Araştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Samsun.

- Baydar, T., & Şahin, G., (1997). Aspartam Metabolizması ve Toksisitesi. *Klin J Med Sci*, 17: 141–152.
- Bélanger-Quintana, A., Burlina, A., Harding, C.O., & Muntau, A.C., (2011). Up to date knowledge on different treatment strategies for phenylketonuria. *Mol Genet Metab* 104:19-25.
- Becker, F. S., Damiani, C., de Melo, A. A. M., Borges, P. R. S., & de Barros Vilas Boas, E. V., 2014. Incorporation of Buriti Endocarp Flour in Gluten-free Whole Cookies as Potential Source of Dietary Fiber. *Plant Foods Hum Nutr*, 69: 344–350.
- Beğen, F., 2012. Yüksek Lif İçerikli Bisküvi Üretiminde Lüpen (*Lupinus Albus L.*) Kepeği Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Biagi, F., Trotta, L., Alfano, C., Balduzzi, D., Staffieri, V., Bianchi, P. I., Marchese, A., Vattiato, C., Zilli, A. & Luinetti, O, (2013). Prevalence and natural history of potential celiac disease in adult patients. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 48, 537-542.
- Bickel, H., Gerrard, J., & Hickmans, E.M., (1953). Preliminary Communication. *Lancet*, 262: 812–813.
- Blau, N., (2006). PKU and BH₄. *Advances in Phenylketonuria and Tetrahydrobiopterin*, SPS Publications.
- Blau, N., van Spronsen, F. J., & Levy, H, L., 2010. Phenylketonuria. *Lancet*, 376:1417–1427.
- Bourne, M. C., 2002. Food texture and viscosity: concept and measurement, Elsevier Science & Technology Books.
- Bozdoğan, N., 2015. Glutensiz Kek Formülasyonlarında Hidrokolloid Ve Diyet Lifi Kullanımının Hamur Reolojisi Ve Kek Kalitesi Üzerine Olan Etkilerinin İncelenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

- Brown, C. S., and Lichter-Konecki, U., 2016. Phenylketonuria (PKU): A Problem Solved? *Molecular Genetics and Metabolism Reports*, 6:8–12.
- Burgard, P., Lachmann, R. H., & Walter, J., 2016. *Hyperphenylalaninaemia* (Edited by J-M. Saudubray, M. R. Baumgartner, J. Walter). Springer Publishing, Berlin, s.251-265.
- Can, M., 2015. Portakal Kabuğu tozunun Bisküvi Hamuru ve Bisküvi Kalitesi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Malatya.
- Can, G. K., 2018. Fenilketonüri Tanısına Yönelik Qtf-Tabanlı Kütle Hassas İmmünoensör Geliştirilmesi. Tobb Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Candal, C., 2016. Unun Enzime Dirençli Nişasta İçeriğinin Zenginleştirilmesi ve Bu Unun Bir Diyet Lif Kaynağı Olarak Bisküvi Üretiminde Kullanım İmkanlarının Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Chevallier, S., Colonna, P., Della Valle, G. & Lourdin, D., 2000. Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *J. Cer. Sci.*, 31, 241-252.
- Cumhur, Ö., 2008. Peynir Benzeri Bir Üründe Farklı Protein Kaynaklarının Yapısal Özelliklere Etkilerinin Belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Çakmak, A., 2013. Ankara'da Yaşayan 19-65 Yaş Arası Çölyak Hastalarının Beslenme Durumlarının Yaşam Kalitesi Üzerine Etkisi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

- Çınar, A. T., 2018. Kızılötesi-Mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilmek Üzere Hazırlanan Yer Bademi Unu İçeren Glutensiz Bisküvi Hamurlarının Reolojik Özellikleri ve Bisküvilerin Kalite Özellikleri. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Dapčević Hadnadev, T. R., Torbica, A. M., & Hadnadev, M. S. (2013). Influence of Buckwheat Flour and Carboxymethyl Cellulose on Rheological Behaviour and Baking Performance of Gluten-Free Cookie Dough. *Food and Bioprocess Technology*, 6(7): 1770–1781. .
- Demirel, H., 2017. Farklı Turunçgillerden Elde Edilen Albedoların Bisküvi Üretiminde Kullanım İmkanları. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Demir, G., (2005). Metabolik Hastalıklarda Beslenme. *Türkiye Klinikleri J Pediatr Sci.*, 1:7, 81-8
- Derazshamshir, M., 2017. Kazeinomakropeptid İçeren Puding Formülasyonunun Geliştirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- de Simas, K. N., Vieira, L. D. N., Podestá, R., Müller, C. M. O., Vieira, M. A., Beber, R. C., Reis, M. S., Barreto, P. L. M., Amante, E. R., & Amboni, R. D. M. C. (2009). Effect of king palm (*Archontophoenix alexandrae*) flour incorporation on physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(3), 531–538.
- Devisetti, R., Ravi, R., & Bhattacharya, S., 2015. Effect of Hydrocolloids on Quality of Proso Millet Cookie. *Food Bioprocess Technology*, 8: 2298–2308.
- Devlin, T.M., (1992). Textbooks of Biochemistry with Clinical Correlations, Wiley-Liss., New York, 506-509.

- Dilek, N. M., 2015. Gölevez (*Colocasia Esculenta* (L.) Schott) Ununun Glutensiz Bisküvi Ve Erişte Üretiminde Kullanımı. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Doğan, İ., & Uğur, T., (2005). “Van ve Çevresinde Yetiştirilen Bazı Buğdayların Bisküvilik Kalitesi Üzerine Bir Araştırma” Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 15(2): 139-148.
- Doğan, N.S., 2008. İmmobilize Enzimin Fenilketonüri Teşhisinde Kullanılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Doğan, H., 2016. Glutenli Ve Glutensiz Bisküvi Üretiminde Fonksiyonel Bir Bileşen Olarak Uşkun Kullanımı. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Van.
- Dursun, A., 2015. Glutensiz Bisküvi Üretimi ve Optimizasyonu. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Hatay.
- Elhardallou, S. B., & Walker, A. F. (1993). The water holding capacity of three starchy legumes in the raw, cooked and fibre-rich fraction forms. Plant Foods for Human Nutrition, 44: 171–179.
- Ergin, A., 2011. Çölyak Hastalarına Özel Bisküvi, Erişte ve Pide Üretimi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Denizli.
- Ergül, N., 2011. Fenilketonüri Hastaları için Meyveli Puding Toz Karışımının Üretimi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. İzmir.
- Ermiş, F., & Koç, A., 2014. Çölyak Dışı Gluten Duyarlılığı. Gastroenteroloji. 18(4): 450-453.
- Etzel, MR., 2004. Manufacture and use of dairy protein fractions. J. Nutr 2004;134:996S–1002S.

- Ferrero, C., (2017). Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. *Food Hydrocolloids*. 68: 15-22.
- Francis, F. J., 1995. Quality as influenced by color. *Food Quality and Preference*, 6 (3), 149-155.
- Gambuś, H., Gambuś, F., Pastuszka, D., Wrona, P., Ziobro, R., Sabat, R., Sikora, M. (2009). Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(SUPPL.4), 31–50.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, (2012). Türk gıda kodeksi gluten intoleransı olan bireylere uygun gıdalar tebliği, Tebliğ No: 2012/4.
- Giritlioğlu, E., 2011. Kinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) ve Şeker Otu (*Stevia Rebaudiana* Bertoni) Kullanılarak Yeni Bisküvi ve Kek Formülleri Geliştirme Üzerine Bir Araştırma. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Osmaniye.
- Glicksman, M., 1969. Gum technology in the food industry, *Academic Press*, New York.
- Gök, F., 2015. Fenilketonüri Hastalarında İz Element (Cu, Zn, Fe, Co, Mn, Se, Cr, Ni, Pb, Cd) ve Mineral (K, Ca, Mg) Düzeylerinin Araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Van.
- Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C., & Galotto, M.J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18: 241-247.
- Güldane, M., 2014. Şeker Alkolleri Ve Yeni Nesil Antioksidan Etkili Tatlandırıcıların Bisküvi Kalite Özelliklerine Etkileri. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Denizli.

- Hafid, N. Al., and Christodoulou, J., 2015. Phenylketonuria: A Review of Current and Future Treatments. *Translational Pediatrics*, 4(4):304–317.
- Hatipoğlu, S., 2016. Patates Unu Ve Gam İlavesinin Glutensiz Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Denizli.
- Hayıt, F., 2018. Çölyak Hastalarına Yönelik Kısmi Pişirilerek Dondurma Yöntemi İle Glutensiz Ekmek Üretimi ve Kalitesinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi. Isparta.
- Hendriks, C.J., & Walter, J.H. (2004). Update on phenylketonuria. *Current Paediatrics*; 14, 400-406.
- Hisar, H., 2011. Çölyak Hastalığına Ait Evrelerin Görüntü Analizi ve Sınıflandırması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Kayseri.
- Hoskins, J.A., & Gray, J. 1982. Phenylalanine ammonia-lyase in the management of phenylketonuria: the relationship between ingested cinnamate and urinary hippurate in humans. *Res. Commun. Chem. Pathol. Pharmacol.* 35: 275 – 282.
- Ildız, N., 2015. Farklı Emülgatörlerin Glutensiz Ekmek Üretiminde Kullanılma Olanaklarının Araştırılması. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Iğdır.
- Kağnıcı, M., 2014. Fenilketonüri Ve Hiperfenilalaninemili Çocuklarda Fenilalanin Kısıtlı Diyet İle Tetrahidrobiopterin'in Oksidatif Stres Parametreleri Üzerine Etkisinin Karşılaştırılması. Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Yandal Uzmanlık Tezi. İzmir.
- Kandil, M., Yılmaz-Ersan, L., Özcan, T., & Akpınar-Bayazit, A., 2017. Gamların Prebiyotik Özellikleri. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 18: 18-26.

- Karadeniz, Y., 2013. Fenilketonüri Çocukların Ebeveynlerinin Duygu Durumları Ve Gelecekle İlgili Beklentileri. Dicle Üniversitesi, Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Tıpta Uzmanlık Tezi. Diyarbakır.
- Kaur, M., Sandhu, K. S., Arora, A. P., & Sharma, A., 2015. Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1): 628–632.
- Kayaalp, E., Treacy, E., Waters, P.J., Byck, S., Nowacki, P., & Scriver, CR. 1997. Human phenylalanine hydroxylase mutations and hyperphenylalaninemia phenotypes: a metaanalysis of genotype-phenotype correlations. *Am J Hum Genet*; 61:1309 –1317.
- Kayser, M.A., 2008. Inherited metabolic diseases in neurodevelopmental and neurobehavioral disorders. *Semin Pediatr Neurol*; 15:127.
- Kazanasmaz, H., Karaca, M., & Gönel, A., 2018. Fenilalanin ve Tirozin Düzeyinin Plazma ve Kuru Kan Damlası Örneklerinde Karşılaştırılması. *Türk Klinik Biyokimya Dergisi*, 16(2): 63-71.
- Kazancı, P., 2018. Fenilketonüri Tanısı İçin Kağıt-Tabanlı Mikroakışkan Analitik Cihaz Geliştirilmesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Kemer kaya, N. Ç., 2018. Synergist Effect Of Hydrocolloids On Filling And Filled-Biscuit Quality. Istanbul Technical University, Graduate School Of Science Engineering And Technology, Department Of Food Engineering, M.Sc. Thesis, Istanbul.
- Kılıç, Ö., Candal, C., & Erbaş, M., 2016. Fenilketonüri Hastalığı ve Fenilketonüri Hastalarına Yönelik Gıda Üretimi. Türkiye 12. Gıda Kongresi 05-07 Ekim 2016, Edirne.
- Koçak, Ş., 2018. Bazı Emülgatörlerin Glutensiz Kek Üretiminde Kalite Üzerine Etkileri. Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Iğdır.

- Küçükkasap, T., 2013. Türkiye’de Fenilketonüri Hastalığında Tanı, Tedavi, İzlem ve Uygulamaların Saptanması. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Programı, Doktora Tezi, Ankara.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & Biliaderis, C.G., (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten- free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79: 1033-1047.
- Lidsky, A. S., Law, M. L., Morse, H. G., Kao, F. T., Rabin, M., Ruddle, F. H., & Woo, S. (1985). Regional mapping of the phenylalanine hydroxylase gene and the phenylketonuria locus in the human genome. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 82(18), 6221-6225.
- Li, J. M., and Nie, S. P., 2016. The Functional A-and Nutritional Aspects of Hydrocolloids in Foods. *Food Hydrocolloids*, 53:46–61.
- Lim, K., van Calcar, S. C., Nelson, K. L., Gleason, S. T., and Ney, D. M., 2007. Acceptable Low-Phenylalanine Foods and Beverages Can Be Made With Glycomacropeptide From Cheese Whey for Individuals with PKU. *Molecular Genetics and Metabolism*, 92:176–178.
- Lindegren ML, Krishnaswami S, Reimschisel T, Fonnesbeck C, Sathe NA, McPheeters ML. 2013. A systematic review of BH4 (sapropterin) for the adjuvant treatment of phenylketonuria. *JIMD reports*; 8: 109-19.
- Mahan, K. C., Gandhi, M. A., & Anand, S., 2018. Pegvaliase: a novel treatment option for adults with phenylketonuria. *Current Medical Research and Opinion*, 4:647–651.
- Mamat, H., Hardan, M.O.A., & Hill, S.E. (2010) Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. *Food Chemistry*, 121:1029-1038.
- Mancebo, C. M., Picón, J., & Gómez, M. (2015). Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 264–269.

- Manta-Vogli, P.D., Dotsikas, Y., Loukas, Y.L., & Schulpis, K.H. (2018). The phenylketonuria patient: A recent dietetic therapeutic approach. *Nutritional Neuroscience*, 1-12.
- Mazzeo, T., Brambillasca, F., Pellegrini, N., Valmarana, R., Corti, F., Colombo, C. and Agostoni, C., (2014). Evaluation of visual and taste preferences of some gluten free commercial products in a group of celiac children. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65, 112–116.
- Memeli, Z., 2015. Bazı Gıda Liflerinin Glutensiz Kek Formülasyonlarında Kullanılması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. İzmir.
- Moueminoglou, N., 2013. Fenilketonürlü Hastalarda Büyümenin Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi. Ankara.
- Müngen, A. A., ve Karaağaçlı E. S., 2015. Çölyak ve Fenilketonüri Hastaları için Barkod Destekli Ürün Mobil Satın Alma Rehberi. İnet-Tr'15, XX. Türkiye'de İnternet Konferansı 1-3 İstanbul Üniversitesi.
- Ney, D.M., Gleason, S.T., Calcar, S.C., MacLeod, E.L., Nelson, K.L., Etzel M.R., Rice, G.M. & Wolff, J.A., 2009. Nutritional management of PKU with glycomacropeptide from cheese whey. *Journal Inherit Metabolic Disease*, 32: 32–39pp.
- Neyzi, O ve Ertuğrul, T., 2002. *Pediatrici*. ss. 662-665, Nobel Tıp Kitabevleri, Türkiye.
- Özaydın, S., 2014. Bazı Katkı Maddelerinin Diyabetik Yulaf Kepeği Bisküvinin Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Denizli.
- Özer, E.A., İbanoğlu, Ş., & İbanoğlu, E., 2008. Fenilketonüri Hastalığı ve Fenilalanin Kısıtlı Diyet Türkiye 10. Gıda Kongresi, 1139-1140, Erzurum.

- Özgür, Ö., 2011. Çölyaklı Çocuk Hastalara Yapılan Sürekli ve Aralıklı Beslenme Eğitiminin Diyet Uygulama Ve Hastalık Bulguları Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Özkaya, N., Seçkin, R., & Ercan, R., 1984. Bazı Bisküvi Çeşitlerinin Kimyasal Özellikleri ile Mineral ve Vitamin İçerikleri Üzerinde Araştırmalar, Gıda Dergisi, 9(5): 245-251.
- Özmen, F. H., 2011. Çölyak Hastaları İçin Baklagil Unları İle Zenginleştirilmiş Pirinç Tarhanası. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Özsan, D., 2013. Çölyak Hastalığı Olan Bireylerin Beslenme Alışkanlıkları Ve Genel Sağlık Durumlarının Değerlendirilmesi. Haliç Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme Ve Diyetetik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Özyiğit, E., 2016. Farklı Bileşimlerdeki Glutensiz Kek Hamurlarının Laos Yöntemiyle Reolojik Karakterizasyonu. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Bornova-İzmir.
- Parlak, Ö., 2018. Fenilketonüri Hastaları (Pku) Ve Çölyak Hastaları İçin Bisküvi Üretimi. Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Bursa.
- Pehlivan, C., 2016. Çölyak Hastaları İçin Ekmek Yapımında Göleveze (*Colocasia Esculenta* (L.) Schott) Yumrusunun Kullanımı. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Rai, S., Kaur, A., & Singh, B., 2014. Quality characteristics of gluten free cookies prepared from different flour combinations. Journal of Food Science and Technology, 51 (4): 785–789.

- Regier, D. S., ve Greene, C. L., 2017. Phenylalanine Hydroxylase Deficiency. U.S. National Library of Medicine, 1-23.
- Rocha, J. C., and Martel, F., 2009. Large Neutral Amino Acids Supplementation in Phenylketonuric Patients. *Journal of Inherited Metabolic Disease*, 32, 472–480.
- Sai Manohar, R., & Haridas Rao, P., 1997. Effect of sugars on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75: 383-390.
- Sarıboğa, B., 2008. Fenilketonüri (PKU) Teşhisinde Potansiyometrik Biyosensörler Geliştirilmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi. Samsun.
- Savtekin, N., 2014. Çölyak Hastaları İçin Baklagil Unları İle Zenginleştirilmiş Mısır Eriştesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Scriver, C., & Kaufman, S. (2001). Hyperphenylalaninemia: phenylalanine hydroxylase deficiency. *Metabolic and Molecular Bases Inherited Disease*, 1667–1724.
- Seçkin, Y., 2007. Fenilketonürlü çocukların pisko-pedagojik sorunları ve çözümleri. IX. Uluslararası Katılımlı Beslenme ve Metabolizma Kongresi, İstanbul, 39-43s.
- Serin, Y., 2016. Yetişkin Çölyak Hastalarında Beslenme Durumunun Sağlıkla İlişkili Yaşam Kalitesi Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Strisciuglio, P., and Concolino, D., 2014. New Strategies for the Treatment of Phenylketonuria (PKU). *Metabolites*, 4:1007–1017.
- Sungur, B., & Ercan, R., (2011). Effects of some hydrocolloids and surfactant on the rheological properties of hard wheat flour dough by using response surface methodology. *Journal of Food*, 36: 77-82.

- Şahinkanat, Ü., 2015. Fenilketonüri Tarama Programını Yürüten Hemşire ve Ebelerin Bilgi Düzeylerinin Belirlenmesi Ve Programın Etkinliği Hakkındaki Görüşleri. Okan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Taş, E., 2011. Bisküvi Üretiminde Bazı Kabartıcı Kombinasyonlarının Bisküvinin Kalitatif Özelliklerine Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Tavares, B. O., Silva, E. P. Da, Silva, V. S. N. Da, Soares Júnior, M. S., Ida, E. I., & Damiani, C. (2016). Stability of gluten free sweet biscuit elaborated with rice bran, broken rice and okara. Food Science and Technology (Campinas), 36(2): 296–303.
- Tekeli, S. G., 2019. Glutenli Ve Glutensiz Bisküvi Üretiminde Kurutulmuş Isparta Gülü (*Rosa Damascena* Mill.) Ununun Kullanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Isparta.
- Thompson, S., and Rohr, F. J., 2009. Alternative Therapies in Phenylketonuria. Topics in Clinical Nutrition, 24(4):322–332.
- Torbica, A., Hadnađev, M., & Dapčević Hadnađev, T., 2012. Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality. Food Research International, 48: 277–283.
- Tunç, C., 2006. Aydın İl Merkezinde Fenilketonüri Tarama Programını Yürüten Hemşire ve Ebelerin Fenilketonüri Konusundaki Bilgi Düzeylerinin Saptanması. Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Afyonkarahisar.
- Ulusoy, S., 2011. Stevia İle Tatlandırılmış Bisküvilerin Kalite Özellikleri Ve Akrilamid İçeriğinin Belirlenmesi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Mersin.

- Ulutürk, Ş., 2018. İncir Çekirdeği Unu Kullanılarak Glutenli Ve Glutensiz Bisküvi Üretimi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Isparta.
- Ülker, İ., and Şanlıer, N., 2018. Fenilketonüride Beslenme ve Yeni Tedavi Yaklaşımları. *Güncel Pediatri*, 16(2):187–198.
- van Calcar SC., & Ney DM., 2012. Food products made with glycomacropeptide, a low-phenylalanine whey protein, provide a new alternative to amino acid-based medical foods for nutrition management of phenylketonuria. *J Acad Nutr Diet*; 112(8): 1201-1210.
- Vernon, H. J., Koerner, C. B., Johnson, M. R., Bergner, A., and Hamosh, A., 2010. Introduction of Sapropterin Dihydrochloride as Standard of Care in Patients with Phenylketonuria. *Molecular Genetics and Metabolism*, 100: 229–233.
- Weetch, E., & MacDonald, A., 2006. The determination of phenylalanine content of foods suitable for phenylketonuria. *J Hum Nutr Dietet*, 19: 229–236.
- Wilcken, B. & Wiley, V., 2008. Newborn screening. *Pathology*; 40:104 .
- Williams, R., Mamotte, C. D., and Burnett, J., 2008. Phenylketonuria: An Inborn Error of Phenylalanine Metabolism. *The Clinical Biochemistry Reviews*, 29:31–41.
- World Health Organization Technical Report Series No:1000. (2016). Evaluation of certain food additives. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.
- Wüstenberg, T., (2015). General overview of food hydrocolloids. pp. 1-68. Wiley-WCH.
- Yadav, R. B., Yadav, B. S., & Dhull, N. (2012). Effect of incorporation of plantain and chickpea flours on the quality characteristics of biscuits. *Journal of Food Science and Technology*, 49: 207–213.
- Yaseen, A. A., and Shouk, A. E. H., 2011. Low Phenylalanine Egyptian Shamy Bread. *Polish Journal of Food And Nutrition Sciences*, 61 (4):257–262.

- Yaseen, A. A., Shouk, A. E. A., & Bareh, G. F., 2014. Production of Functional Biscuits for Phenylketonuria Patients. *World Applied Sciences Journal*, 31 (5): 692-697.
- Yarpuz, S. 2011. Glutensiz Ekmek Üretimi Üzerine Araştırmalar. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Yıldız, M., 2012. Karabuğday (*Fagopyrum Esculentum* Moench.) Ve Lüpen (*Lupinus Albus* L.) Unlarının Glutensiz Bisküvi Üretiminde Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Yılmaz, Y., 2014. Piyasaya Sunulan Glutensiz Ekmek Yapımına Uygun Karışımların Kalite ve Bileşenler Yönünden Değerlendirilmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Van.
- Young, V.R., Pellett, P.L. (1987). Protein intake and requirements with reference to diet and health. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 45, 1323–1343.
- Yücel, R., 2009. Glutensiz Kek Üretiminde Kullanılan Bazı Zamkların Kalite Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Adana.
- Zeybek Ç. (2003). Doğumsal Metabolik Hastalıklarda Beslenme. İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri 41, 217-32.



ÖZGEÇMİŞ

30/01/1994 tarihinde Adıyaman'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimlerini Adıyaman'da tamamladı. 2013 yılında Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2017 yılında Gıda Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2017 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.





EKLER



Ek-1

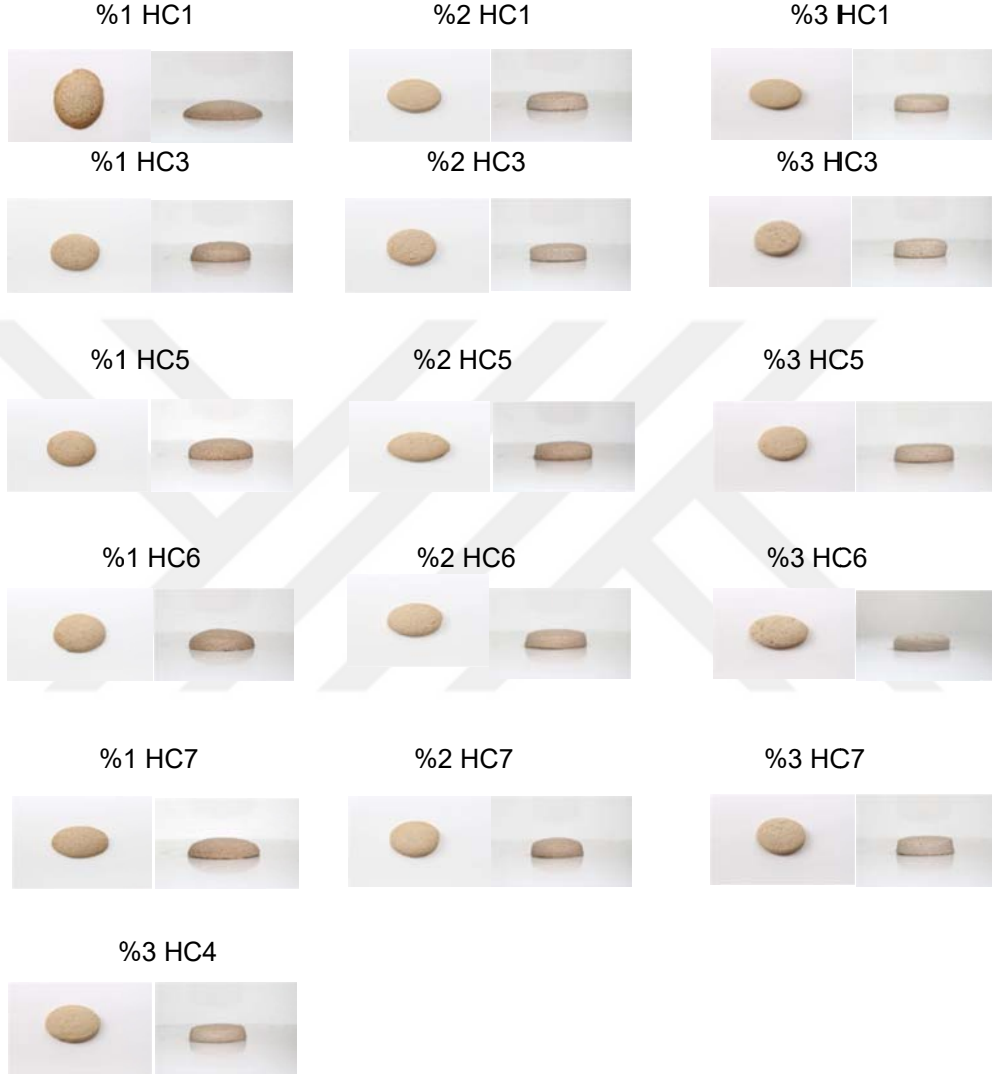


Ek 1. Deneme Deseninden Çıkarılan Hamur Örnekleri



Ek 2. Üç Farklı Konsantrasyonda Hidrokolloidlerin Tek Başlarına ve Kombine Kullanılması Sonucu Üretilen Düşük Fenilalanin İçerikli Glutensiz Bisküvi Örnekleri

Ek 2'nin devamı



Ek 2. Üç Farklı Konsantrasyonda Hidrokolloidlerin Tek Başlarına ve Kombine Kullanılması Sonucu Üretilen Düşük Fenilalanin İçerikli Glutensiz Bisküvi Örnekleri

EK 3

DUYUSAL ANALİZ FORMU

Panelistin adı ve soyadı:

Tarih:...../...../.....

Açıklama: Değerli panelist, size dört adet (641, 318, 263 ve 742) 'DÜŞÜK FENİLALANİN İÇERİKLİ GLUTENSİZ BİSKÜVİ' örnekleri sunulmaktadır. Örnekleri aşağıda verilen kalite kriterleri doğrultusunda en az 1 ve en yüksek 5 olmak üzere puan vererek değerlendiriniz. Lütfen her örnekten önce su içmeyi unutmayınız. Katılımınız için çok teşekkür ederiz.

5= Çok iyi, 4= İyi, 3= Orta, 2= Kötü, 1= Çok kötü

Kalite Kriterleri;

Renk: Bisküvi çeşidine bağlı olarak arzu edilen yüzeyin renk durumunu ifade etmektedir.

Yüzey Görünüm: Bisküvi çeşidine bağlı olarak yüzeyin arzu edilen görünüm durumunu ifade etmektedir.

Sertlik: Bisküvinin ilk ısırışta dişe gösterdiği direnci ifade etmektedir. Bisküvinin dişe uyguladığı direncin çok veya az olması istenmez.

Gevreklik: Bisküvinin kırılgenliğini ifade etmektedir. Bisküvi dış etkilere karşı dayanıklı ancak ısırma esnasında da dağılacak bir kırılgenlikte olmalıdır.

Tat: Tatma sırasında algılanan, tada ilişkin duyguların bileşenidir.

EK 3. Duyusal Analiz Formu

Ek 3'in devamı

Örnek Kodu	Renk	Yüzey Görünüm	Tekstür		Tat	Genel Beğeni
			Sertlik	Gevreklik		
641						
318						
263						
742						
Lütfen örneklerle ilgili düşünceleriniz varsa belirtiniz:						

EK 3. Duyusal Analiz Formu