

**YAĞSIZ FINDIK ÜRÜNLERİNİN
PİRİNÇ EKMEK
FORMÜLASYONLARINDA
KULLANILMASI**

MERVE TUĞÇE TUNÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAĞSIZ FINDIK ÜRÜNLERİNİN PİRİNÇ EKMEK
FORMÜLASYONLARINDA KULLANILMASI

MERVE TUĞÇE TUNÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOÇ. DR. TALİP KAHYAOĞLU

2012-SAMSUN

T.C.

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından 11/07/2012 tarihinde yapılan sınav ile Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Muhammed DERVİŞOĞLU

Üye: Doç. Dr. Talip KAHYAOĞLU

Üye: Yrd. Doç. Dr. Deniz ÇEKMECELİOĞLU

Onay:

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

..../..../2012

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Aileme...

YAĞSIZ FINDIK ÜRÜNLERİNİN PİRİNÇ EKMEK FORMÜLASYONLARINDA KULLANILMASI

ÖZET

Beslenme diyetleri nedeniyle çölyak hastalarında protein, besinsel lif, mineral ve vitamin gibi beslenme eksiklikleri meydana gelmektedir. Ayrıca gluten içermeyen tahıl ürünlerinde tüketici tarafından arzu edilmeyen zayıf bir yapı oluşmaktadır. Bu çalışmada, gluten içermeyen ürünlerin kalitesinin ve çölyak hastalarının beslenme diyetlerinin geliştirilmesi amacıyla pirinç ekmeğine yağsız fındık unu (YFU), yağsız fındık unu protein preparatı (YFUP) ve gam (Keçiboynuzu, Guar, Ksantan) ilavesi yapılmıştır. Fındıkların öğütülüp yağının uzaklaştırılması ile YFU elde edilmiş, elde edilen yağsız fındık unundan izoelektrik noktada çökme prensibine dayanan yöntem ile %90.77±2.07 oranında protein içeren protein preparatı elde edilmiştir. Yağsız fındık unu ve protein preparatının fonksiyonel ve reolojik özellikleri incelenmiştir. YFU (%5, 10 ve 15) ve YFUP (%5) içeren pirinç ekmeğine farklı gamların ilave edilmesi ile gluten içermeyen ekmeğe hazırlanmıştır. Buğday ekmeği kontrol amaçlı olarak üretilmiştir. Pirinç ekmeği hamurlarının reolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla; hamurların akış eğrisi elde edilmiş, frekans tarama ve stres tarama testleri yapılmıştır. Ekmeğin tekstürel özellikleri Tekstür Profil Analizi (TPA) ile belirlenmiştir. Ekmeğin dış kabuk ve iç kısımlarının renk değerleri ve hacimleri ölçülmüştür.

YFU, YFUP ve gam ilavesi ile hamurların pseudoplastik davranışlarında artış gözlenmiştir. Hamurların frekans tarama analiz sonuçları incelendiğinde ekmeğin hamurlarının elastik modül değerlerinin viskoz modül değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Ekmeğin spesifik hacimleri 2.20-3.24 cm³/g aralığında bulunmuştur. En yüksek sertlik değerine gam ilavesiz pirinç ekmeğinin sahip olduğu görülmüştür (3135.88 N). Ekmeğe YFU, YFUP ve gam ilavesi ile ekmeğin sertliklerinde (1069.89-2123.48 N) azalma sağlandığı bulunmuştur. Yapılan çalışma sonucunda YFU ve YFUP'nin tek başına veya farklı gamlar ile ilavesinin gluten içermeyen ekmeğin kalitesini ve besinsel değerlerini arttırmak amacıyla kullanılabilmesi belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Fındık, Çölyak, Glutensiz, Protein, Reoloji, Tekstür.*

UTILIZATION OF DEFATTED HAZELNUT PRODUCTS IN RICE BREAD FORMULATIONS

ABSTRACT

Celiac people have lack of protein, dietary fiber, mineral and vitamin because of their diets. Furthermore gluten free cereal products have weak structure which does not desired by consumers. In this study, defatted hazelnut flour (DHF), defatted hazelnut flour protein concentrate (DHFP) and gums (Locust bean, Guar and Xanthan) were added in rice breads for improve the gluten free rice bread's quality and nutrition diets of celiac people. DHF were obtained with grinding hazelnut and then removing oil, DHFP which has $90.77 \pm 2.07\%$ protein were obtained from DHF with the method which based on precipitation in izoelectric point. Functional and rheological properties of DHF and DHFP were examined. Gluten free rice breads were prepared with addition DHF (5, 10 and 15%), DHFP (5%) and different gums. Wheat bread was produced for control. Flow curve, frequency sweep and stress sweep were done for determine rheological properties of rice breads. Textural properties of breads were determined with Texture Profile Analysis (TPA). Bread's crumb and crust color and specific volume were measured.

Pseudoplastic behavior of doughs' increased with addition DHF, DHFP and gums. According to frequency sweep test results, dough's elastic modulus values were higher than viscous modulus. Specific volumes of breads were found from 2.20 to 3.24 cm^3/g . The hardest bread was rice bread without gum (3135.88 N). Hardness of breads reduced with addition DHF, DHFP and gums (1069.89-2123.48 N). These results showed that DHF, DHFP can be used in gluten-free bread with or without gums in gluten free rice bread's formulations improving gluten-free breads' quality and nutrition value.

Keywords: *Hazelnut, Celiac, Gluten free, Protein, Rheology, Texture.*

TEŞEKKÜRLER

Tez konumun belirlenmesi, çalışmaların başlaması ve düzenli bir şekilde yürütülmesi için gerekli ilgi ve önerilerini esirmeyen Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünden Sayın Hocam Doç. Dr. Talip KAHYAOĞLU'na;

Çalışmalarına sağladıkları destek ve katkılarından dolayı başta Yrd. Doç. Dr. Münir ANIL olmak üzere tüm bölüm hocalarıma, araştırma görevlilerine ve yüksek lisans öğrencilerine;

Çalışmam boyunca bana yardımcı olan ve manevi desteklerini eksik etmeyen arkadaşlarım; Araş. Gör. Feyza TATAR, yüksek lisans öğrencisi Alime CENGİZ ve Zülfiye SAVAŞ'a;

Son olarak her zaman yanımda olduklarını bildiğim, eğitim hayatım boyunca ellerinden gelen her türlü desteği sağlayan annem Necmiye TUNÇ, babam Adem TUNÇ ve kardeşim Tuba TUNÇ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜRLER.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
EKLER	xiii
SİMGELER.....	xiv
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Fındık	4
2.2.Çölyak Hastalığı.....	8
2.3. Çölyak Hastalığının Tedavisi.....	12
2.4. Gluten İçermeyen Ürünlerin Geliştirilmesi.....	14
2.5. Reoloji Hakkında Genel Bilgi.....	25
2.6. Tekstür Profil Analizi.....	29
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	33
3.1. Materyal	33
3.2. Yöntemler.....	33

3.2.1 Yağsız Fındık Unu Elde Edilmesi	33
3.2.2. Fındık Ununda Çözünür Protein Analizi	34
3.2.3. Fındık Protein Preparatı Elde Edilmesi	35
3.2.4. Kimyasal Analizler	36
3.2.5. Su Tutma Kapasitesi	37
3.2.6. Yağ Tutma Kapasitesi	37
3.2.7. Köpük Oluşturma Kapasitesi ve Stabilitesi	38
3.2.8. Emülsiyon Aktivite İndeksi ve Emülsiyon Stabilite İndeksi	39
3.2.9. Renk Analizi	39
3.2.10. Glutensiz Ekmeklerin Hazırlanması	40
3.2.11. Reolojik Analizler	41
3.2.12. Ekmeklerin Spesifik Hacimleri	42
3.2.13. Ekmeklerin Tekstürel Özellikleri	43
3.2.14. İstatistiksel Analizler	43
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	44
4.1. Fındık Ununda Çözünür Protein Analizi	44
4.2. Kimyasal Kompozisyon	45
4.3. Fındık, YFU ve YFUP'nin Renk Analizi.....	45
4.4. YFU ve YFUP'nin Su Tutma Kapasitesi	46
4.5. YFU ve YFUP'nin Yağ Tutma Kapasitesi	47
4.6. Köpük Oluşturma Kapasitesi ve Stabilitesi	48

4.7. Emülsiyon Aktivite İndeksi ve Emülsiyon Stabilite İndeksi	49
4.8. YFU ve YFUP'nin Reolojik Özellikleri	50
4.9. Ekmek Hamurlarının Reolojik Özellikleri	55
4.10. Ekmeklerin Spesifik Hacimleri	64
4.11. Ekmeklerin Tekstürel Özellikleri.....	67
4.12. Ekmeklerin Renk Analizi.....	71
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
6. KAYNAKLAR	75
EKLER	85

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	Çölyak buздаğı.....	11
Şekil 2.2	Pirinç unundan yapılmış kontrol ekmeği ve hamura %4 HPMC ilave edilmiş ekmeğ.....	16
Şekil 2.3	HPMC ilave edilmemiş ekmeğ hamuru (solda), HPMC ilave edilmiş ekmeğ hamuru (sağda) HPMC ilave edilmemiş ekmeğ (solda), HPMC ilave edilmiş ekmeğ (sağda).....	19
Şekil 2.4	Kayma hızının şematik gösterimi.....	26
Şekil 2.5	Farklı akış davranışlarının diyagramları.....	28
Şekil 2.6	TPA Test Aleti kullanılarak elde edilmiş bir tekstür profil eğrisi.....	30
Şekil 3.1	BSA standart eğrisi.....	34
Şekil 3.2	Yağsız fındık unundan protein preparatı eldesi.....	36
Şekil 4.1	YFU ve YFUP için köpük stabilite grafiği.....	49
Şekil 4.2	Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan YFUP çözeltilerinin 5°C'deki viskozite grafikleri.....	52
Şekil 4.3	Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan YFUP çözeltilerinin 20°C'deki viskozite grafikleri.....	52
Şekil 4.4	Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan YFUP çözeltilerinin 5°C'deki frekans tarama grafikleri.....	53
Şekil 4.5	Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan YFUP çözeltilerinin 20°C'deki frekans tarama grafikleri.....	54
Şekil 4.6	Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan YFUP çözeltilerinin sıcaklık tarama grafikleri.....	55
Şekil 4.7	Farklı oranlarda YFU ve %5 YFUP içeren gam ilavesiz pirinç ekmeğ hamurlarının viskozite grafikleri.....	57
Şekil 4.8	Gam ilavesiz pirinç ekmeğ hamurunun frekans tarama grafiği.....	59

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 2.1	Dünya fındık üretimi (kabuklu/ton).....	5
Çizelge 2.2	Türkiye fındık üretimi ve ihracatı.....	6
Çizelge 2.3	Farklı çalışmalarda tombul fındık türlerinin kimyasal bileşimleri.....	6
Çizelge 2.4	Çölyak hastalığının klinik bulguları ve ilişkili olduğu hastalıklar.....	10
Çizelge 2.5	Çölyak hastalığının görülme sıklığı.....	11
Çizelge 2.6	Çölyak hastalarının beslenmesinde izin verilen ve verilmeyen bitkisel ve hayvansal gıdalar.....	12
Çizelge 2.7	Çölyak hastalarında yaygın olarak görülen eksiklikler.....	13
Çizelge 2.8	Dünya’da farklı bölgelerde glutenin kullanımı.....	15
Çizelge 2.9	Amaranth, quinoa ve karabuğday tohumlarının kimyasal kompozisyonu.....	20
Çizelge 2.10	TPA parametreleri ve birimleri.....	31
Çizelge 3.1	100 gram un üzerinden farklı formülasyonlardaki ekmeklerin su oranları.....	40
Çizelge 4.1	Farklı pH değerlerinde hazırlanan fındık unu çözeltilerinin çözünür protein miktarları.....	44
Çizelge 4.2	Fındık, YFU ve YFUP’nin kimyasal kompozisyonu.....	45
Çizelge 4.3	Fındık, YFU ve YFUP’nin L, a ve b değerleri.....	46
Çizelge 4.4	YFU ve YFUP’nin su tutma ve yağ tutma kapasitesi.....	47
Çizelge 4.5	YFU ve YFUP’nin köpük oluşturma kapasite ve stabilite değerleri.....	48
Çizelge 4.6	YFU ve YFUP’nin emülsiyon aktivitesi ve emülsiyon stabilitesi.....	50
Çizelge 4.7	YFU ve YFUP’nin görünür viskozite değerleri (50 1/s).....	51
Çizelge 4.8	Ekmek hamurlarının viskozite eğrileri için üssel yasa parametreleri.....	58

Çizelge 4.9	Farklı frekans değerlerinde ekmek hamurlarının G' , G'' ve $\tan\delta$ değerleri.....	61
Çizelge 4.10	Frekans tarama testi için üssel yasa parametreleri.....	62
Çizelge 4.11	1Pa kayma gerilimi değerlerinde ekmek hamurlarının G' , G'' ve $\tan\delta$ değerleri.....	64
Çizelge 4.12	Ekmelerin hacim analiz sonuçları.....	66
Çizelge 4.13	Ekmeklerin Tekstür Profil Analiz sonuçları sayısal değerleri.....	69
Çizelge 4.14	Ekmeklerin dış ve iç yüzeylerinin L, a ve b değerleri.....	72

EKLER

EK A. Fındık, YFU ve YFUP'nin görünümleri.....	85
EK B. Pirinç ekmeklerinin kabuk ve iç görünümleri.....	86
EK C. %5 YFU içeren pirinç ekmeklerinin kabuk ve iç görünümleri.....	87
EK D. %10 YFU içeren pirinç ekmeklerinin kabuk ve iç görünümleri	88
EK E. %15 YFU içeren pirinç ekmeklerinin kabuk ve iç görünümleri	89
EK F. %5 YFUP içeren pirinç ekmeklerinin kabuk ve iç görünümleri	90
EK G. %5 YFU içeren gam ilavesiz pirinç ekmek hamurunun kayma gerilim grafiği .	91

SİMGELER

Γ	Kayma hızı (1/s)
T	Kayma gerilimi (Pa)
H	Viskozite (Pas)
Hz	Hertz
G'	Elastik modül (Pa)
G''	Viskoz modül (Pa)
Tan δ	Tanjant delta
K	Kıvam katsayısı (Pa.s ⁿ)
N	Akış davranış indeksi

1.GİRİŞ

Milattan önce üçüncü bin yılda Çin'de var olduğu bilinen fındığın, daha sonra Anadolu'ya ulaştığı ve kültür fındıklarının anavatanının Karadeniz kıyıları olduğu kabul edilmektedir. Fındığın, Türkiye'deki asıl yetişme alanı Karadeniz kıyılarıdır. Dünya üretiminin yaklaşık %69'unu gerçekleştiren Türkiye, dünyanın en büyük fındık üreticisidir. Türkiye dünya fındık ihracatının ise %79'unu gerçekleştirmektedir (TMO, 2012). Bu nedenle fındık Türkiye için önemli bir tarım ürünüdür.

Fındık pahalı bir üründür ve fiyatını serbest piyasa ekonomisi değil devletin fiyat politikası belirlemektedir. Toprak Mahsülleri Ofisi (TMO) üreticinin ürününü devletin belirlediğini taban fiyattan satın almaktadır. Fındık, çerezden çikolatalı sistemlere kadar birçok gıda ürününde, hammadde veya yarı mamul olarak kullanılmaktadır. Fındık arz fazlası olduğu durumlarda yağ olarak işlenmektedir. Yağ işlenmesi sonucunda oluşan artık fındık küspesi hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir.

Fındığın kimyasal bileşimi yaklaşık olarak; %4 nem, %61 yağ, %16 protein, %17 karbonhidrat ve %2 küldür (Alasalvar ve ark., 2003). Fındıktan yağ uzaklaştırıldığında elde edilen ürünün protein miktarı oldukça yüksektir. Proteinler; birçok ürünün tüketici tarafından kabul edilebilirliğini etkileyen fonksiyonel özelliklerden sorumlu olmalarından dolayı, gıda üretimi ve gıda ürünlerinin geliştirilmesinde önemlidirler. Bu fonksiyonel özellikler; hem fizikokimyasal hem de besinsel özelliklerdir. Proteinlerin hidrasyon ve hidrasyonla ilişkili olan; protein çözünürlüğü, su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi, köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi, emülsiyon kapasitesi ve stabilitesi, viskozite ve jelasyon özellikleri ürün kalitesini önemli derecede etkileyen fonksiyonel özelliklerdir. Fındık gibi yağlı tohumların değerli birer yağ kaynağı olmalarının yanında proteinlerce de iyi birer kaynak olmalarından dolayı; soya, fıstık, yerfıstığı gibi tohumlarından elde edilen proteinlerin özelliklerinin incelenmesi ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Sze-Tao ve Sathe, 2000).

Besin reaksiyonları eski çağlardan beri bilinmektedirler. Ünlü bir düşünürün; "Birisini için besin olan şey, diğeri için zehir olabilir." sözüyle bugün kullanmakta

olduğumuz besin alerjileri ve besin intoleransları terimlerinin en genel tanımının yapıldığı ifade edilmektedir (Öztürk ve Besler, 2008). Genelde besinlerin bizzat kendilerinin ya da besinlerle birlikte alınabilecek başka etkenlerin, immünolojik ya da immünolojik olmayan mekanizmalarla oluşturabileceği her türlü anormal tabloyu besin reaksiyonları başlığı altında toplanabilir (Öztürk ve Besler, 2008). Besin reaksiyonlarını ise besin intoleransı ve besin alerjisi olarak iki başlık altında toplayabiliriz. Alerji ile intolerans arasındaki fark; alerjiler bağışıklık ile ilgili (immunological) iken intolerans bağışıklık ile ilgili (non-immunological) değildir (Taylor, 2006). Gıda alerjisi gıdaların sebep olduğu bağışıklık sistemindeki anormal durumdur. Gıdaların neden olduğu intoleransa örnek olarak laktoz intoleransı, gıda alerjilerine örnek olarak ise; fıstık alerjisi, inek sütü alerjisi verilebilir. Gıdaların neden olduğu alerjilerden bir diğeri de; çölyak hastalığı olarak bilinen gluten alerjisidir (Niewinski, 2008).

Çölyak hastalığı ile ilgili olarak yapılan ilk doğru tanım Londra'daki St. Bartholomew hastanesinden Samuel Gee tarafından 1888 yılında yapılmıştır. Onun tanımlaması bugün bildiklerimizin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Samuel Gee'nin anlayışına göre eğer bu hastalık iyileşiyorsa bu hastanın yaptığı diyet sayesinde. 1950 yılında Hollandalı pediatri Willem Dickle çölyak hastalığının kliniksel semptomlarına buğdayın sebep olduğunu göstermiştir. Dickle ve arkadaşları çölyak hastası çocuklarda buğdayda bulunan gluten fraksiyonunun sindirilemediğini göstermişlerdir (Howdle, 2011).

Çölyak hastalığında tahıllarda bulunan gluten vücudun endomisyum tabakasına özgü bir antikor üretmesine sebep olmaktadır. Bu antikor villusların yok olmasına (yıkımına) neden olan bir iltihap oluşmaktadır (Bower ve ark., 2007). Buğdayda *gliadin*, çavdarda *secalin* ve arpada *hordein* toksik etkili prolaminlerdir ve bağırsak villuslarının yıkımına sebep olmaktadır (Saturni ve ark., 2010). Yapılan araştırmalar dünya genelinde klinik teşhis konmuş çölyak hastası sayısının 3345 kişide 1 iken, aslında gerçek sayısının 266 kişide 1 olduğu bildirilmektedir (Hui ve ark., 2006).

Çölyak hastalarının tedavileri ömür boyu glutensiz diyetdir. Bu diyet; hastalara toksik etkisi olan proteinleri içeren gıdaların tüketilmediği bir diyet uygulamasıdır. Yapılan çalışmalar çölyak hastalarının %20-38'inin protein, diyet lif, mineral ve vitamin gibi besinsel eksikleri olduğunu göstermektedir (Saturni ve ark., 2010).

Çölyak hastalarının diyetlerinde tüketimine izin verilmeyen gluten; ekmek, kek, bisküvi ve erişte üretiminde hamura istenilen özellikleri vermektedir. Hamurun viskoelastik yapı kazanmasını, hava kabarcıklarının tutunması ve istenilen tekstürel özelliklere sahip olmasını sağlar (Arendt ve Bello, 2008). Ekmek yapımında ise gluten 'yapısal protein' olarak tanımlanır. Glutenin özellikleri un su aldığı zaman ortaya çıkar, hamura uzayabilirlik, iyi gaz tutma ve iyi yapısal özellikler kazandırır (Gallagher ve ark., 2004). Gluten içermeyen ekmek yapımında; gluten içermeyen unlar, nişasta, süt ürünleri, gamlar, bazı hidrokolloidler, gluten dışındaki diğer proteinler, mono ve digliseritler, selüloz türevleri ve bunların karışımları kullanılmaktadır (Crockett ve ark., 2011a; Sabanis ve Tzia, 2011a; van Remsdijk ve van der Gout, 2011). Dünyada ve Türkiye'de gluten içermeyen ürünler içerisinde en çok ekmek üretimi yapılmaktadır ancak gluten içermeyen ekmek üretimi teknolojik açıdan oldukça güçtür. Ayrıca gluten içeren aynı ürünle karşılaştırıldığında gluten içermeyen ürünlerin fiyatları daha yüksektir.

Gluten içermeyen ürünlerin düşük kalitede özellik göstermeleri gıda sanayi için bir sorundur. Ayrıca çölyak hastalarının diyetleri nedeniyle bu hastalarda protein eksiklikleri görülmektedir. Bu sorunlara çözüm olması amacıyla pirinç ekmeklerine protein oranı yüksek olan yağsız fındık ürünleri ilave edilmiştir. Proteinlerin pirinç formülasyonuna ilave edilmesinin nedeni, sahip oldukları fonksiyonel ve besinsel özelliklerdir. Bu çalışmada gluten içermeyen ekmeklerin kalitesinin ve çölyak hastalarının besinsel diyetlerinin geliştirilmesi amacı ile gluten içermeyen pirinç unundan üretilen ekmek hamurlarına farklı oranlarda YFU ve YFUP, farklı gam (Keçiboynuzu gamı, Guar gam ve Ksantan gam) kombinasyonları ile birlikte formülasyona katılmıştır. Üretilen ekmek hamurlarının reolojik özellikleri ile ekmeklerin hacim ve tekstür özellikleri incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Fındık

Tarihi belgelerde günümüzden 2300 yıl önce Türkiye'nin kuzeyinde Karadeniz kıyılarında fındık üretildiği belirtilmekte ve fındığın son 6 yüzyıldan beri Türkiye'den diğer ülkelere ihraç edildiği bilinmektedir. Türkiye; dünya'nın fındık üretimi için gerekli uygun hava koşullarına sahip birkaç ülkesindedir. Türkiye'de 550-600 bin hektar alan üzerinde üretimi yapılan fındık ile dolaylı ve dolaysız olarak 4.000.000 insan ilgilenebilir, bu durum fındığın sosyo-ekonomik önemini artırmaktadır (FTG, 2012).

Fındık (*Corylus avellana* L.) *Betulaceae* familyasına ait ve çoğunlukla Karadeniz'in Türkiye kıyılarında, Kuzey Avrupa'da (İtalya, İspanya, Portekiz ve Fransa) ve Amerika Birleşik Devletleri'nin bazı alanlarında yetişen ve tüm dünyada bilinen bir kabuklu yemiştir türüdür (Alasalvar ve ark., 2010a). Türkiye'de 18 fındık türü kültüre alınmıştır; Acı, Cavcava, Çakıldak, Foşa, Ham, İncekara, Kalıncık, Kan, Karafındık, Kargalak, Kuş, Mincane, Palaz, Sivri, Tombul, Uzunmusa, Yassı Badem ve Yuvarlak Badem (Alasalvar ve ark., 2010a). Sadece yedi fındık türü; Tombul, Çakıldak, Foşa, Karafındık, Mincane, Palaz ve Sivri ticari olarak önem taşıyan türlerdir (Pelvan ve ark., 2012). Fındık kalitesini belirtmek için Giresun ve Levant şeklinde sınıflandırma yapılmaktadır. Genellikle Giresun ve çevresinde yetiştirilen Tombul fındık (Türkiye'deki üretimin %25-30'unu içerir) Giresun kalite (ya da birinci kalite) olarak adlandırılırken, Türkiye'nin diğer bölgelerinde yetiştirilen türleri Levant kalite (ya da ikinci kalite) olarak adlandırılmaktadır (Alasalvar ve ark., 2003). Giresun kalite fındık, yüksek yağ içeriği, belirgin tat ve aroması ve kavurma sırasında kahverengi kabuğunun kolay ve çabuk ayrılması nedeniyle yüzyıllardır tanınan ve bilinen fındık türüdür (Alasalvar ve ark., 2003).

Yaklaşık beş bin yıldır bilinen fındık, meyvesinden odununa kadar birçok yerde insanlığa büyük yararlar sağlamaktadır. Fındık kabuğu ülkemizde özellikle fındık üretilen bölgelerde çok değerli ve yüksek kalorili bir yakacak olarak kullanılmaktadır.

Fındık yaprağı ile meyve zurufleri, gübre olarak kullanılmaktadır. Türkiye ve dünyada çerez olarak da tüketilen fındığın % 90'a yakın kısmı kavrulmuş, beyazlatılmış, kıyılmış, dilinmiş, un ve püre halinde çikolata, bisküvi, şekerleme sanayinde, tatlı, pasta ve dondurma yapımı ile yemek ve salatalarda yardımcı madde olarak kullanılmaktadır. Üretim fazlası fındıklar yağlık olarak değerlendirilmektedir. Fındık ham yağı rafine edilerek yemeklik yağ olarak, fındık küspesi ise yem sanayinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (FTG, 2012).

Dünya fındık üretimi, 1960'lı yıllarda 250 bin ton civarında iken, 2004–11 arası dönemde ortalama 803 bin tona yükselmiştir (Çizelge 2.1). Dünya fındık üretiminin yaklaşık % 69'unu gerçekleştiren Türkiye'yi sırasıyla İtalya ve ABD takip etmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinin payı ise % 16'dır. Son 8 yıllık ortalama veriler dikkate alındığında; Ülkemiz üretimi 551 bin ton (% 69), diğer ülke üretimleri ise 251 bin ton (% 31) civarındadır (TMO, 2012).

Çizelge 2.1. Dünya fındık üretimi (kabuklu/ton) (TMO, 2012).

Ülkeler	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Ortalama
Türkiye	350.000	530.000	661.000	530.000	800.791	500.000	600.000	440.000	551.474
İtalya	133.500	65.000	138.000	95.000	125.000	85.000	87.200	120.000	106.088
Azerbaycan	5.941	27.986	25.000	30.800	40.000	30.000	25.000	45.000	28.660
Gürcistan	8.327	16.393	14.000	25.000	35.000	27.000	40.000	35.000	25.090
ABD	33.500	25.400	39.010	33.570	36.280	42.600	24.500	41.000	34.484
İspanya	25.000	20.000	28.000	18.000	26.000	18.000	20.000	25.000	22.500
Diğerleri	47.606	47.876	52.244	48.880	5.900	20.000	27.000	27.000	34.563
Toplam	603.424	732.655	957.254	781.250	1.068.971	722.600	823.700	733.000	802.857

Dünya fındık tüketiminin tamamına yakın kısmı (% 91), Avrupa Birliği ülkeleri ve diğer Avrupa ülkeleri tarafından gerçekleştirilmekte olup büyük ölçüde (% 80'i) çikolata ve şekerleme sanayinde ham madde olarak kullanılmaktadır. Dünya fındık ihracatının 2004–10 arası dönem ortalaması kabuklu cinsinden 583 bin tondur. Bunun %79'unu ise Türkiye tek başına gerçekleştirmektedir (TMO, 2012). Çizelge 2.2'de Türkiye'nin yıllara göre fındık üretim miktarları ve ihracat gelirleri gösterilmektedir.

Yenilebilir kabuklu yemişler yüksek yağ ve protein içerirler ve yumuşak tat-roma ve kıtır tekstüre sahip olmaları ile duyuşal açıdan arzu edildiğinden değerlidirler. Kabuklu yemişler ve çeşitli formlarda bulunan türevlerinin kullanımı; ekonomiye geri dönüşün sağlanması adına önemli derecede artmaktadır (Sathe ve ark., 2009).

Çizelge 2.2. Türkiye fındık üretimi ve ihracatı (TMO, 2012)

Dönem	Üretim (Ton/Kabuklu)	İhracat (Ton/İç)	İhracat Geliri (Bin/\$)	İhracat Fiyatı (Ortalama, \$/Kg)
2005-06	530.000	239.366	1.952.767	8.16
2006-07	661.000	248.664	1.262.427	5.08
2007-08	530.000	207.287	1.589.547	7.67
2008-09	801.000	244.504	1.177.130	4.81
2009-10	500.000	218.648	1.378.556	6.30
2010-11	600.000	281.648	1.784.461	6.34
2011-12*	440.000	124.609	986.374	7.92

*20 Şubat 2012 itibarıyla.

Yenilebilir kabuklu yemişlerde %50-90 oranında yağ (fark edilebilir oranda trigliserid) ve %7-25 oranında protein bulunmaktadır ve bu durum yemişlerin özelliklerini önemli derecede etkilemektedir (Sharma ve ark., 2010). Farklı çalışmalarda fındığın kimyasal bileşimi ile ilgili veriler Çizelge 2.3'te görülmektedir. Fındık özel besinsel değerleri nedeniyle insan beslenmesi ve insan sağlığı üzerinde önemli rol oynamaktadır (Köksal ve ark., 2006).

Çizelge 2.3. Farklı çalışmalarda tombul fındık türlerinin kimyasal bileşimleri

Nem	Yağ	Protein	Karbonhidrat	Kül	Lif	Kaynak
3.90	61.21	15.35	17.30	2.24	12.88	(Alasalvar ve ark., 2003)
4.17	60.76	21.21	7.82	2.36	3.69	(Özdemir ve Akıncı, 2004)
4.63	64.60	17.5		2.43		(Köksal ve ark., 2006)
3.41	62.8	16.13		2.26	3.59	Özdemir ve ark., 1998)
4.19	61.46	14.08	1.41*	2.03		Venkatachalam ve Sathe, 2006)

*Şeker

Fındık yağ içeriği bakımından oldukça iyi bir kaynaktır ve doymamış yağ asitleri içerir. Fındık yağı kandaki kolesterol seviyesini düşürmekte ve ayrıca yüksek tansiyonun kötü etkilerini kontrol etmektedir. Fındık minerallerce zengin olmasının yanı

sıra; B₁, B₆, niasin ve α -tokoferol gibi gerekli vitaminlerin değerli bir kaynağıdır(Köksal ve ark., 2006). Fındık ağaçta yetişen kabuklu yemişler içerisinde en iyi E vitamini ve dolayısıyla iyi bir antioksidan kaynağıdır (Alasalvar ve ark., 2003). Fındık esansiyel mineraller ve amino asitlerce de zengindir. Fındığın besinsel değerinin yüksek olmasının nedenlerinden biri de besinsel lif içeriğine dayanmaktadır (Alasalvar ve ark., 2003). İç fındığın protein içeriği %10-24 arasında değişmekle birlikte 100 g iç fındık alımı ile günlük protein ihtiyacının %22'si karşılanmaktadır. Esansiyel ve esansiyel olmayan aminosit içeriği fındık çeşitlerine göre değişkenlik gösterip, lizin en az miktarda, glutamik asit ve arginin en fazla miktarda bulunmaktadır (Ercoskun, 2009).

Protein preparatları gıdalara fonksiyonel özellik kazandırmak ve besin değerlerini arttırmak amacıyla gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada birçok bitkisel kaynaklı yağlı tohumdan protein elde edilmektedir. Soya, protein izolatu elde etmede üzerinde en çok çalışan bitkisel kaynaklardan birisidir. Farklı kurutma metotları ile soya protein izolatu elde edilmesi ve izolatu fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri incelenmesi bu konuda yapılan çalışmalardan birisidir (Hu ve ark., 2009). Sai Manohar ve arkadaşlarının (2011) yaptıkları, buğday lapasının proteinler ile birlikte göstermiş olduğu özelliklerin incelendiği çalışmada soya protein izolatu kullanmışlardır. 2011 yılında Rascon ve arkadaşlarının (Rascon ve ark., 2011) yaptığı çalışmada soya protein izolatu (SPI), oleoresinin enkapsülasyonunda kaplayıcı madde olarak kullanılmıştır. Bitkisel kaynaklardan protein elde edilmesi ile ilgili olarak yapılan çalışmalara; arpa (Mohamed ve ark., 2007), barbunya (Yin ve ark., 2009) ve kenaf (Mariod ve ark., 2010) örnek olarak verilebilir.

Fındık benzeri kabuklu yemişlerden protein elde edilmesi ile ilgili olarak literatür taraması yapıldığında; badem protein izolatu eldesi ve fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi (Sze-Tao ve Sathe, 2000), fıstıktan protein konsantratu elde edilmesi (Yu ve ark., 2007), kaju cevizinden protein konsantratu ve izolatu elde edilmesi (Ogunwolu ve ark., 2009) ile ilgili olarak yapılan çalışmalar görülmektedir. Sharma ve arkadaşları 2010 yılında yaptıkları çalışmada yenilebilir yağlı tohumlardan elde edilen proteinler preparatlarının fonksiyonel özelliklerini incelemişlerdir (Sharma ve ark., 2010). Bu çalışmada fındık protein preparatu elde edildiği ve fonksiyonel özelliklerinin incelendiği görülmektedir. Literatürde fıstıktan protein preparatu elde edilmesi ile ilgili olarak rastlanılan tek çalışma Sharma ve arkadaşlarının (2010) çalışmasıdır.

Fındık birçok alanda çalışmaları yapılan bir üründür. Fındık kabuğundan dumansız bio-kömür üretimi (Haykiri-Acma ve Yaman, 2010), fındık yağından dizel motorlar için alternatif yakıt üretimi çalışmaları (Gumus, 2008) bulunmaktadır. Fındık yağında bulunan karotenoid ve fenolik bileşenlerin antioksidan etkilerinin belirlenmesi (Yalcin, 2011), kavurma işleminin fındık yağı ve yağ asidi kompozisyonu üzerine etkilerinin belirlenmesi (Alasalvar ve ark., 2010b) gibi araştırmaların yanı sıra fındık ve fındık ürünlerinin gıdalara ilave edilmesi ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır. Fındık kepeğinin sığır etinden üretilen hamburger köftelerine ilave edilmesi (Turhan ve ark., 2005), fındık yağının sucuğa ilave edilmesi (Ilikkan ve ark., 2009), fındık unu ve fındık zarının vanilyalı dondurmaya ilavesi ile dondurmanın fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerindeki değişimin incelenmesi (Dervişoğlu, 2006) gibi çalışmalar bulunmaktadır. Anıl (2007) diyet lif kaynağı olarak fındık zarını ekmek yapımında kullanmıştır. Oliete ve ekibi (2008) ile Gomez ve ekibi (2008) buğday ekmek hamuruna badem, fındık, yerkıstığı ve ceviz kabuklu yemişlerini ilave etmişler ve hamur ve ekmeğin özelliklerini incelemişlerdir. Oliete ve ekibi (2008) kabuklu yemiş ilavesi ile yağ, protein ve besinsel lif miktarında artış olacağından hamur ve ekmek kalitesinde artış sağlanabileceğini söylemişlerdir. Yaptıkları çalıma sonucunda kabuklu yemiş ilavesi yapılan ekmeklerin kontrol buğday ekmeğinden daha yüksek hacim, daha düşük sertlik ve çığnenebilirlikte oldukları bildirilmiştir (Oliete ve ark., 2008). Gomez ve ekibinin (2008) yaptıkları çalıma sonucunda kabuklu yemiş konsantrasyonunun artması ile hamurun viskoelastik özelliklerinin arttığını, ancak hamur konsistansı ve toleransı ile fermantasyon sırasında CO₂ üretiminin azaldığını bildirmişlerdir.

2.2.Çölyak Hastalığı

Çölyak, gluten içeren buğday, arpa, çavdar ve yulaflı gıdaların tüketilmesi ile tetiklenen ve immün mekanizma ile oluşan enteropatidir (Aydoğdu ve Tümgör, 2005). Gluten buğday stok proteinlerini (prolamin ve glutenin) tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Glutenin alkolde çözünebilen fraksiyonu olan gliadin, arpada hordein ve çavdarda secalin çölyak hastalığında toksik etki yapmaktadırlar. Prolamin prolin ve glutaminin kompozisyonundan oluşmaktadır. Proteinlerin insan vücudunda toksik etki

mekanizması şu şekildedir: Çölyak hastası bir kişide prolamin; bu proteinlerin nüfuz alanı olan mide ve pankreasta birleşmeye karşı ve bağırsak sınır membranındaki sürtünme yapılan kısmında proteaza karşı dirençli olduklarından burada yıkım yaparlar. Sonuç olarak büyük fraksiyonlu peptidlerin birikimi olur. Yapılan çalışmalar ile bu peptidlerin *in vivo* (*canlı içi*) ve *in vitro* (*canlı dışı*) olarak mukoz tabakaya zarar verdiğini ve/veya “bağışıklık” gibi davrandığını göstermektedir. Oluşan peptidler bağırsakta bulunan bağışıklık hücreleri ile T hücrelerini uyarırlar. Bu durum çölyak hastalığının buğday peptidlerinden direkt olarak etkilenen hastalık sebebi olarak sayılır (Saturni ve ark., 2010). Hastalığın milattan sonra ikinci yüzyılda Kapadokya’da yaşayan Yunan fizikçi Aretaeus tarafından bulunduğu iddia edilmektedir (Howdle, 2011). Bu durum çölyak hastalığının asırlardır bilinen bir hastalık olduğu göstermektedir.

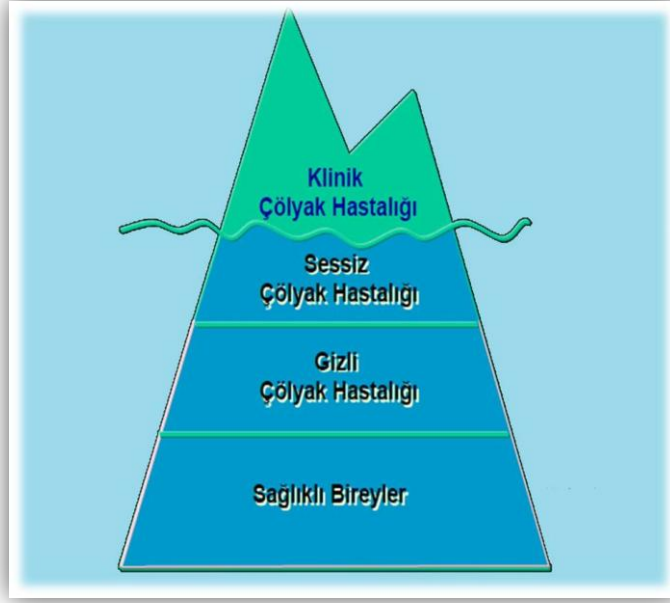
Çölyak hastalığının semptomlarının belirlenmesi karışık ve zordur. Çölyak hastalarının söyledikleri ilk şey “kötü hissediyorum” olur. Yorgunluk, halsizlik ve demir eksikliği anemisi çölyak hastalığının ilk belirtileridir. Anemi vücudun alınan besinlerdeki demirin emilimini yapamamasından kaynaklanmaktadır. Çölyak hastalığında bağırsaklarda demir emilimi gerçekleşmediği gibi kalsiyum, protein gibi besleyici maddelerde emilemez (Bower ve ark., 2007). Çölyak hastalarının klinik bulguları ve ilişkili oldukları hastalıklar Çizelge 2.4’te gösterilmektedir (Aydoğdu ve Tümgör, 2005). Birçok çölyak hastası teşhis edilememektir. Bunun sebebi kimi hastaların hafif semptomlar göstermesi ancak daha önemli olan sebep çoğu klinik uzmanının teşhis koyamamasıdır. Bu nedenle hastalığın yaygınlığı tam olarak bilinmemektedir. Dünyada çölyak hastalığı teşhisi konulan hasta sayısı her 3345 kişide 1 iken, serolojik testler ile bu sayının gerçeği yansıtmadığı ve dünyada her 226 kişiden birinin çölyak hastası olduğu bildirilmiştir (Arendt ve Moore 2006). Çölyak hastası sayısının görünmeyen kısmının bu denli fazla olması bilim insanlarını çölyak hastalığının tek tedavi yöntemi olan gluten içermeyen diyetleri için ürün geliştirmeye itmiştir. Bu konuda gıda bilimciler tarafından yapılan birçok çalışma bulunmaktadır (Ronda ve ark., 2011; van Riemsdijk ve ark., 2011; Milde ve ark., 2012).

Son zamanlarda gelişmiş ülkelerde serolojik testler ile yaygınlık hesaplamaları yapılmaktadır. İngiltere yapılan bir çalışmada, her yüz kişiden biri çölyak hastası iken, klinik olarak görülen hasta sayısı 800 kişide bir olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçlar

“Çölyak Buzdağı” konseptini ortaya çıkarmaktadır (Howdle, 2011). Çölyak buzdağı modeli Şekil 2.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.4. Çölyak hastalığının klinik bulguları ve ilişkili olduğu hastalıklar (Aydoğdu ve Tümçör, 2005) .

Sık rastlanan özellikler	Daha az sıklıkta rastlanan özellikler	İlgili hastalıklar
Erişkinlerde	Genel özellikler	Kesin ilgisi olan hastalıklar
Demir eksikliği anemisi	Kısa boy	Dermatitis herpetiformis
İshal	Gecikmiş ergenlik	IgA eksikliği
Çocuklarda	Gastrointestinal bulgular	Tip I diyabet
İshal	Tekrarlayan aftöz stomatit	Otoimmün tiroit hastalıkları
Karın şişliği	Tekrarlayan karın ağrısı	Sjögren sendromu
Büyüme geriliği	Steatore	Mikroskobik kolit
	Barsak dışı bulgular	Romatit artrit
	Folat eksikliği anemisi	Down sendromu
	Osteopeni ve osteoporoz	IgA nefropatisi
	Dental-enemal hipoplazi	Birlikteliği muhtemel hastalıklar
	Vitamin K eksikliği	Konjenital kalp hastalığı
	Hipertransaminazemi	Tekrarlayan perikardit
	Trombositoz	Sarkoidoz
	Artralji ve artropati	Kistik fibrozis
	Polinöropati	Fibroz alveolit
	Ataksi	Akciğer kaviteleri
	Epilepsi	Pulmoner hemosiderozis
	Tekrarlayan düşükler	Inflamatuar barsak hastalığı
	Aksiyete ve depresyon	Otoimmün hepatit
	Foliküler keratoz	Pirimer biliyer siroz
	Alopesi	Addison hastalığı
		Sistemik lupus eritematozus
		Vaskülit
		Polimiyozit
		Myastenia gravis
		Şizofreni



Şekil 2.1. Çölyak buzdağı (Howdle, 2011).

Avrupa, Hindistan, Güney Amerika, Güneydoğu Asya Adaları ve Amerika'da yapılan çalışmalar çölyak hastalığının görülme sıklığının çocuklarda %0.33-1.06, yetişkinlerde ise %0.18-1.2 olduğunu göstermektedir. Hastalığın en yaygın olarak %5.66 görülme sıklığı ile Sahravi'lerde gözlemlenmiştir (Saturni ve ark., 2010). Dünyada bazı ülkelerde çölyak hastalığının görülme sıklığı Çizelge 2.5'de gösterilmektedir (Arendt ve Moore, 2006).

Çizelge 2.5. Çölyak hastalığının görülme sıklığı (Arendt ve Moore 2006).

Bölge	Klinik Teşhis Konulmuş	Tarama Verileri ile Belirlenen
Danimarka	1:10000	1:500
Finlandiya	1:1000	1:130
Almanya	1:2300	1:500
İtalya	1:1000	1:184
Hollanda	1:4500	1:198
Norveç	1:675	1:250
İsveç	1:330	1:190
Birleşik Krallık	1:300	1:112
Amerika B.D.	1:10000	1:111
Dünya Geneli	1:3345	1:266

2.3. Çölyak hastalığının tedavisi

Çölyak hastalığının tedavisi diyet uygulaması ile sağlanabilir. Çölyak hastalığının tedavisinde tüketimine izin verilen ve verilmeyen gıdalar Çizelge 2.6'da verilmektedir.

Çizelge 2.6. Çölyak hastalarının beslenmesinde izin verilen ve verilmeyen bitkisel ve hayvansal gıdalar (Saturni ve ark., 2010).

İZİN VERİLEN	İZİN VERİLMEYEN
Tahıllar	Buğdaylar
Mısır	Çavdar
Pirinç	Arpa
Sorgum	Tritikale
Yulaf	Kamut
Minor Tahıllar	Malt
Fonio	
Teff	
Millet	
Teosinte	
Job's tears	
Pseudo-tahıllar	
Karabuğday	
Quinoa	
Amaranth	
Sebzeler, Meyveler	
Baklagil	
Yemişler	
Diğer bitki gıdaları	
Tapioca	
Soya fasulyesi	
Patates	
Köklü ekin	
Bitkisel yağlar	
Süt ve ürünleri	
Et	
Balık	
Yumurta	
Tereyağı	

Yapılan çalışmalar çölyak hastalarının %20-38'inin protein, diyet lif, mineral ve vitamin gibi besinsel eksikleri olduğunu göstermektedir (Saturni ve ark., 2010). Genel olarak çölyak hastalarında görülen eksiklikler Çizelge 2.7'de gösterilmektedir. Bazı

araştırmacılar glutensiz diyet uygulaması ile besinlerin alımının garanti olmadığını ve eksikliklerin giderilemediğini ve 8-12 yıl süren diyet sonrasında bile eksikliklerin görüldüğünü söylemektedirler. Yapılan çalışmalar gluten içermeyen ürünlerin besinsel kompozisyonu araştırıldığında bu gıdaların yüksek oranda yağ, şeker ve tuz içerdiğini göstermektedir. Çölyak hastalarının yüksek oranda yağ, şeker ve kalori aldığı, aşırı toplam yağ ve doymuş yağ tükettikleri, aşırı miktarda enerji, hayvansal protein ve yağ alımı sonucunda kilo artışı görüldüğü, glutensiz ürünlerin yağ kompozisyonunda trans yağ asitlerinin varlığı ve bunun alımı ve esansiyel yağ asidi eksikliği birleştiğinde metabolik dengesizliklere yol açtığı rapor edilmiştir. Tüm bu olumsuzluklardan dolayı çölyak hastaları tükettikleri ürünleri seçerken sınırlama yapmaları gerekmektedir (Saturni ve ark., 2010).

Çizelge 2.7. Çölyak hastalarında yaygın olarak görülen eksiklikler (Saturni ve ark., 2010).

Tanı Konduğunda	Uzun Süreli Glutensiz Diyet Sonrasında
Kalori/Protein	Lif
Lif	
Demir	
Kalsiyum	
Vitamin D	
Magnezyum	
Çinko	
Vitamin B12, Riboflavin, Niyasin, Folik asit	Niyasin, Folik asit, Vitamin B12

Gluten hastalarının beslenmesinde iki seçenekleri vardır. Birincisi et, balık, süt, meyve ve sebze gibi tüketimine izin verilen gıdalardır. Çölyak hastalarının tüketebilecekleri gıdalarda ikinci grup ürünler Codex Alimentarius komitesi tarafından standartlara uygunluğu kontrol edilen gluten içermeyen ürünlerin tüketimidir. Codex Alimentarius Standartlarına göre üreticiler 20 ppm düzeyinin altındaki gıdalar için ‘glutensiz’ ifadesini kullanabilirler (Saturni ve ark., 2010). Gluten içermeyen ürünler buğday, arpa ve çavdar yerine gluten içermeyen ve bu ürünlerin yerine geçebilecek olan ürünlerden yapılan fırıncılık ürünleri, makarna ve bira gibi ürünlerdir. Bu ürünlerin

üretiminde genellikle pirinç, mısır, sorgum, karabuğday veya kestane kullanılmaktadır ve kıvam arttırıcı olarak keçiyoynuzu gamı, guar gam veya metil selüloz veya türevleri kullanılmaktadır (Wieser ve Koehler, 2008).

2.4. Gluten İçermeyen Ürünlerin Geliştirilmesi

Gluten gliadin ve glutenin proteinlerinden oluşmaktadır. Glutenin ana iki bileşeni gliadin ve glutenin suda çözünmezler. Gliadin %70'lik etanolde çözünebilir, çözünemeyen kısım ise glutenin kısmıdır. Gluten suda çözünmemesi ve hidrofobik yapısına karşın, kuru ağırlığının iki katı kadar suyu absorblayabilir. Glutenin reolojik özellikleri ekmek, kek, bisküvi ve erişte üretiminde hamura istenilen özellikleri vermektedir. Çizelge 2.8'de dünyada glutenin kullanıldığı alanlar görülmektedir. Gluten ile hamurda oluşan elastiklik ekmek ve kek yapımında gaz kabarcıklarının tutulmasını ve tekstürün oluşumunu sağlamaktadır. Eğer gluten matriksi zayıf ise veya protein miktarı çok düşük ise; hava kabarcıkları elastik limitlerin ötesine yayılırlar ve fırın ürünlerinde hacim azalır (Arendt ve ark., 2008). Gluten içermeyen ürünlerde gluten yoksunluğundan dolayı istenilen yapı sağlanamaz. Bu nedenle gluten içermeyen ürünlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Literatürde gluten içermeyen diyet ürünlerinin geliştirilmesi ile ilgili olarak birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların büyük bir kısmı pirinçten elde edilen ürünleri oluştururken; mısır, sorgum, karabuğday, amorant ve quinoa gibi diğer tahıllar kullanılarak elde edilen ürünlerin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır. Birçok çalışmada gluten içermeyen ürünlerin geliştirilmesi amacı ile ürünlere hidrokolloid, farklı protein kaynakları, besinsel lif kaynakları ve süt ürünleri gibi maddelerin ilavesi yapılmaktadır.

Çizelge 2.8. Dünya’da farklı bölgelerde glutenin kullanımı (Day ve ark., 2006).

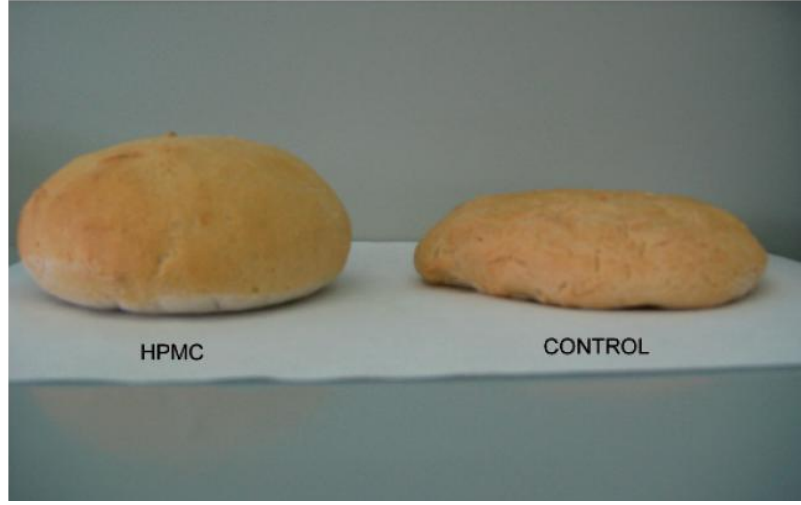
Kullanım yeri	Kuzey Amerika	Avrupa	Avustralya	Japonya	Dünya geneli
Fırıncılık ürünleri	83	17	54	30	63
Un zenginleştirme	1	66	9	-	141
Etler	1	-	9	25 ^a	5
Kahvaltılık gevrekler	1	-	12	-	2
Erişteler	-	-	-	10	-
Sosis ürünleri	-	-	-	12	-
Hayvan yiycekleri	12	13	13	-	8
Diğerleri	2	4	3	23	8

^agluten kullanılan sentetik balık ürünlerini de içermektedir.

Pirinç: Pirinç buğday ve mısırdan sonra dünyada en fazla üretilen tahıldır. Pirinç fırın ürünlerinde olduğu kadar bira, bebek gıdaları, kahvaltılık gevrekler, abur cubur, şekerleme ve tatlı üretiminde de kullanılabilir (Rosell ve Marco, 2008). Pirinç son ürüne kremlilik, gevreklik ve kıvam verir. Pirinç unu gluten içermeyen ürünlerin üretiminde buğdayın yerine kullanılabilir en uygun tahıldır. Bu pirincin hafif tadı, beyaz rengi, sindirilebilirliği ve alerjik etkisi olmamasından dolayıdır. Pirinç tahıllar arasında en düşük (%7) protein oranına sahiptir (Bao ve Corke, 2004). Hidrofobik olmasından dolayı pirinç proteinleri çözünmez ve ekmek tipi fermantasyon sırasında mayalanan ürünlerde karbondioksitin tutulmasına yardımcı olan viskoelastik yapı oluşamaz. Pirincin düşük prolamin içeriği unun su ile yoğrulması sırasında protein ağ yapısı formunun oluşmamasına neden olur. Sonuç olarak fermantasyon sırasında üretilen karbondioksit tutulamaz ve üretilen ürünün spesifik hacmi düşük olur, yapışık bir ekmek içi yapısı oluşur ve bu yapı yumuşak ve açık ekmek içi yapısına sahip buğday ekmeğine benzemez (Rosell ve Marco, 2008).

Ekmeğin kalitesini arttırmak amacıyla yaygın olarak ksantan gam ve karboksil metil selüloz (CMC) gibi yapı ajanları formülasyonlara ilave edilmektedir. Yapılan bir çalışmada pirinç unu, mısır nişastası ve sodyum kazeinat bazlı ekmeklere pektin, CMC, agaroz, ksantan ya da yulaf β -glukan ilave edilmiştir. Ksantan gam ekmeklere daha fazla hacim kazandırdığı bildirilmiştir. Selüloz türevlerinden HPMC gaz tutma

kapasitesi ve yapıyı güçlendirici özelliğinden dolayı pirinç ekmeklerinde gluten ikamesi olarak kullanılmaya uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda HPMC ilavesi ile pirinç hamurunun reolojik özelliklerini ve konsistensini/yoğunluğunu buğday hamuruna yakın özellik kazandırdığı ve %4 oranında HPMC ilavesi ekmek hacminde ve yapısında önemli derecede artış yaptığı bildirilmiştir. Şekil 2.2'de %4 oranında HPMC ilave edilmiş pirinç ekmeği ile kontrol pirinç ekmeği görülmektedir (Rosell ve Marco, 2008).



Şekil 2.2. Pirinç unundan yapılmış kontrol ekmeği ve hamura %4 HPMC ilave edilmiş ekmeğin karşılaştırılması (Cristina Marco tarafından fotoğraflanmıştır.) (Rosell ve Marco, 2008).

Keçiboynuzu gamı, guar gam, karragenan, ksantan gam ve agar gibi diğer gamların pirinç ekmeğine etkileri de test edilmiştir. Genel olarak hidrokolloid ilavesi - ksantan gam hariç- ile ekmeğin hacminin arttığı bildirilmiştir. Pektin dışında diğer hidrokolloidlerin ilavesinde %1 oranından %2 oranına arttırma ile ekmeğin hacminde azalma olduğu görülmüştür. En yüksek ekmeğin içi gözenekliliği %1 CMC ve β -glukan veya %2 pektin ilavesi ile en yüksek ekmeğin içi elastikliği ise CMC veya pektin ilavesi sonucunda ortaya çıktığı bildirilmiştir (Rosell ve Marco, 2008).

Demirkesen ve arkadaşları (2010b) çalışmalarında pirinç unundan üretilen ekmeklere ksantan gam, guar gam, keçiboynuzu gamı (LBG), HPMC, pektin, ksantan-guar, ksantan-keçiboynuzu gamı karışımları, emülsifiyer madde (DATEM ve Purawave) ilavesi ile formüle etmişlerdir. Ekmekler sadece gam, gam-DATEM ve gam-Purawave karışımları olarak hazırlanmışlardır. Gam ilavesi %0.5 oranında yapmışlardır. Ekmek hamurlarının reolojik özellikleri, ekmeklerin hacmi, sertliği ve duyuşal

özelliklerini değerlendirilmişlerdir. Ksantan, ksantan- keçiyoynuzu gamı ve ksantan-guar gam hamur yapısını geliştirmede en etkili gamlar olduğu ve bu gamların yanında ekmeğe emülsifiyer madde ilavesi sertlik ve hacmi önemli derecede geliştirdiği, ksantan, ksantan-LBG ve ksantan-guar gam içeren ekmeklerde Purawave varlığında en iyi sertlik ve hacmin elde edildiği bildirilmiştir.

Sabanis ve Tzia (2011b) yaptıkları çalışmada pirinç unu ve mısır nişastası bazlı ekmeklerin optimum ekmek kalitesi elde etmek amacıyla tepki yüzey metodu kullanarak optimizasyon yapmışlardır. Çalışmada HPMC ve su değişkenler iken, ekmek spesifik hacmi, sertlik ve toplam kabul edilebilirlik yanıt olarak belirlenmiştir. Çalışmada ekmeklere HPMC ve su için sırasıyla %0.79-1.5 ve %73.66-91.34 oranlarında ilaveler yapılmıştır. Sonuç olarak 1.5 kg/100kg HPMC ve 88.7 kg/ 100 kg su en iyi kalitede ekmek için optimum miktarlar olarak bildirilmiştir.

Sabanis ve Tzia'nın (2011a) yapmış oldukları başka bir çalışmada pirinç unu ve mısır nişastası bazlı ekmeklere farklı oranlarda (%1, 1.5 ve 2) HPMC, ksantan, K-karragenan ve guar gam ilaveleri yapılmış ve hamurların reolojisi ile ekmeklerin kalitesi incelenmiştir. %1 ve %1.5 oranında gam ilavesinin (ksantan gam hariç) ekmek hacmini arttırmaya ve rengi iyileştirmeye katkı sağladığı aynı zamanda nem absorblama özelliğinden ötürü raf ömrünü attırdığı bildirilmiştir. Duyusal açıdan bakıldığında panelistler yüksek hacim, görünüş ve sertliğinden ötürü %1.5 oranında HPMC içeren ekmekleri en iyi olarak değerlendirmişlerdir (Sabanis ve Tzia, 2011a).

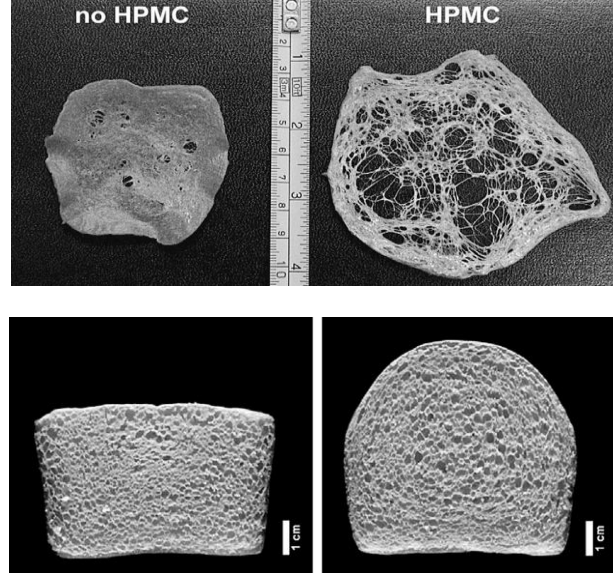
Yano (2010) yapmış olduğu çalışmada pirinç ekmeklerinin gluten içermemesi nedeniyle viskoelastik özelliğe sahip olamamasından dolayı, ekmeklere glutathione ilavesi yapmıştır. Glutathione ilavesi ile ekmek hamurunun gaz tutma özelliğinin geliştiği, hamurun viskoelastik özelliğinin arttığı ve dolayısı ile ekmek hacminin arttığı görülmüştür.

Nunes ve arkadaşları (Nunes ve ark., 2009) gluten içermeyen ekmeklere lesitin (LC), diasetil tartarik ester monosakkariti (DATEM), distile monoglisericid (DM) ve sodyum sterol laktilat emülsifiyerlerinin etkisini incelenmişlerdir. Ekmek formülasyonu; pirinç unu ve patates nişastasından oluşmaktadır. Çalışmada düşük, orta ve yüksek miktarlarda emülsifiyer ilave edilmiş ekmekler ile kontrol ekmeklerini karşılaştırılmışlardır. Emülsifiyerlerin ilavesi ile ekmek hacminde önemli derecede bir

artış görülmüştür. Reolojik testler ile lesitin ilavesinin hamurun elastikiyetini azalttığı ve hamur konsistensini arttırdığı görülmüştür. En yüksek hacim distile monogliserid ilavesinde görülmüşken, en düşük hacim lesitin ilave edilmiş ekmeklerde görülmüştür. Hücre boyutu ve hücre dağılımı açısından değerlendirme yapıldığında emülsifiyer ilave edilmiş ekmeklerde önemli derecede farklılık görülmüştür. Hücre boyutları DM ilavesi ile az miktarda artmaktadır.

Hidrokolloid ilavesi pirinç ekmeklerinin spesifik hacminin buğday ekmeklerinininki ile kıyaslanabilir hale getirirse de duyusal olarak görünüş ve ekmek içi tekstürünün zayıf olduğu görülmüştür. Son zamanlarda ekmek içi tekstürünü geliştirmek için ekmeğe sebze tohumlarının yağlarının ilavesi başarılı olmuştur. Bazı enzimlerin pirinç bazlı ürünlerin gelişmesinde yararlı olduğu görülmüştür. Örneğin siklodekstrin glikosil transferaz (CGTase) enzimi ilavesi pirinç ekmeklerine oldukça yumuşak ekmek içi yapısı kazandırdığı bildirilmiştir (Rosell ve Marco, 2008). Pirinç ekmeklerinin geliştirilmesinde kullanılabilecek diğer enzimler; glukoz oksidaz ve transglutaminaz enzimleridir. Bu enzimler pirinç proteinleri arasında inter ve intra moleküler çapraz bağların katalizi ile protein ağ formunu destekler. Bu olay gluten proteininin ağ yapısı ile karşılaştırılmaz ve hala bu ekmeklere hidrokolloid ilavesi yapılmalıdır (Rosell ve Marco, 2008).

Mısır: Mısır tüm dünyada tahıllar arasında başı çeken ve Latin Amerika, Kuzey Amerika, Asya ve Afrika'da temel olan bir tahıldır (Lee, 2004). Mısır ve mısır nişastası glutensiz ürün üretiminde kullanılmaktadırlar (Arendt ve Moore, 2006). Mısır unundan ekmek elde edilmesi için yapılan yapılan çalışmaların sayısı oldukça azdır. Mısır özellikle ekstrüze ürünlerde kullanılmaktadır. Ekstrüze gıdaların yanında mısırdan kızartılmış ürünler de elde edilebilmektedir. Mısırdan elde edilen diğer bir önemli ürün kahvaltılık gevreklerdir (Schober ve Bean, 2008). Schober ve arkadaşları (2008) mısır unu ve zein bazlı ekmek formülasyonuna HPMC ilavesi sonucunda ekmek kalitesinin önemli derecede arttığı gözlemlenmiştir. Şekil 2.3'de HPMC ilave edilmiş ekmek hamuru ile kontrol ekmek hamurunun elastikiyeti farkları görülmektedir. HPMC ilave edilmiş ekmek ve kontrol ekmekleri hacimleri farkı net bir şekilde görülmektedir (Schober ve ark., 2008).



Şekil 2.3. HPMC ilave edilmemiş ekmek hamuru (solda), HPMC ilave edilmiş ekmek hamuru (sağda) HPMC ilave edilmemiş ekmek (solda), HPMC ilave edilmiş ekmek (sağda) (Schober ve ark., 2008).

Sorgum: Diğer tahıllar gibi sorgumda nişastadan oluşan karbonhidrat kaynaklı bir tahıldır. Sorgumun kimyasal yapısı mısıra çok benzerdir. Buğday eklenmemiş sorgum ekmekleri farklı bir teknolojik işlem gerektirmektedir. Çünkü sorgumdan hazırlanan hamur oldukça sıvıdır, viskozitesi kek hamuruna yakındır. Bu sıvı hamurun gaz tutması oldukça zordur bu nedenle gımlar, stabilizatörler ve jelatinize nişastalar gaz emilimini korumak ve sistemin stabilitesini sağlamak amacıyla kullanılması önerilmektedir (Arendt ve Moore 2006).

Onyango ve arkadaşlarının (2009) çalışmasında sorgum unundan üretilen ekmek hamurlarının yumurta beyazı, yağsız süt tozu, soya protein izolatı ve soya protein konsantratu ilavesi ile hamurun çekme ve geri salınım parametreleri üzerine etkilerini incelemiştir. Yumurta beyazı ilavesinin ekmek hamurunun özellikleri üzerine en iyi etkiyi gösterdiği, ancak kontrol ekmeğinin en düşük sertliğe, en yüksek ekmek hacmine sahip olduğu ve en geç bayatlama gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bu çelişkinin sebebi olarak; diğer ekmekler ile karşılaştırıldığında kontrol ekmeğinin daha fazla nem sahip olması gösterilmiştir. Protein ve yumurta akı ilaveli ekmekler karşılaştırıldığında ise yumurta akı içeren ekmeklerin daha az ekmek sertliği, daha fazla hacim ve daha geç bayatlama gösterdiği sonucuna varılmıştır (Onyango ve ark., 2009).

Yalancı Tahıllar (Tahıl benzeri): (Karabuğday: Amaranth: Quinoa:) Karabuğday, amarant ve quinoa yalancı tahıllarıdır. Bu tahıllar diğer tahıllardan oldukça farklıdır. Karabuğday, amarant ve quinoa çok iyi besleyici profile sahiptirler. Çizelge 2.9'da yalancı tahılların kimyasal profilleri verilmiştir. Bu nedenle yüksek kalitede sağlıklı gluten içermeyen ürünlerin üretiminde kullanılabilenliği bildirilmiştir (Alvarez-Jubete ve ark., 2010a).

Çizelge 2.9 Amaranth, quinoa ve karabuğday tohumlarının kimyasal kompozisyonu* (Alvarez-Jubete ve ark., 2010a).

Tohum	Protein	Yağ	Toplam Nişasta	Diyet lif	Kül
Amaranth	16.5±0.3	5.7±0.3	61.4±0.8	20.6±1.1	2.8±0.0
Quinoa	14.5±0.3	5.2±0.1	64.2±1.3	14.2±0.6	2.7±0.0
Karabuğday	12.5±0.3	2.1±0.1	58.9±1.3	29.5±1.2	2.1±0.0

*Sonnular kuru madde üzerinden ve standart sapmalı olarak verilmiştir.

Alvarez-Jubete ve arkadaşları (2010b) gluten içermeyen ekmeklere %50 oranında karabuğday, amaranth ve quinoa ilave etmişlerdir. Karabuğday ve quinoa unlarından elde edilen ekmeklerin kontrol ekmeğinden (pirinç unu ve patates nişastası) daha yüksek hacme sahip olduğu bildirilmiştir (Alvarez-Jubete ve ark., 2010b).

Soya: Soya dünyada en yaygın ekili yağlı tohumdur. Birçok tohum %20-25 oranında protein içerirken, soya tohumları %40-45 protein içermektedir ve %13 nem oranında ortalama %35 protein içermektedir. Soyanın protein oranı %55'lere kadar çıkabilmektedir (Palmer ve Hymowitz, 2004). Ribotta ve arkadaşları (2004) soya ununun gluten içermeyen ekmeklere etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada enzim aktif, yarı aktif ve inaktif tam yağlı soya unları kullanılmıştır. Farklı soya unları farklı oranlarda pirinç ve cassava unu içeren ekmek formülasyonlarına ilave edilmiştir. Aktif soya unu ekmek hacmini ve ekmek yapısını geliştirirken, yarı aktif ve inaktif unların ekmek kalitesi üzerine olumlu bir etkisi olmadığı bildirilmiştir (Ribotta ve ark., 2004).

Hidrokolloidler: Gluten, mayalı ekmek hamuruna viskoelastik davranış gibi sadece glutene özgü özel fonksiyonel özellikler kazandırır. Gluten protein-nişasta etkileşiminde gaz hücre formları ile ilişkilidir, bu durum fermantasyon ve pişirme sırasında stabilizasyonu ve gaz hücrelerinin tutulmasını sağlar (Anton ve Artfield,

2008). Gluten içermeyen ekmekler gluten matriksi olmadığından dolayı zayıf teknolojik kalite, düşük hacim, yüksek ekmek içi sertliği ve yüksek bayatlama oranı gösterirler (Sciarini ve ark., 2010). Gluten içermeyen ekmek üretiminde birçok un, nişasta ve enzim, protein ve hidrokolloid gibi maddeler glutenin sahip olduğu viskoelastik yapıya benzemek için kullanılmaktadır. Gluten unun temel proteini olması, ekmeğin görünüşüne ve kabuk yapısına katkıdan bulunması nedeniyle, gıda bilimcileri ve teknolojileri tarafından glutenin yerini alacak bir maddenin bulunması çözülmesi gereken bir sorundur. Hidrokolloidler veya gamlar büyük oranda çeşitli kimyasal yapılarda, her birinin farklı yapısı sayesinde sahip oldukları fonksiyonel özellikleri gıda endüstrisinde farklı amaçla kullanılan, suda çözünür polisakkaritlerden oluşur. Hidrokolloidler gıdalarda tekstürü geliştirmek, nişastanın geri parçalanmasını geriletmek, nem tutmayı arttırmak ve ürünün raf ömrü boyunca kalitesini uzatmak amacıyla kullanılırlar. Gluten içermeyen ekmek formülasyonlarında hidrokolloid kullanımı hedef kitle için yüksek kalitede ürün geliştirilmesinde umut veren bir alternatiftir (Anton ve Artfield, 2008).

Hidrokolloidler veya gamlar uzun zincirli hidrofilik yapıdadırlar, yüksek molekül ağırlıklıdırlar, genellikle koloidal özelliktedirler, yüksek viskoziteli süspansiyonlarda veya düşük kuru madde içerikli solüsyonlarda jel oluştururlar. Hidrokolloidler kara ya da deniz bitkilerinden veya bakterilerin metabolizma artıklarından elde edilmektedir. Hidrokolloidlerin gıdalarda iki temel fonksiyonu vardır; birincisi ürünü stabilize etmeleri, ikincisi ürünün tekstürünü etkilemeleridir. Gıda endüstrisinde bu fonksiyonel özellikleri dolayısıyla geniş bir kullanımı vardır. Hidrokolloidlerin ilavesi gıdaların tekstürünü iyileştirmekte, nem tutmayı arttırmakta, zaman geçmesinde ürün kalitesini uzatmaktadır (Arendt ve Moore 2006). Hidrokolloidler hamurun reolojik özelliklerini glutenin ekmek hamurunda bıraktığı etkiye benzer bir etki yapmaktadırlar. Ayrıca kabarmayı, jelanitizasyonu, hamur özelliklerini ve nişastanın bozulmasını etkilemektedirler (Arendt ve Moore 2006). Hidrokolloidler gıda bileşenlerinin elastikiyetini arttırmak için su sağlarlar. Hidrokolloidler buz kristal oluşumunu ve büyümesini etkiler, bundan dolayı donmuş ürünlerin tekstürünü etkiler ve bu nedenle bu ürünlerde kullanılabilir (Anton ve Artfield, 2008). Düşük konsantrasyonlarda hidrokolloidler akış özelliklerini etkileyebilir, birçok hidrokolloid viskoziteyi arttırmada, çökmenin engellenmesi ile

stabilizasyonu sağlamada, faz ayrımında, köpük çökmesinde ve kristalizasyona neden olduklarından kullanılırlar (Anton ve Artfield, 2008). Gluten içermeyen ekmekler karıştırma sırasında gazları tutamama ve/veya fermantasyon sırasında CO₂ formunu tutamaması, viskoelastik yapı kazanamaması sebebiyle büyük hücre duvarı kalınlığına ve iri ve sık taneli/boşluklu bir yapıya sahiptirler. Bazı hidrokolloidlerin ilavesi ile gluten içermeyen ekmeklerin standart buğday ekmeğinin sahip olduğu yapıya benzer bir ağ kazandığı bildirilmiştir (Sciarini ve ark., 2010).

Rotsch hamurda gluten özelliklerine benzer bir kabarma sağlayabilecek potansiyel maddeler olduğunu ispat etmesi ve Kulp ve arkadaşları saf buğday nişastası ekmeği üretiminde ksantan gamın kullanılabilirliğini belirtmesi ile gluten içermeyen ekmeklerde hidrokolloid kullanımı artmıştır (Anton ve Artfield, 2008). 1976 yılında Nishita ve arkadaşları farklı katkı maddeleri kullanarak formüle ettikleri pirinç hamurundan ekmek geliştirmişlerdir. Nishita ve arkadaşları hidrokolloid kullanımının özellikle HPMC ilavesinin; fermantasyon gazlarının tutulması için gerekli olan yapının ve pişirme sırasında nişasta jelatinizasyonu için gerekli olan su salınımının viskozite ile sağladığını bildirmişlerdir. Plastik yağlar ve yüzey aktif maddeler normalde buğday ekmeğinin kalitesini geliştirirken, pirinç ekmeği için ters etki yaptığını bildirmişlerdir (Anton ve Artfield, 2008).

Hidrokolloid bağlayıcı ajan ve gluten ikame maddeleri olarak mısır nişastası ekmeklerine ilave edilmiştir. Çalışmada ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı ve tragant gamı kullanılarak üretilen ekmeklerin hacmi ve sertliği incelenmiştir. Çalışma sonucunda gluten içermeyen sistemlerde ikame maddelerinin teknolojik etkilerinin etkili bir şekilde kullanılabilirliği, ekmek hacminin ve ekmek içinin gevşemesinin önemli derecede ($p < 0.001$) geliştirdiği sonucu bildirilmiştir. Ksantan gam daha yüksek kalitede ekmek elde edilmesine neden olmuştur (Anton ve Artfield, 2008).

Yapılan bir çalışmada patates nişastası, mısır nişastası ve mısır unundan yapılan gluten içermeyen ekmeklere pektin, guar gam veya 1:1 oranında pektin:guar gam karışımı ilave edilerek ekmeklerin kalitesi incelenmiştir (Gambus ve ark., 2007). Guar gam ilave edilen ekmeklerin kalitesi, hacmi, ekmek içinin nem içeriği ve pişirme etkisi pektin ve karışım içeren ekmeklere göre daha iyi olduğu bulunmuştur. Pektin ve guar gamın 1:1 oranında karışımının ekmeğe konulması teker teker ilave edildiklerinde

ortaya çıkan istenmeyen tekstür özelliklerini ortadan kaldırmıştır. Ayrıca guar gam ve pektin karışımının ilave edilmesi ile daha düşük sertlikte ekmekler elde edilmiştir (Anton ve Artfield, 2008).

HPMC, ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı ve agar pirinç ekmeklerinde başarıyla kullanılmıştır. HPMC en iyi hacmi kazandırmıştır. Pirinç ekmeklerinin formülasyonlarında HPMC ve CMC kombinasyonun kullanılması ekmeklere iyi özellik kazandırmaktadır. Mısır nişastasından üretilen ekmeklere gluten yerine ksantan, guar gam, keçiyoynuzu gamı ve tragant ilave edilmesi ile hacimde önemli derecede artış görülmüştür ve kabuk yapısını kaybetmiştir. En iyi kalitede ekmekler ksantan gam ilave edilenlerde görülmüştür (Gallagher ve ark.,2004).

Gallagher ve arkadaşları (2004) guar gam ve keçiyoynuzu gamının kombinasyonu ekmek yapımında kullanıldığı çalışmaların sonuçlarını incelemiştir. Guar gam kullanılan ekmeklerde kabuk yapısı daha fazla hücre/gözenek dağılımına sahip olurken, keçiyoynuzu gamının kullanıldığı ekmeklerin ekmek somon ağırlığı daha fazladır; her iki gamın kullanımında bayatlamayı geciktirdiği, guar gam ve keçiyoynuzu gamı için optimum seviyenin %2-4 oranlarında olduğu bildirilmiştir (Gallagher ve ark.,2004).

Sciarini ve arkadaşları (2010) çalışmalarında ekmek formülasyonuna %0.5 oranında ksantan gam, jelatin, karragenan, aljinat ve CMC ilavesi yapmışlardır (Sciarini ve ark., 2010). Hidrokolloidlerin ekmek hacmine pozitif etki yaptığı ve XG ilave edilmesinin ekmek hacminin artışını en çok sağlayan hidrokolloid olduğu bildirilmiştir (Sciarini ve ark., 2010). Hamur özellikleri ile ekmek hacmi arasındaki ilişki hamura eklenen hidrokolloidlerin çeşidine, miktarına ilave edilen su miktarına ve hamur bileşenleri ile hidrokolloidlerin etkileşimine bağlı olduğu bildirilmiştir (Sciarini ve ark., 2010).

Süt ürünleri: Süt ürünleri uzun zamandan beri fırıncılık ürünlerinde kullanılmaktadır. Bunlar fırıncılık ürünlerinde depolamayı iyileştiren, tekstürü ve tadı geliştiren fonksiyonel özellikler ile besleyicilik özelliklerini geliştirirler. Süt ürünleri gluten içermeyen ekmek formüllerinde su tutmayı artırma ve hamurun işlenmesini artırma amacı ile kullanılabilir. Ancak yüksek miktarda laktoz içeren tozlar bağırsak villusları hasar görmüş çölyak hastaları için uygun olmayabilir, villus tarafından idare

edilen laktaz enziminin yokluğunda laktoz tolere edilemeyebilir. Yüksek proteinli düşük laktozlu süt ürünleri tozlarının (sodyum kazeinat, süt proteini izolatu) kullanımı ekmeklere şekli, hacmi ve ekmek hacmini geliştirir. Bu ekmekler koyu kabuk rengi ve beyaz ekmek içi rengine sahiptirler ve duyuşal açıdan kabul edilebilir sonuçlar vermiştir. Uygun miktarda su konulduğunda bu ekmekler kontrol etmelerinden daha yumuşak bir tekstüre sahip olurlar. Yüksek proteinli süt ürünleri tozlarının ekmeklerde kullanımı ekmeklerin protein oranını yükseltirler (Gallagher ve ark., 2004).

Besinsel lifler: Posalardan sağlanan besinsel lifin önemi bağırsak sağlığına uzun süreli katkı sağlamasıdır. Beslenmede bazı ılımlı tahıllar, meyve ve sebze bulundurulduğunda önemli bir lif tüketimi gerçekleşir. Gluten içermeyen ürünler zenginleştirilmediği ve genellikle rafine un veya nişastalardan yapıldıkları için bu ürünler gluten içeren ürünler ile karşılaştırıldığında aynı seviyede besleyici madde içermedikleri görülür. Dolayısıyla gluten içermeyen diyet ile beslenen insanlarda besleyici maddelerinin alımının tam yapılp yapılmadığına dair bir belirsizlik vardır. Gluten içermeyen diyet ile beslenen 49 yetişkin çölyak hastası üzerinde yapılan bir çalışmada kontrol grubu insanlarla karşılaştırıldığı besinsel lif alımlarının düşük olduğu görülmüştür. Yine başka bir çalışmada çölyak hastalarının çok düşük besinsel lif aldıkları görülmüştür. Ergenlik çağındaki çölyak hastaları üzerinde yapılan çalışmada katı bir şekilde yapılan gluten içermeyen diyet ile beslenme dengesinin daha da kötüleştiği görülmüştür (besinsel liflerin çok düşük olduğu görülmüştür). Gluten içermeyen ürünlerin besinler lifler ile zenginleştirilmesi konusu birçok araştırmacı grup tarafından incelenen bir konudur (Gallagher ve ark., 2004). Stojceska ve arkadaşları (2010) çalışmalarında ekstrüzyon tekniği ile çeşitli meyve ve sebzelerin birleşimi ile gluten içermeyen ürünlerin besinsel lif oranını arttırmayı amaçlamışlardır. Bu amaçla kullanılan meyve ve sebzeler; elma, pancar, havuç, kıvılcık ve Teff unudur. Bunlar %30 oranında ürün formülasyonuna ilave edilirler. Formülasyon, pirinç unu, mısır nişastası, patates nişastası, süt tozu ve soya unu içermektedir. Uygulama sonucunda gluten içermeyen ürünlerin besinsel lif oranının arttığı görülmüştür. Bu nedenle ekstrüzyon teknolojisi lif oranını arttırmada kullanılabilir (Stojceska ve ark., 2010).

Birçok araştırmacı gluten içermeyen ekmeklerin geliştirilmesi üzerinde çalışmalar yapmıştır ve yapmaktadır (Sanchez ve ark., 2002; Andersson ve ark., 2011). Ekmek dışında gluten içermeyen makarna (Sozer, 2009; Mastromatteo ve ark., 2011)

bisküvi (Caponio ve ark., 2007), kraker (Sedej ve ark., 2011), tarhana (Bilgiçli, 2009), bira (Ceppi ve Brenna, 2010) ürünlerinin geliştirilmesi ile ilgili olarak yapılan çalışmalar bulunmaktadır.

2.5. Reoloji Hakkında Genel Bilgi

Reoloji; katı, sıvı veya gazların baskı/gerinim altında uğradıkları deformasyon olarak tanımlanmaktadır. Reoloji endüstride rutin analizlerden kompleks araştırmalara kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır. Reoloji gıda endüstrisi için neden önemlidir; gıdaların işlenmesinde kullanılan parametrelerin elde edilmesinde, gıdaların kalite kontrol parametrelerinin belirlenmesinde, gıdaların mikro yapısını incelemeye ve ürün geliştirmede kullanılmaktadır.

Hamurun reolojik davranışını incelemeye önce reoloji ile ilgili olarak bazı temel kavramları incelemek gerekmektedir. İdeal katılar; elastik bir şekilde deforme olurlar. Uygulanan gerilim ortadan kalktığında deformasyon için gerekli olan tüm enerji tamamen geri döner. Sıvılar ve gazlar gibi ideal sıvılar ise geri döndürülemezler ve ideal sıvılar akış davranışı gösterir.

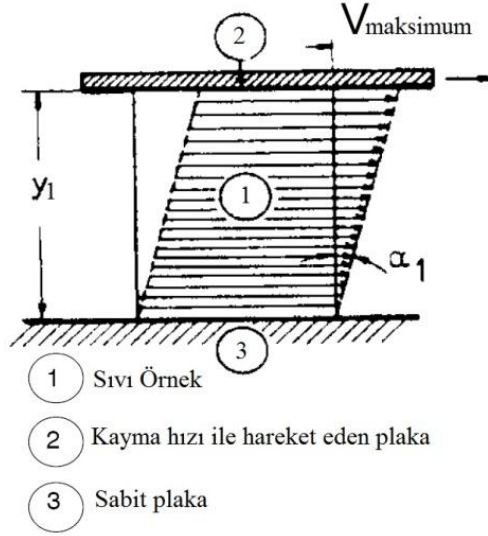
Kayma gerilimi birim alana uygulanan kuvvet olarak tanımlanmaktadır ve genellikle pascal olarak ifade edilmektedir.

$$\tau = \frac{F \text{ (kuvvet)}}{A \text{ (alan)}} = \left(\frac{\text{Newton}}{m^2} \right) = Pa \quad (2.1)$$

Kayma geriliminin uygulanması düzlemler arasında yer değiştirmeye neden olur. Düzlemler arasındaki uzaklığa y , düzlemlerin yer değiştirme hızına v diyebiliriz, kayma hızı;

$$\gamma = \left(\frac{dv}{dy} \right) = \left(\frac{m/s}{m} \right) = (1/s) \quad (2.2)$$

olarak tanımlanır. Şekil 2.4'te paralel plakalar arasında kayma hızının gösterimi görülmektedir.



Şekil 2.4. Kayma hızının şematik gösterimi (Schramm, 2004).

Viskozite; kayma gerilime karşı gösterilen dirençtir. Birimi Pa.s olarak gösterilmektedir.

$$\mu = \left(\frac{\tau}{\gamma} \right) = \left(\frac{N}{m^2} \cdot s \right) = (Pa \cdot s) \quad (2.3)$$

Sıvılar akış özelliklerine göre ikiye ayrılmaktadır; Newtonyen akış ve Newtonyen olmayan akış (Non-Newtonyen akış). Newtonyen akış gösteren sistemlerde; kayma gerilimi kayma hızı ile orantılı olarak artmaktadır ve kayma hızına karşı

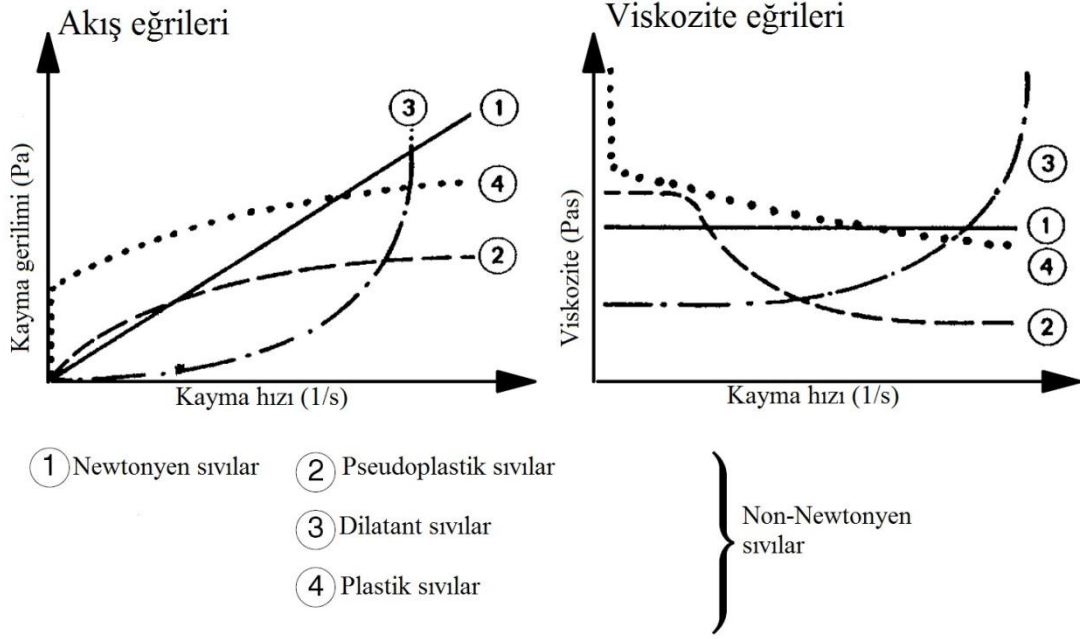
viskozite grafikleri sabit bir çizgi şeklinde elde edilmektedir. Newtonyen akış göstermeyen sistemler üç gruba ayrılmaktadır;

1. Plastik davranış: Akışa başlaması için belli bir kayma gerilimine ihtiyaç duyan sistemlerdir.
2. Pseudoplastik davranış: Kayma hızının artması ile viskozitenin azaldığı sistemlerdir.
3. Dilatant davranış: Kayma hızının artması ile viskozitenin arttığı sistemlerdir.

Sıvıların akış özelliklerini belirlemek için elde edilen kayma hızına karşı kayma gerilimi grafiğine akış eğrisi denilmektedir. Bu davranış (akış eğrisi) ve viskozite eğrileri Şekil 2.5'te görülmektedir.

$$\mu = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \quad (2.4)$$

Elde edilen akış eğrilerinin özelliklerinin incelenebilmesi için modelleme yapılır. Üssel yasa (Eşitlik (2.4)) genellikle pseudoplastik sıvılar için kullanılan modeldir. Modelde bulunan K değeri; kıvam katsayısı ya da görünür viskozite'dir, n değeri; akış davranış indeksidir. Akış davranış indeksi birimsizdir. Newtonyen sıvılar için akış davranış indeksi;1 konsitens indeksi ise viskoziteye eşittir. Pseudoplastik sıvılar için n değeri 0 ile 1 arasında bulunur, n değeri 1'den büyük ise materyal dilatant özellik göstermektedir.



Şekil 2.5. Farklı akış davranışlarının diyagramları (Schramm, 2004).

Viskoz maddeler mekanik etki veya strese maruz kaldıklarında akışa geçerler, bunun tersine katılar akış özelliği göstermezler, katı maddeler deforme olurlar ve bu deformasyona ‘strain/gerinim’ denir. Lastik gibi bazı katılar deformasyona uğradıktan sonra geri salınım hareketi ile eski haline geri dönerler ve bu durum elastiklik olarak bilinir. Hamur ise viskoelastiktir; hem viskoz hem de elastik özellik sergiler (Belton, 2003). İncil’de “Yeteri kadar beklenirse her şey akar, dağlar bile...” denilmektedir. Tüm maddeler için karakteristik zaman faktörü vardır. Karakteristik zaman faktörünün gözlem zamanına bölünmesi ile Deborah boyutsuz sayısı elde edilmektedir. Bu sayının 1’den çok küçük olması durumunda; madde sıvı olarak tanımlanmakta (su için; 10^{-12}), 1’den çok büyük olması durumunda madde katı olarak tanımlanmaktadır (cam için; 10^5). Deborah sayısının 1 ile 10-15 arasında olduğu örnekler viskoelastik davranış göstermektedir.

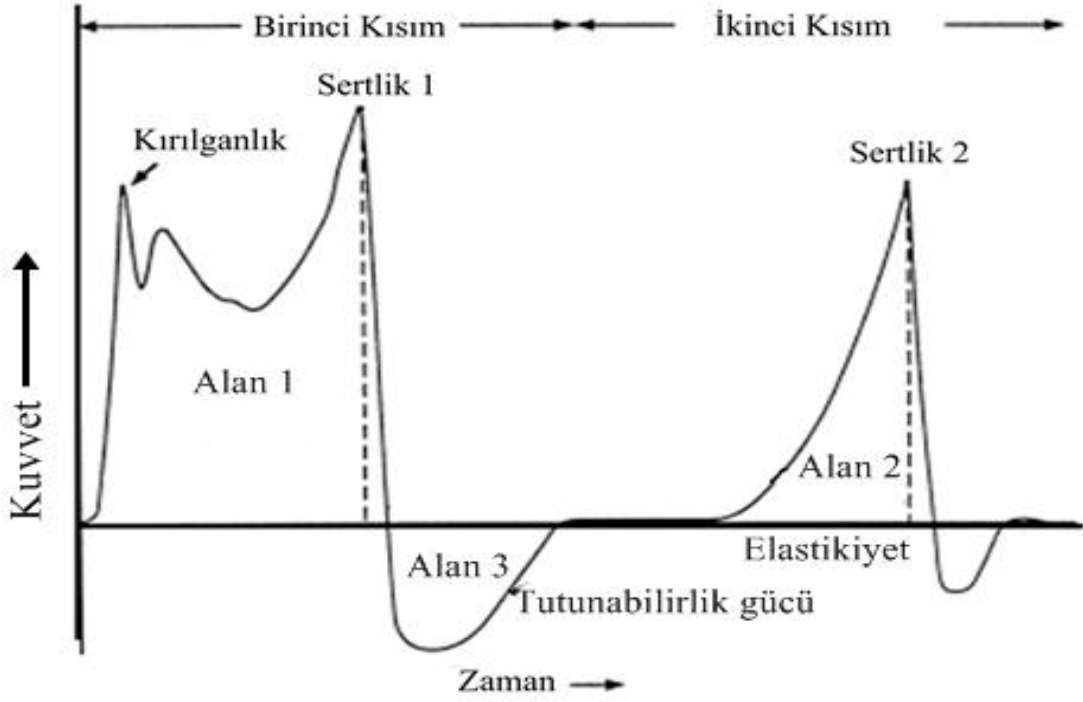
Salınım testlerinde örnek harmonik olarak değişen gerilim veya hıza maruz bırakılır. Frekans tarama testi salınım testleri arasında en yaygın olanıdır çünkü materyalin uygulanan kayma gerilimi veya kayma gerinimi oranına göre viskoz veya elastik özellik gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu testte frekans kayma hızı veya geriliminin şiddeti ile artmaktadır. Salınım testleri sonucunda; G' , G'' ve $\tan\delta$ özelliklerinin verileri

elde edilir. G' ; depo veya elastik modül olarak ifade edilmektedir, depolanan enerji ölçmektedir. G'' ; kayıp veya viskoz modül olarak ifade edilir ve deformasyon ile harcanan enerji değerini vermektedir. Tanjant delta değeri ise; viskoz özelliğin, elastik özelliği oranıdır. Salınım testleri sırasında; gerilim veya gerinimin orantılı değiştiği bölgeye lineer viskoelastik bölge denilmektedir. Seçilen kayma geriliminde orantılı bir kayma gerinimi oluşmuyorsa non-lineer faza geçiş olur, bu durum yüksek kayma gerilimlerinde meydana gelmektedir. Bu testler materyalde meydana gelen minimal kimyasal ve fiziksel özelliklerle ilgili sonuçlar vermektedir (Kahyaoğlu, 2002).

2.6. Tekstür Profil Analizi

Bir gıdanın kalitesi; besin değeri, tat-aroması, görünüşü ve tekstürü ile değerlendirilmektedir. Tekstür, gıdanın yapısal ve mekaniksel özellikleriyle yakından ilişkili kalite özelliklerini kapsamaktadır. Gıdaların mekaniksel özelliklerini bilmek, onun tekstürel özelliklerini ve ölçüm tekniklerini anlamada önemlidir. Tekstür profil analizi (Texture Profile Analyze, TPA), 1960'lı yılların başında gıdanın mekanik özellikleri ve bunların gıdanın tekstürü ile olan ilişkisinin araştırılması ile gelişmiştir (Balık, 2011).

TPA analizi sonucunda bulunan parametreler; sertlik, tutunabilirlik, elastikiyet, gevreklik, bağlılık/yapışkanlık, yarı katı maddenin çiğnenebilirliği, katı maddenin çiğnenebilirliği ve esnemedir. TPA Test Aleti kullanılarak elde edilmiş tekstür profil eğrisi Şekil 2.6'da görülmektedir. TPA parametrelerin tanımları aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.6. TPA Test Aleti kullanılarak elde edilmiş bir tekstür profil eğrisi (Mochizuki Y., 2001).

Sertlik: Gıda maddesinin yapısında belirli bir deformasyonu sağlamak için uygulanması gereken kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Duyusal olarak, azı dişleri arasında gıdanın sıkıştırılması için gereken güçtür. Tekstür profili analizinde ise ilk sıkıştırmanın bitip geri çekilmenin başladığı noktaya karşılık gelmektedir.

Elastikiyet: Gıda maddesinin üzerindeki deforme edici kuvvet kaldırıldıktan sonra kendini toparlayarak deformasyondan önceki haline dönme hızı olarak tanımlanmaktadır. Tekstür profili analizinde ilk sıkıştırmanın bitimi ve bunu takiben ikinci sıkıştırmanın başlangıcı arasında geçen zaman aralığına karşılık gelmektedir (S).

Tutunabilirlik: Gıda maddesinin yüzeyi ile temas ettiği yüzey (diş, dil, damak veya probe) arasındaki çekim kuvvetini yemek için gerekli iş olarak tanımlanmaktadır. Tekstür profili analizinde ilk sıkıştırmada gözlenen negatif alandır (Alan 3).

Bağlılık/Yapışkanlık: Gıda maddesinin yapısını oluşturan iç bağların gücünü göstermektedir. Yapışkanlık TPA eğrisinde oluşan alan 2'nin alan 1'e bölünmesi ile hesaplanmaktadır.

Çizelge 2.10. TPA parametreleri ve birimleri (Mochizuki Y., 2001).

Mekanik parametreler	Ölçülen değişken	Birim
Tutunabilirlik (Adhesiveness)	İş	N×mm
Katı maddenin çiğnenebilirliği (Chewiness)	İş	N×mm
Bağlılık/Yapışkanlık (Cohesiveness)	Kuvvetlerin oranı	Birimsiz
Gevreklik (Fracturability)	Güç	N
Yarı katı maddenin çiğnenebilirliği (Gumminess)	Güç	N
Sertlik (Hardness)	Güç	N
Elastikiyet (Springeness)	Mesafe	mm

Gevreklik, Çabuk kırılma: Bir maddenin kırılması için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Tüm gıdalarda gözlenen bir parametre değildir. Gevrek olan gıda maddelerinin tekstür profili analizinde, ilk sıkıştırma sırasında görülen pozitif pikte bir omuz şeklinde belirir.

Yarı-katı maddenin çiğnenebilirliği: Yarı katı özellikte bir gıda maddesinin yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli enerji olarak tanımlanmaktadır. Düşük sertlik (hardness) değerine sahip gıdalarla ilgili bir parametredir. Sertlik ve yapışkanlığın çarpımı ile hesaplanır.

Katı maddenin çiğnenabilirliği: Katı özellikte bir gıda maddesinin yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli enerji olarak tanımlanmaktadır. Sertlik, yapışkanlık ve elastikiyetin çarpımı ile hesaplanır (Balık, 2011).

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

Fındık unu ve fındık proteini elde edilmesi amacıyla kullanılan fındıklar (Tombul fındık) (Demircioğlu, Samsun) ile ekmek yapımında kullanılan; buğday unu (Efsana Un, Konya, Türkiye), pirinç unu (Ülker, Türkiye), yaş maya (Efsana Maya, Balıkesir, Türkiye), bitkisel yağ (Sole, Konya, Türkiye), şeker (Şafak Kristal Şeker, İstanbul, Türkiye) ve tuz (Billur Tuz, İzmir, Türkiye) yerel marketlerden temin edilmiştir. Gluten içermeyen ekmek yapımında kullanılan keçiboynuzu gamı, guar gam ve ksantan gam İncm (Mersin, Türkiye) firmasından, analizlerde kullanılan kimyasallar Sigma (Almanya) ve Merck (Almanya) firmalarından temin edilmiştir.

3.2. Yöntemler

3.2.1 Yağsız Fındık Unu Elde Edilmesi

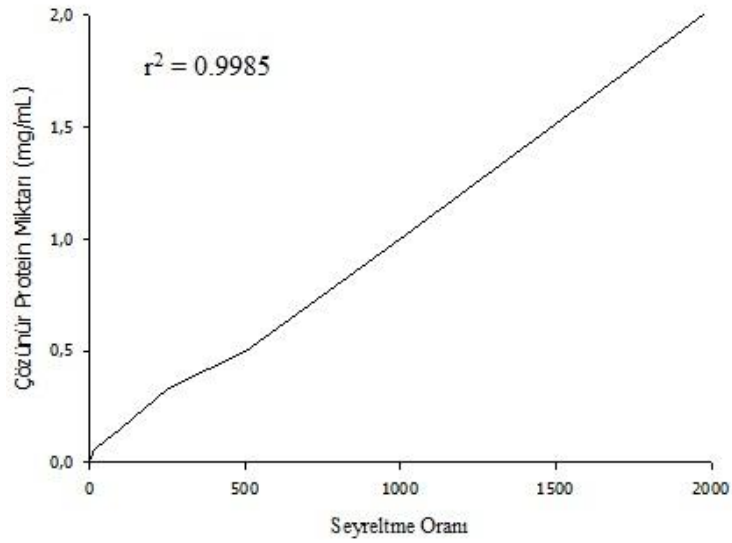
Bütün halinde olan fındıklar ticari öğütücüden (Waring blender, USA) geçirilerek öğütülmüştür. Öğütme sonucunda fındık kreması elde edilmiştir. Fındık kremasına 1/1 (g/g) oranında n-hekzan ilave edilerek 1 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır ve bu işlem 3 kez tekrarlanmıştır. Hekzan ile muamele sonucunda yağın ayrılması sağlanmıştır. Hekzanın uzaklaştırılması için 12 saat çeker ocakta bekletilmiştir. Hekzanı uzaklaştırılan fındık unları 40°C'de vakumlu etüvde 3 saat kurutulmuştur. Elde edilen ürün yağsız fındık unu olarak adlandırılmış ve YFU olarak kodlanmıştır.

3.2.2. Fındık Ununda Çözünür Protein Analizi

Örneklerin çözünür protein miktarı Lowry metodu kullanılarak belirlenmiştir. Yağsız fındık unundan 1:12 (g/g) oranında sulu çözeltiler hazırlanmıştır. Çözeltilerin pH değerleri 0.1 N veya 0.01 N NaOH kullanılarak 8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0 ve 11.0 değerlerine ayarlanmış ve 1 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Süre sonunda çözeltiler 5000 g hızında 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında elde edilen süpernatant kısımlarında çözünür protein miktarlarına bakılmıştır. Şekil 3.1’de Bovin serum albümin (BSA) ile hazırlanan standart grafiği görülmektedir. Bu grafiğin denklemi (Eşitlik 3.1);

$$y = -35.1557 + 1010.0087 \cdot x \quad (3.1)$$

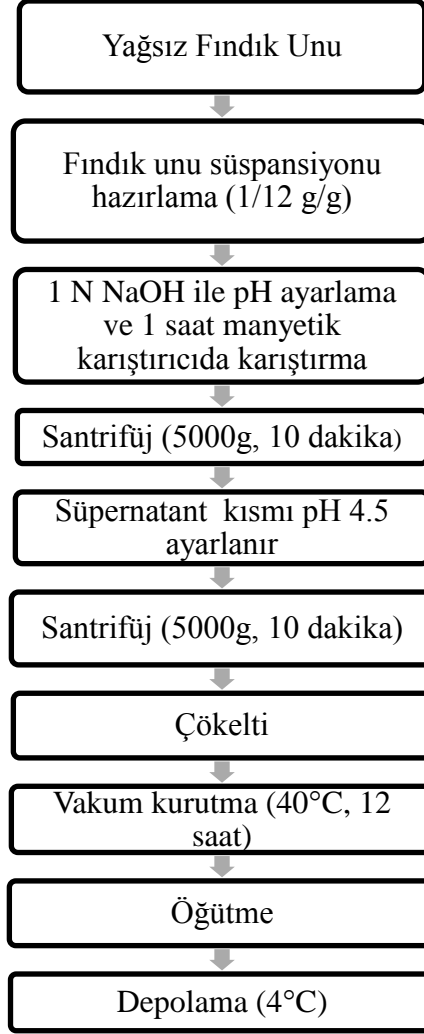
şeklindedir. Burada y; çözünür protein miktarı, x; okunan absorbans değeridir. Absorbans değerine karşılık gelen konsantrasyonu eğrinin denklemi kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.1. BSA standart eğrisi

3.2.3. Fındık Protein Preparatı Elde Edilmesi

Yağsız fındık ununa 1/12 (g/g) oranında distile su ilave edilmiştir. Lowry analizi sonucunda en yüksek çözünür protein değeri elde edilen pH değerinde ayarlama yapılmıştır (pH 10.0). Hazırlanan sulu çözelti 1 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. 5000g hızda 10 dakika santrifüjden geçirilmiştir. Çöken kısım atılıp supernatant kısım alınarak 1 N ve 0.1 N HCl ile pH 4.5 olan izoelektrik noktaya getirilmiştir. pH 4.5'e ayarlandıktan sonra çözelti 5000 g hızda 10 dakika santrifüj edilmiş ve çöken kısım alınarak vakumlu kurutucuda 40°C de 12 saat kurutulmuştur. Kurutma sonucunda yağsız fındık unu protein preparatı elde edilmiştir. Alınan yağsız fındık unu proteini (YFUP) öğütülerek yapılacak olan analizlerde kullanılmak üzere buzdolabında (4°C) depolanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Yağsız Fındık Unundan protein preparatı eldesi

3.2.4. Kimyasal Analizler

Nem Tayini: Alüminyum kaplar içerisine ağırlıkları hassas olarak tartılan örnekler (~3 g) sıcaklığı 105°C'ye ayarlanan etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Gravimetrik olarak nem miktarı hesaplanmıştır. Bu analiz fındık, fındık unu ve fındık proteini için üç tekerrürlü yapılmıştır.

Kül Tayini: Porselen krezeller içerisine ağırlıkları hassas olarak tartılan örnekler (~3 g) kül fırını içerisinde kademeli olarak ısıtılarak son sıcaklık olan 550°C'de kül haline gelene kadar yakılmıştır. Gravimetrik olarak kül miktarı hesaplanmıştır. Bu analiz fındık, fındık unu ve fındık proteini için üç tekerrürlü yapılmıştır.

Yağ Tayini: Örneklerin yağ miktarı Soxhlet metodu ile belirlenmiştir. Kartuş içerisinde hassas olarak örnek tartımı (~3 g) yapılmıştır. Örnekler dietil eter ile muamele edilmiştir (yaklaşık 6 saat veya 20 sifon). Gravimetrik olarak yağ miktarı hesaplanmıştır. Bu analiz fındık, fındık unu ve fındık proteini için üç tekerrürlü yapılmıştır.

Protein Tayini: Örneklerin toplam protein miktarı Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir. Bu analiz fındık, fındık unu ve fındık proteini için üç tekerrürlü yapılmıştır. Örnekler için dönüşüm katsayısı olarak 6.25 kullanılmıştır.

3.2.5. Su Tutma Kapasitesi

Su tutma kapasitesi YFU ve YFUP için üç tekerrürlü yapılmıştır. Su tutma kapasitesi Yu ve arkadaşları (2007) belirttiği metot ile belirlenmiştir. 15 mL'lik darası alınmış (T_1) santrifüj tüplerine 1 g (T_0) YFU/YFUP tartılmıştır. Her bir örnek tüpüne 10 mL distile su eklenmiştir. Her tüp vorteks ile yüksek hızda 2 dakika karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi ile örnekler tamamen ıslatılmış ve oda sıcaklığında 30 dakika bekletilmiştir. 30 dakika sonunda örnekler 3000g hızda 20 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Tüp içerisindeki supernatant kısmı boşaltılarak, kalan kısım tartılmıştır (T_2).

1 g protein için g cinsinden su tutma kapasitesi Eşitlik (3.2) ile hesaplanır:

$$Su\ tutma\ kapasitesi = \left(\frac{T_2 - T_1}{T_0} \right) \quad (3.2)$$

3.2.6. Yağ Tutma Kapasitesi

Bu analiz YFU ve YFUP için üç tekerrürlü olarak yapılmıştır. Yağ tutma kapasitesi Yu ve arkadaşları (2007) belirttiği metot ile belirlenmiştir. 15 mL'lik santrifüj tüplerine 1g (T_0) YFU/YFUP örneği tartılarak 10 mL bitkisel yağ (V_1) ile vorteksde

yüksek hızda 2 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Protein-yağ karışımı 3000 g hızda 20 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası tüpte kalan yağ kısmı 10 mL'lik mezüre dökülerek hacmi kaydedilmiştir (V_2).

Yağ tutma kapasitesi Eşitlik (3.3) ile hesaplanmıştır:

$$\text{Yağ tutma kapasitesi} = \left(\frac{V_1 - V_2}{T_0} \right) \quad (3.3)$$

3.2.7. Köpük Oluşturma Kapasitesi ve Stabilitesi

Bu analiz YFU ve YFUP için ve üç tekerrürlü olarak yapılmıştır. 1.5 gram örnek 40 mL saf ile 10.000 rpm hızda 2 dakika boyunca homojenizatör (WiseTis Homogenizer HG-15D, Almanya) ile homojenize edilmiştir. Homojenizatör başlığında ve beherde kalan köpük 10 mL saf su ile yıkanarak örnek mezüre aktarılmıştır. 120 dakika boyunca köpük hacmi ölçülmüştür (Mourea ve ark., 2002). Köpük kapasitesi denklem (3.4) ile köpük stabilitesi ise Eşitlik (3.5)'te gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

t:0. dakika;

$$\text{Köpük kapasitesi (\%)} = \frac{\text{Karışımдан sonraki hacim} - \text{karışımдан önceki hacim}}{\text{Karışımдан önceki hacim}} \times 100 \quad (3.4)$$

t: 120. dakika;

$$\text{Köpük stabilitesi} = \frac{\text{Bekleme sonraki hacim} - \text{karışımдан önceki hacim}}{\text{Karışımдан önceki hacim}} \quad (3.5)$$

3.2.8. Emülsiyon Aktivite İndeksi ve Emülsiyon Stabilite İndeksi

Emülsiyon aktivite indeksi ve emülsiyon stabilite indeksi değerlerinin belirlenmesi için 10 mL (15 mgmL⁻¹) örnek solüsyonu hazırlanır. 1 dakika boyunca 10 mL mısır yağı ile homojenize edilmiştir. Homojenizasyon işlemi sonucunda elde edilen emülsiyonlar 1100 g hızında 5 dakika santrifüj edilmiştir (Bora ve Neto, 2004).

$$\text{Emülsiyon aktivitesi} = \frac{\text{emülsifiye olmuş kısmın yüksekliği}}{\text{toplam yükseklik}} \times 100 \quad (3.6)$$

Emülsiyon stabilitesini hesaplamak için örnekler 80°C'de 30 dakika ısıtılıp tekrar 1100 g hızında 5 dakika santrifüj edilmiştir.

$$\text{Emülsiyon stabilitesi} = \frac{\text{ısıtma sonrası emülsifiye olmuş k.yüksekliği}}{\text{toplam yükseklik}} \times 100 \quad (3.7)$$

Emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi (3.6) ve (3.7) eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2.9. Renk Analizi

Fındık, fındık unu, fındık proteinin ve gluten içermeyen ekmeklerin dış ve iç L, a ve b değerleri Konica Minolta Chromameter CR-400 (Japonya) serisi renk ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Renk parametreleri L=0 (siyah), L=100 (beyaz), -a (yeşillik), +a (kırmızılık), -b (mavilik) ve +b (sarılık) aralıklarında değişen değerlerden oluşmaktadır. Her bir ekmeğin 4 farklı noktasında ölçüm yapılmıştır.

3.2.10. Glutensiz Ekmeklerin Hazırlanması

Formülasyon: Gluten içermeyen ekmekler 3 farklı parametre göz önünde bulundurularak üretilmiştir. Bunlardan birincisi farklı gamların kullanımı, ikincisi farklı oranlarda YFU ilave edilmesi, üçüncüsü ise YFUP ilave edilmesidir. Pirinç ekmeklerinin yapımında YFU veya YFUP içermeyen kontrol grubu ve %5, 10 ve 15 oranlarında YFU ve %5 oranında YFUP içeren ekmekler, keçiyoynuzu, guar ve ksatan gam ilavesi yapılarak üretilmişlerdir. Çizelge 3.1’de ekmeklerin su oranları verilmektedir. Tüm ekmekler için ürün formülasyonu 100 gram un için; 8 gram yağ maya, 4 gram bitkisel yağ, 4 gram şeker, 3 gram tuz ve gam ilave edilen örnekler için 0.25 gram gam şeklindedir.

Çizelge 3.1. 100 gram un üzerinden farklı formülasyonlardaki ekmeklerin su oranları

	Örnek Adı	Un (g)	YFU (g)	YFUP (g)	Su (mL)
Buğday	Buğday	100	-		75
Kontrol	Pirinç	100	-		80
Grubu	Pirinç Keçiyoynuzu	100	-		85
	Pirinç Guar	100	-		90
	Pirinç Ksantan	100	-		95
%5 YFU	Pirinç	95	5		80
	Pirinç Keçiyoynuzu	95	5		85
	Pirinç Guar	95	5		90
	Pirinç Ksantan	95	5		95
%10 YFU	Pirinç	90	10		82.5
	Pirinç Keçiyoynuzu	90	10		87.5
	Pirinç Guar	90	10		92.5
	Pirinç Ksantan	90	10		97.5
%15 YFU	Pirinç	85	15		85
	Pirinç Keçiyoynuzu	85	15		90
	Pirinç Guar	85	15		95
	Pirinç Ksantan	85	15		100
%5 YFUP	Pirinç	95	-	5	90
	Pirinç Keçiyoynuzu	95	-	5	95
	Pirinç Guar	95	-	5	100
	Pirinç Ksantan	95	-	5	105

Ekmeklerin Hazırlanması: Yoğurucuya (5KSM150 Kitchen Aid, Belçika) su, gam ve YFUP dışındaki ingredientler konularak 2 hızında 30 saniye karıştırılır. Gam veya YFUP ilave edilecek örnekler için gam veya YFUP ile su miktarının yarısı 10000 rpm hızda 1 dakika homojenize edilir. Homojenize edilen gam veya YFUP çözeltisi hamura ilave edilir ve 4 hızında 1.30 dakika karıştırılır. Kalan su ilave edilir ve 6 hızında 3 dakika karıştırılır. Ekmek hamurları alüminyum kaplara 150 gram tartılır ve 30°C’de 40 dakika boyunca fermantasyona bırakılır (ES250 Nüve, Türkiye). İnkübasyon sonunda ekmekler 220°C’de 1 saat boyunca pişirilir.

3.2.11. Reolojik Analizler

YFU ve YFUP’nin Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi: Farklı oranlarda (%1, 5 ve 10) saf su ile hazırlanan YFU ve YFUP çözeltilerinin akış grafiği elde edilmiş, frekans tarama ve sıcaklık tarama testleri yapılmıştır. Ölçümler Haake Mars III (Thermo Scientific, Germany) cihazı ile 35 mm çaplı, 2° açığa sahip koni-plaka (gap: 0.104mm) ile yapılmıştır. Akış grafiği elde edilmesi amacıyla 5 ve 20°C sıcaklıklarda 300 saniye dinlendirilen örnekler; 0.1-100 1/s kayma hızı aralığında 300 saniye ölçülmüştür. Frekans tarama analizleri de 5 ve 20°C sıcaklıklarda yapılmıştır. 300 saniye dinlendirilen örneklerin; 1Pa sabit kayma geriliminde 0.1-20 Hz frekans aralığında ölçümleri yapılmıştır. Sıcaklık tarama testi ise 1 Pa sabit kayma gerilimi ve 1 Hz sabit frekans değerinde 5-90°C aralığında yapılmıştır. Sıcaklık tarama testinde sıcaklık dakikada 0.1°C arttırılmıştır.

Ekmek Hamurlarının Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi: Reolojik ölçümü yapılacak olan hamurların hazırlanmasında maya ilavesi olmadan ölçüm yapılmıştır. Hamurların reolojik özellikleri; akış eğrisi, frekans tarama testi ve stres tarama testi testleri ile belirlenmiştir. Ölçümler Haake Mars III (Thermo Scientific, Almanya) cihazı ile 35 mm çaplı, 2° açığa sahip koni-plaka ile 1 mm gap aralığı bırakılarak yapılmıştır. Tüm ölçümler 25°C’de yapılmıştır ve her bir test için örnekler 300 saniye boyunca 25°C’de stabil hale gelmesi ve sıcaklığın eşit olarak dağılabilmesi amacıyla dinlendirilmiştir. Akış eğrisi elde etmek amacıyla; 0-100 1/s kayma hızında 300 saniye boyunca ölçüm yapılmıştır. Frekans tarama testi; 0.1 Pa sabit kayma geriliminde 0.1-10

Hz frekans değerlerinde; stres tarama testi; 1 Hz sabit frekans değerinde 0.1-1000 Pa gerilim değerleri arasında yapılmıştır.

Viskozite grafiklerinin ve frekans tarama grafiklerinin modellenmesinde üssel yasa (Eşitlik (3.8)) kullanılmıştır.

$$\eta = K \cdot \gamma^{n-1} \quad (3.8)$$

Burada akış eğrisi modellenirken; η ; görünür viskozite, K; kıvam katsayısı, γ ; kayma hızı ve n; akış davranış indeksidir. Frekans tarama grafikleri modellenirken ise;

$$y = a \cdot x^b \quad (3.9)$$

Eşitlik (3.9) şeklindedir ve x; frekans, y; G' veya G", a; kıvam katsayısı ve b; y'nin x'e karşı olan grafiğinin eğimidir.

3.2.12. Ekmeklerin Spesifik Hacimleri

Ekmekler pişirildikten 60 dakika sonra kolza tohumu ile yer değiştirme metodu uygulanarak ekmeklerin hacmi belirlenmiştir. Ekmeklerin hacmi g/cm^3 olarak bildirilmiştir.

3.2.13. Ekmeklerin Tekstürel Özellikleri

Glutensiz ekmeklerin tekstürel özellikleri Texture Analyzer TA.XPplus (İngiltere) cihazı, P/36 mm probu kullanılarak ölçülmüştür. Ekmekler pişirildikten 90 dakika sonra oda sıcaklığında ölçüm yapılmıştır. Tüm örnekler boyutları aynı olacak şekilde küp küp (3×3×3) kesilerek ölçümler yapılmıştır. Prob hızı test öncesi, test ve test sonrası sırasıyla 1, 5 ve 5 mm/sn olarak ayarlanmış ve %50 gerinim uygulanmış ve ekmeklerin Tekstür Profil Analizi (TPA) yapılmıştır.

3.2.14. İstatistiksel analizler

Bütün analizler en az üç tekerrürlü yapılmış, ortalama standart sapmaları hesaplanmıştır. Veriler varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel açıdan farklılık ($p=0.05$) karşılaştırmalı t testi ve tek yönlü varyans analizi ile Tukey's testi kullanılarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fındık Ununda Çözünür Protein Analizi

Protein çözünürlüğü birçok fonksiyonel özelliği etkilediğinden dolayı oldukça önemlidir. YFUP elde edilmesinde fındık ununun protein çözünürlüğünün pH ile değişiminin bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla Lowry metodu kullanılarak 6 farklı pH değerinde (8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0 ve 11.0) YFU sulu çözeltilerinin çözünür protein miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Farklı pH değerlerinde hazırlanan fındık unu çözeltilerinin çözünür protein miktarları*

pH	Çözünür protein (mg/mL)
8.0	20.62±0.69 ^a
8.5	22.09±1.73 ^{ab}
9.0	20.53±1.44 ^a
9.5	23.32±0.99 ^{bc}
10.0	25.09±1.92 ^c
11.0	25.20±1.64 ^c

*a-c: Sütun içinde aynı harfle işaretli olanlar arasında istatistik önemde fark yoktur ($p>0.05$). n=3.

Analiz sonucunda pH 11.0'da elde edilen çözünür protein miktarının en fazla olduğu görülmüştür. Ancak pH 9.5, 10.0 ve 11.0 arasında istatistiksel açıdan önemli derecede bir farklılık olmadığı görülmektedir ($p>0.05$). Yu ve arkadaşları (2007) pH 10'nun üzerine çıktığında proteinlerin denatüre olmalarından dolayı istenmeyen özelliklerin oluştuğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle YFUP üretiminde pH 11.0 değeri seçilmemiştir. pH 9.5 ve 10.0 değerlerinde ön deneme amacıyla üretim yapılmış ve verimlilik hesaplanmıştır. Ön deneme sonucunda pH 9.5'te YFUP üretiminde verim; %20.18 iken, pH 10.0 değerinde verim; %26.00 olarak hesaplanmıştır. Çözünür protein

miktarı ve verimliliğin yüksek olmasından dolayı pH 10.0 değerinde YFUP üretimi yapılmasına karar verilmiştir.

4.2. Kimyasal Kompozisyon

Fındık, YFU ve YFUP'nin yağ, protein ve kül değerleri Çizelge 4.2'de verilmektedir. Sharma ve arkadaşları (2010) yaptıkları çalışma ile elde ettikleri fındık protein preparatının protein miktarını; 89.95 ± 0.72 , kül miktarını 1.31 ± 0.48 olarak bulmuşlardır ve protein içeriği $>90\%$ ise protein izolatu, $<90\%$ ise protein konsantratu olarak tanımlamışlardır. Sharma ve ekibinin (2010) tanımına göre bu çalışmada elde edilen YFUP protein izolatu olarak tanımlanabilir.

Çizelge 4.2. Fındık, YFU ve YFUP'nin kimyasal kompozisyonu (kuru madde üzerinden)

Örnek	Kuru madde	Yağ	Protein*	Kül
Fındık	97.92 ± 0.05	63.18 ± 2.54	16.61 ± 0.17	2.28 ± 0.05
YFU	94.74 ± 0.21	15.95 ± 0.72	47.22 ± 1.78	6.20 ± 0.08
YFUP	92.10 ± 0.11	2.69 ± 0.67	90.73 ± 2.07	0.69 ± 0.01

*Protein içeriği hesaplanırken; hesaplama faktörü 6.25 ile çarpılmıştır.

YFU: Yağsız Fındık unu, YFUP: Yağsız fındık unu proteini.

4.3. Fındık, YFU ve YFUP'nin Renk Analizi

Renk parametreleri L=0 (siyah), L=100 (beyaz), -a (yeşillik), +a (kırmızılık), -b (mavilik) ve +b (sarılık) aralıklarında değişen değerlerden oluşmaktadır. Fındık, YFU ve YFUP'nin L, a ve b değerleri Çizelge 4.3'te görülmektedir. L, a ve b değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık olduğu ($p < 0.05$) görülmektedir. Renk değerlerinin, örneğin içerdiği toplam fenolik bileşiklerin özellikleri, fenolik bileşiklerin çeşidi ve renk pigmentleri ve mineral maddelere göre değiştiği bildirilmektedir (Sharma ve ark., 2010). Fındıkların yağı alındıktan sonra elde edilen YFU'nun renginde açılma, YFUP üretimi ile ise rengin koyulaştığı görülmüştür (EK A).

YFU ve YFUP'nin sarılık değerlerinde bulunduğun b değerine göre önemli derecede ($p<0.05$) azalma olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Fındık, YFU ve YFUP'nin L, a ve b değerleri*

Örnek	L	a	b
Fındık	55.56±1.46 ^a	4.05±0.79 ^a	20.25±0.10 ^a
YFU	71.42±0.60 ^b	2.55±0.07 ^b	17.64±0.12 ^b
YFUP	27.77±1.40 ^c	7.47±0.30 ^c	11.84±0.16 ^c

YFU: Yağsız Fındık unu, YFUP: Yağsız fındık unu proteini.

*^{a-c}: Sütun içinde aynı harfle işaretli olanlar arasında istatistik önemde fark yoktur ($p>0.05$). n=3.

4.4. YFU ve YFUP'nin Su Tutma Kapasitesi

Su bağlama kapasitesini etkileyen faktörler proteinin içerdiği amino asit kompozisyonu, protein konformasyonu, yüzey polaritesi ve yüzey hidrofobikliği olduğu bildirilmiştir (Saetae ve ark., 2011). YFU ve YFUP'nin su tutma kapasiteleri arasında istatistiksel açıdan önemli ($p>0.05$) bir farklılık görülmemiştir (Çizelge 4.4). YFU ve YFUP için su tutma kapasiteleri sırasıyla 3.18±0.09 ve 2.92±0.14 olarak hesaplanmıştır. Hintfıstığı protein izolatının su tutma kapasitesi 3.22 g su/g protein olarak bulunmuştur (Saetae ve ark., 2011). Yağsız kaju fıstığı ununun su tutma kapasitesi 0.81 mL/g ve kaju fıstığı protein izolatının su tutma kapasitesi 2.20 mL su/g protein (Ogunwolu ve ark., 2009), Conophor ununun su tutma kapasitesi 3.4 mL g⁻¹ (Odoemelam, 2003), yağ ayırma yöntemine göre; şili fındık ununun su tutma kapasitesi 3.28-6.41 g/g, şili fındık protein konsantratının su tutma kapasitesi 0.32-1.94 g/g aralığında değişmektedir (Mourea ve ark., 2002), fıstık unlarının su tutma kapasitesi; 1.00-2.25 mL/g aralığında iken, kavrulmuş yerfıstığından elde edilen yerfıstığı protein konsantratlarının su tutma kapasitesi ise elde etme yöntemine göre; 0.70-1.63 mL/g aralığında değiştiği (Yu ve ark., 2007) bildirilmiştir. Tüm bu sonuçlar YFU ve YFUP ile karşılaştırıldığında; yağsız fındık ununun su tutma kapasitesinin yerfıstığı ve yağsız kaju unundan daha yüksek ancak diğer unlara göre daha düşük olduğu, yağsız fındık unu protein izolatının ise

diğer kabuklu yemiş protein konsantrat ve izolatlarından daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu görölmektedir.

Çizelge 4.4. YFU ve YFUP'nin su ve yağ tutma kapasitesi*

Örnek	Su tutma kapasitesi (mL su/g protein)	Yağ tutma kapasitesi (mL yağ/g protein)
YFU	3.18±0.09 ^a	3.10±0.33 ^a
YFUP	2.92±0.14 ^a	2.11±0.43 ^b

YFU: Yağsız Fındık unu, YFUP: Yağsız fındık unu proteini.

*^{a-b}: Sütun içinde aynı harfle işaretli olanlar arasında istatistik önemde fark yoktur (p>0.05). n=3.

4.5. YFU ve YFUP'nin Yağ Tutma Kapasitesi

Yağların gıdalarda tadı ve ağızda bırakılan hissi geliştirmesinden dolayı yağ tutma kapasitesi önemli bir özelliktir (Odoemela, 2003). YFU ve YFUP'nin yağ tutma kapasiteleri sırasıyla 3.10±0.33 ve 2.11±0.43 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4). Saetae ve arkadaşları (2011) yaptıkları çalışmalarında protein zincirlerinde polar olmayan amino asit uçları yağların hidrokarbon zinciri ile hidrofobik etkileşime girebileceğini ve bu durumda yağ tutma kapasitesini etkileyebileceğini bildirmişlerdir.

Badem protein izolatının yağ tutma kapasitesi 3.555 g yağ/g protein (Sze-Tao ve Sathe, 2000), şili ununun yağ tutma kapasitesi yağ ayırma yöntemine göre; 2.53-3.56 g/g aralığında ve şili unu protein konsantratu 8.93-9.94 g/g olarak bulunmuştur (Mourea ve ark., 2002). Yu ve ekibi (2007), yerfıstığı unlarının yağ tutma kapasiteleri 1.67-2.67 mL/g aralığında, yerfıstığı protein konsantratlarının yağ tutma kapasitesi ise 0.90-2.14 mL/g aralığında bulmuşlardır. Yağsız kaju fıstığı ununun yağ tutma kapasitesi 2.05 mL/g iken kaju protein konsantratu ve izolatu için yağ tutma kapasitesi sırasıyla 3.32 mL/g ve 4.42 mL/g olarak bildirilmiştir (Ogunwolu ve ark., 2009). Sharma ve ekibinin (2010) yenilebilir kabuklu yemiş protein preparatlarının fonksiyonel özelliklerini incelediği çalışmada; çam fıstığı ve İspanyol yerfıstığı protein konsantratlarının en yüksek, macadamia (Avustralya fıstığı) protein konsantratının en düşük yağ tutma

kapasitesi (2.8 mL/g), fındık protein konsantratının ise yaklaşık 4 mL/g yağ tutma kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde fındık protein izolatının yağ tutma kapasitesinin en düşük veya en yüksek olarak nitelendirilemeyeceği ancak; hintfıstığı ve yerfıstığı protein konsantratlarından daha yüksek yağ tutma kapasitesine sahip olduğu söylenebilir. Yüksek yağ tutma kapasitesi son ürünün nem ve yağ tutmasını sağlar ve gıdalarda emülsifiyer madde olarak kullanıma uygun olabilir (Sharma ve ark., 2010).

4.6. Köpük Oluşturma Kapasitesi ve Stabilitesi

Köpük ince tabaka faz olarak adlandırılan ince sürekli sıvı faz tarafından sarılan hava kabarcıklarını içeren iki fazlı bir sistemdir (Makri ve ark., 2005). Kabarcıkların oluşması ve sıvı faz içerisine enjekte olmasıyla köpük meydana gelmektedir. Bazı sistemler köpük oluşumu için uygun değildir ve hava su arayüzü yönlendirilmesi amacıyla bazı yüzey aktif maddeye ihtiyaç duyarlar. Proteinler köpük gıdalarda kullanılan yüksek moleküllü gibi davranan düşük molekül ağırlıklı yüzey aktif maddelerden daha uygundur. Bu durum proteinlerin sürekli fazda yüksek viskoziteli film oluşturabilme özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Makri ve ark., 2005). Proteinlerin köpük içerisindeki temel fonksiyonu güçlü film formu ve hem viskoz hem elastik özellikli sıvı fazın artması ile arayüzey gerilimini azaltmasıdır (Makri ve ark., 2005).

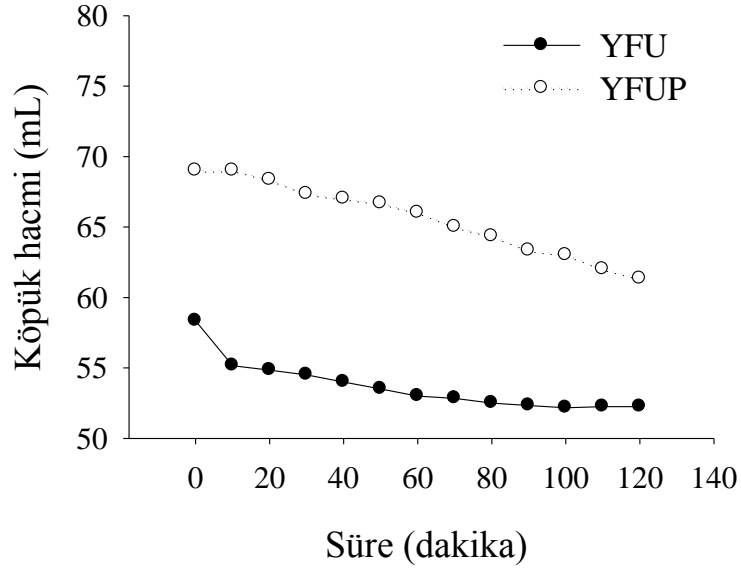
Çizelge 4.5. YFU ve YFUP'nin köpük oluşturma kapasite ve stabilite değerleri*

	Köpük oluşturma kapasitesi (%)	Köpük oluşturma stabilitesi (%)
YFU	16.67±6.43 ^a	4.00±1.73 ^a
YFUP	38.00±5.29 ^a	22.67±6.43 ^b

YFU: Yağsız Fındık unu, YFUP: Yağsız fındık unu proteini.

^{a-b}: Sütun içinde aynı harfle işaretli olanlar arasında istatistik önemde fark yoktur (p>0.05). n=3.

YFU ve YFUP köpük kapasiteleri sırasıyla; 16.67 ± 6.43 ve 38.00 ± 5.29 ve köpük stabilite değerleri YFU ve YFUP için sırasıyla 4.00 ± 1.73 ve 22.67 ± 6.43 (Çizelge 4.5) olarak hesaplanmıştır (Eşitlik (3.4) ve (3.5)). Köpük stabilite grafiği Şekil 4.1'de görülmektedir. Ogunwolu ve ekibi (2009), yağsız kaju fıstığı unu, konsratı ve izolatının köpük kapasitesini sırasıyla %14, %40 ve %45 olarak bulmuştur. Yerfıstığı ununda köpük kapasitesi 0.06 mL/mL, yerfıstığı protein konsantratlarında ise bu değer 0.10 mL/mL olarak bildirilmiş ve yerfıstığı unu ve protein konsantratının kek, dondurma gibi köpürmenin ihtiyaç duyulduğu gıdalar için uygun olmadığı bildirilmiştir (Yu ve ark., 2007). Sharma ve ekibi (2010) yaptıkları çalışma sonucunda 10 farklı kabuklu yemiş arasında en düşük köpük kapasitesine sahip olan yemişin fındık olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4.1. YFU ve YFUP için köpük stabilite grafiği

4.7. Emülsiyon Aktivite İndeksi ve Emülsiyon Stabilite İndeksi

Süt, krema, dondurma, mayonez ve sosis-salam tarzı et ürünleri gibi birçok gıda emülsiyon yapıdadır. Bu nedenle emülsiyon oluşturma özelliği gıda sanayisi için

oldukça önemlidir. Proteinler hidrofobik ve hidrofilik özellikleri bir arada bulunduklarından dolayı yağ/su ve hava/su arayüzeyleri arasında doğal olarak hareket ederler ve yüzey aktif madde görevi görürler. YFU ve YFUP'nin emülsiyon aktivitesi ve emülsiyon stabilitesi Çizelge 4.6'da verilmektedir. YFUP'nin daha yüksek emülsiyon aktivitesine sahip olduğu görülmekte ancak istatistiksel açıdan önemli bir farklılık görülmemektedir. Aynı şekilde emülsiyon stabiliteyi açısından da YFU ve YFUP arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.6. YFU ve YFUP'nin Emülsiyon aktivitesi ve Emülsiyon stabilitesi*

Örnek	Emülsiyon Aktivitesi (%)	Emülsiyon Stabilitesi (%)
YFU	41.30±11.05 ^a	43.78±3.81 ^a
YFUP	53.56±7.07 ^b	44.93±11.52 ^a

YFU: Yağsız Fındık unu, YFUP: Yağsız fındık unu proteini.

*^{a-b}: Sütun içinde aynı harfle işaretli olanlar arasında istatistik önemde fark yoktur (p>0.05). n=3.

Moure ve arkadaşları (2002) şili fındıkları ile ilgili olarak yaptıkları çalışma sonucunda; şili fındık ununun emülsiyon aktivite indeksini protein konsantratından daha düşük bulmuşlardır. Aynı şekilde Yu ve arkadaşları (2007) fıstık ile ilgili yaptıkları çalışmada fıstık protein konsantratı ve izolatının emülsiyon kapasitelerinin fıstık unundan daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir.

4.8. YFU ve YFUP'nin Reolojik Özellikleri

Protein sistemlerinin viskozite özellikleri sıvı gıdalarda büyük önem taşırlar. Örneğin içecekler, hazır çorbalar, soslar ve kremalar yapılarında yer alan proteinlerin gösterdiği dispersiyon özellikleri nedeniyle imalat sırasındaki üretim kriterlerinin optimizasyonunda farklılıkların doğmasına neden olmaktadır (Saldamlı, 2007).

Akış eğrisi: Viskozite, protein konsantrasyonuna bağlı olduğu kadar protein çeşidine göre de değişmektedir. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan protein çözeltilerinin, 5°C ve 20°C sıcaklıklarında görünür viskozite değerleri YFU için sırasıyla 0.0238±0.02-0.1248±0.02 Pa.s ve 0.0258±0.02-0.7140±0.20 Pa.s, YFUP için;

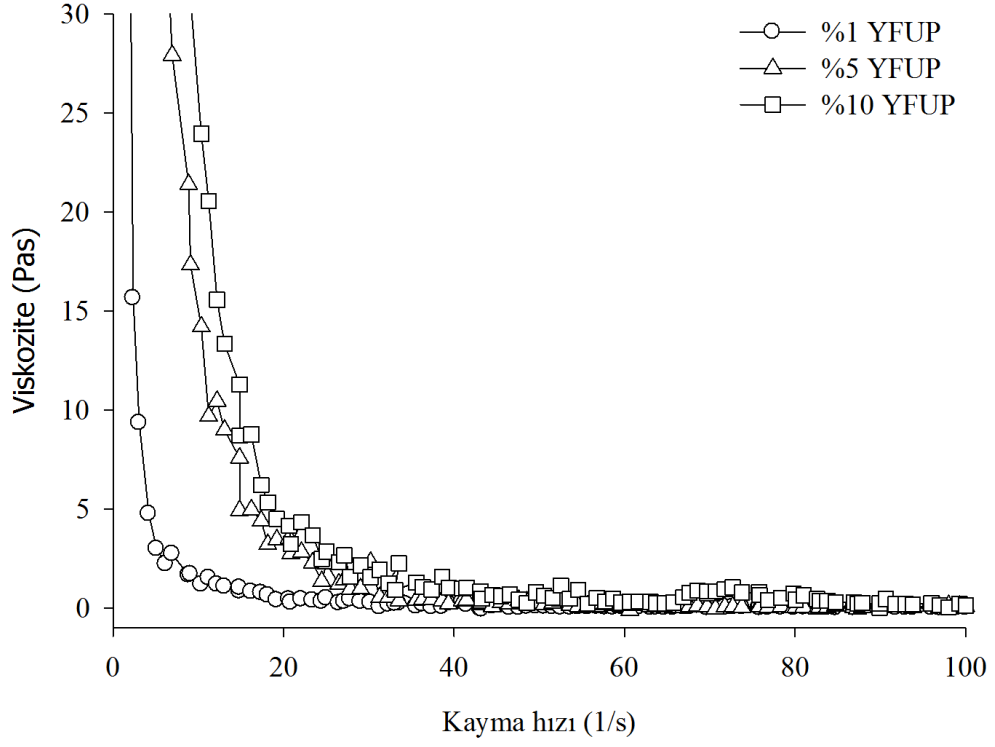
0.1066±0.06-0.6343±0.05 Pa.s ve 0.0584±0.00-0.2210±0.02 Pa.s aralığında bulunmuştur. Tüm konsantrasyonlarda ve her iki sıcaklık değerinde örnekler pseudoplastik davranış göstermişlerdir (Şekil 4.2 ve 4.3). Yapılan çalışmalarda bildirilen sonuçlara paralel olarak YFUP ile hazırlanan çözeltinin konsantrasyonun artması ile görünür viskozite değerinde artış meydana gelmiştir. Ancak bu artış istatistiksel açıdan önemli ($p>0.05$) bulunmamıştır (Çizelge 4.7). Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan YFU ve YFUP çözeltilerinin akış eğrileri Şekil 4.2 ve 4.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. YFU ve YFUP'nin görünür viskozite değerleri (50 1/s)*

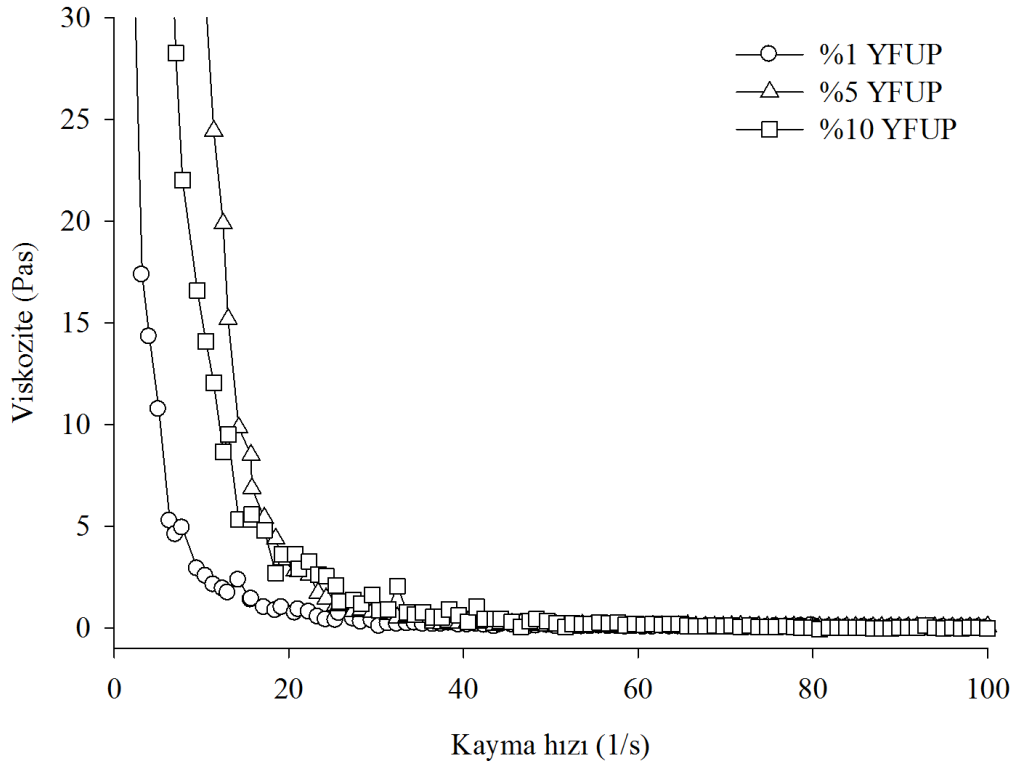
		YFU	YFUP
5°C	%1	0.0238±0.02 ^a	0.1066±0.06 ^{ab}
	%5	0.0429±0.02 ^a	0.2623±0.06 ^c
	%10	0.1248±0.02 ^a	0.6343±0.05 ^d
20°C	%1	0.0258±0.02 ^a	0.0584±0.00 ^a
	%5	0.0899±0.02 ^a	0.1187±0.02 ^{ab}
	%10	0.7140±0.20 ^b	0.2210±0.02 ^{bc}

*^{a-d}: Sütun içinde aynı harfle işaretli olan değerler arasında istatistik önemde fark yoktur ($p>0.05$). n=3.
YFU: Yağsız Fındık unu, YFUP: Yağsız fındık unu proteini.

Soya protein izolatının çözünemeyen kısımlarının önemli derecede şişme özelliği gösterdiği ve bu şişme özelliğinin viskozite üzerinde önemli bir faktör olduğu bildirilmiştir (Sze-Tao ve Sathe, 2000). Sze-Tao ve Sathe (2000) badem protein izolatının suda iyi çözündüğünü bu nedenle daha az şişme özelliği gösterdiğini ve bundan dolayı da soya protein izolatından daha düşük viskoziteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek protein içeren içeceklerde viskozitenin fazla olmasından dolayı doğan sorunların çözümü olarak düşük viskoziteli badem protein izolatının kullanılması önerilmiştir (Sze-Tao ve Sathe, 2000). Sharma ve ekibi (2010), ve Sze-Tao ve Sathe (2000), viskozitenin protein izolatu konsantrasyonunun artması ile arttığı bildirmişlerdir.

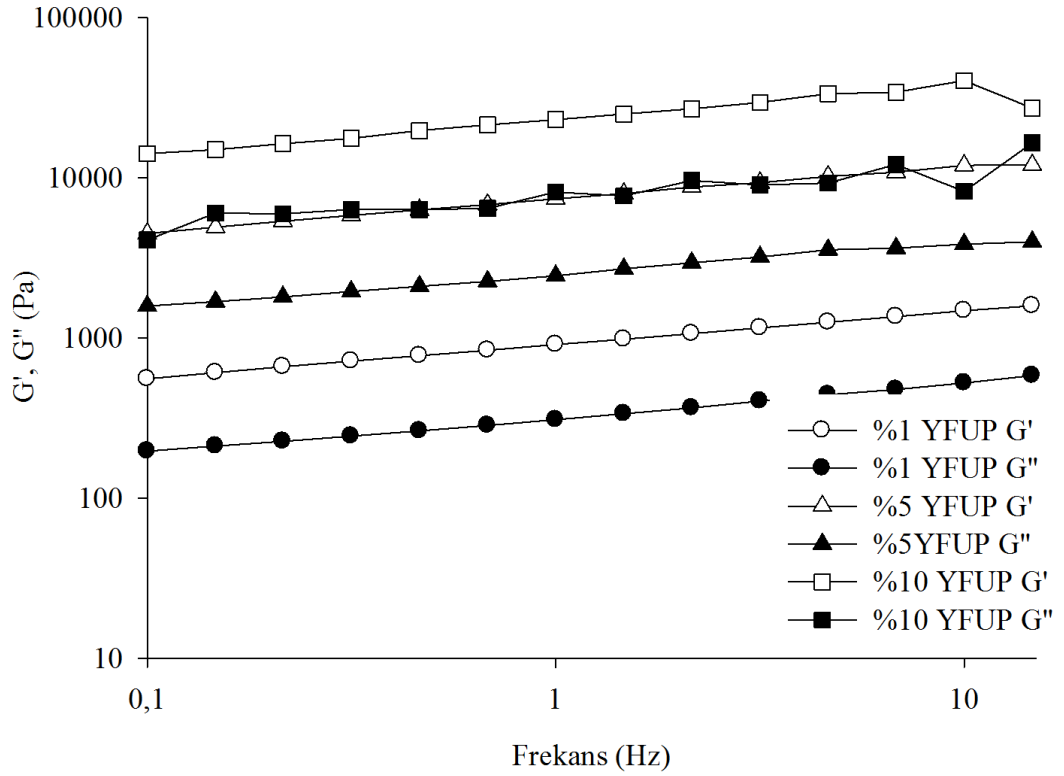


Şekil 4.2. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan YFUP çözeltilerinin 5°C'deki viskozite grafikleri

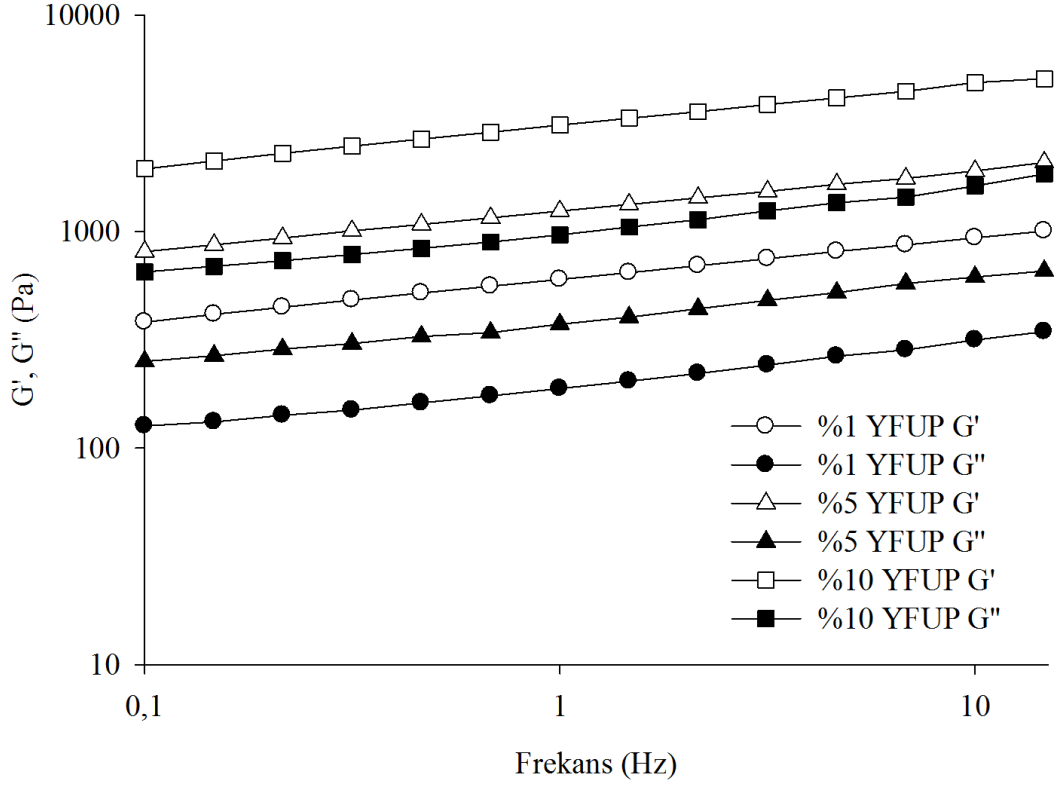


Şekil 4.3. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan YFUP çözeltilerinin 20°C'deki viskozite grafikleri

Frekans tarama testi: Salınım testlerinde örneğe harmonik olarak stres veya frekans uygulanmaktadır, ve bu testler örneğin viskoelastik özelliklerini belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. Frekans tarama testlerinin sonuçları incelendiğinde; her konsantrasyonda (%1, 5 ve 10) G' (elastik özellik) değerlerin G'' (viskoz özellik) değerinden daha yüksek olduğu ve konsantrasyon arttıkça elastik ve viskoz özelliğin arttığı görülmektedir (Şekil 4.4 ve 4.5). 5°C 'de G' ve G'' değerleri 20°C 'deki değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Frekans değerindeki artış ile her iki özelliğe de artış olduğu görülmektedir.

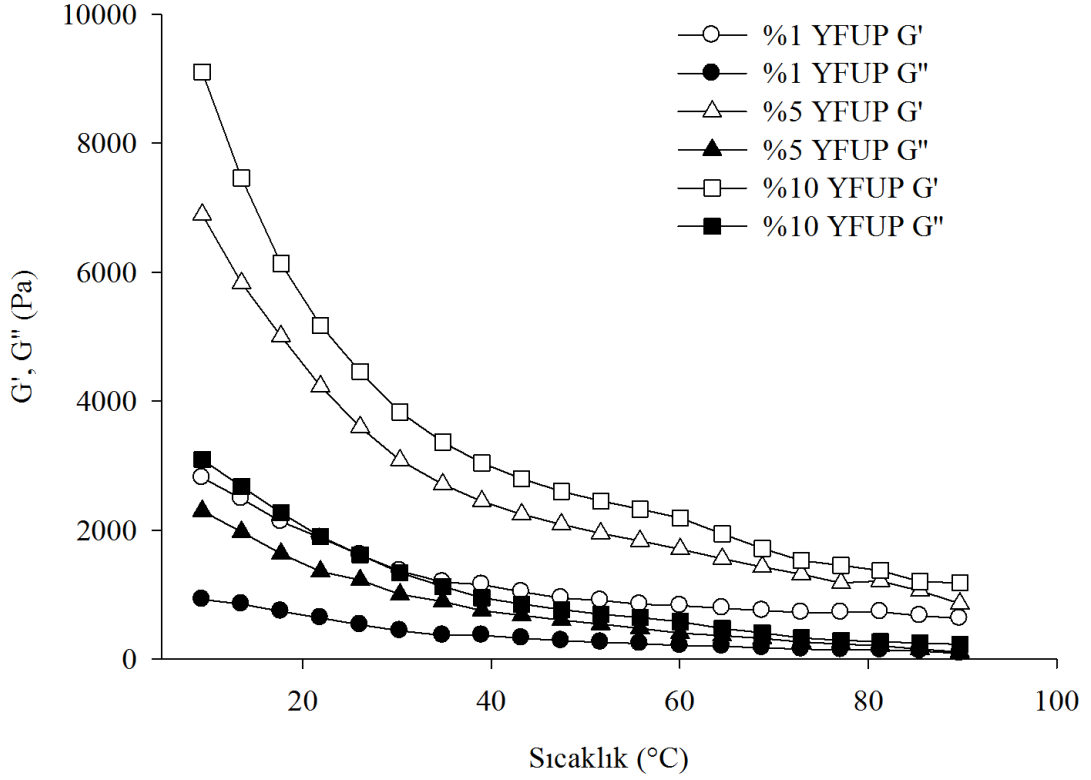


Şekil 4.4. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan YFUP çözeltilerinin 5°C 'deki frekans tarama grafikleri



Şekil 4.5. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan YFUP çözeltilerinin 20°C'deki frekans tarama grafikleri

Sıcaklık tarama testi: YFU ve YFUP'nin sıcaklık değişimi ile nasıl davrandığının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Sıcaklık tarama testinin sonuçları incelendiğinde aynı şekilde konsantrasyonun artması ile G' ve G'' değerleri artmaktadır (Şekil 4.6). Sıcaklığın artması ile elastik ve viskoz özellikte azalma görülmektedir. Ancak her sıcaklık değerinde elastik özellik viskoz özellikten daha yüksektir.



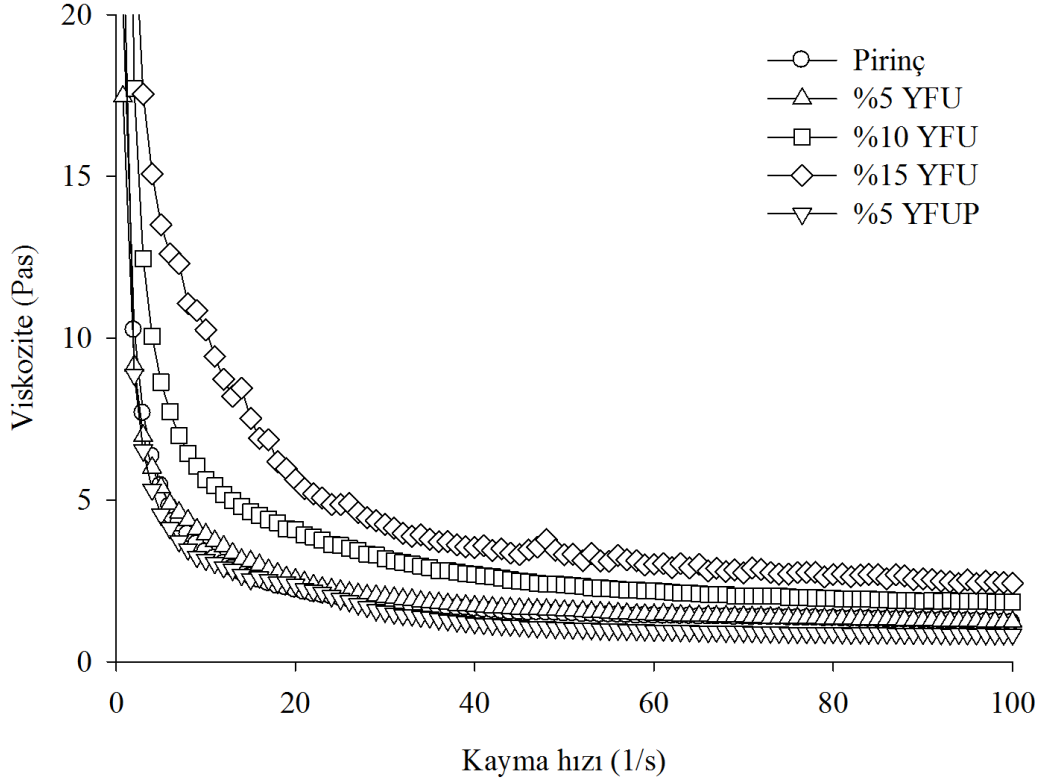
Şekil 4.6. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan YFUP çözeltilerinin sıcaklık tarama grafikleri

4.9. Ekmek Hamurlarının Reolojik Özellikleri

Hamurun reolojik özellikleri ekmek kalitesini belirlemede önemli bir faktördür. Eğer hamur çok sıkı ise, bu durum hamurun özelliklerinin ve hava kabarcıklarının gelişmesine izin vermez ve hoş gitmeyen düşük hacimli ekmek elde edilir; hamur çok zayıf ise, hava kabarcığı oluşmaz ve bunun sonucu olarak ekmekte büyük boşluklar ve çukurlar oluşur (Belton, 2003). Buğdayda doğal olarak bulunan proteinlerin hamur reolojisi ve ekmek kalitesi üzerine etkileri ile ilgili oldukça çalışma bulunmaktadır. Gliadin hamurun viskoz özelliğine katkı sağlarken, glutenin ise hamurun elastik özelliği üzerinde rol oynar. Hamur büyük ağ yapılarından oluştuğu için viskoelastik yapıdadır.

Hamur makropolimerleri ve hamur reolojisinin bunun kanıtı olduğu bildirilmiştir (Belton, 2003).

Farklı formülasyon ile üretilen hamurların akış eğrileri elde edilmiş ve bu eğriler üssel yasa (Eşitlik (3.8)) ile modellenmiştir. Yüksek R^2 değerleri (0.9183-0.9952) üssel yasanın sistemde iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. Hamurların akış davranış indeksi değeri; 0.1758-0.5010 (<1) aralığında değişmektedir (Çizelge 4.8). Bu değerler hamurların kayma hızı ile incelen (pseudoplastik) özellikte olduğunu göstermektedir (Şekil 4.7). Pseudoplastik materyalin viskozitesi tek bir nokta ile ifade edilemez, viskozite kayma hızı arttıkça, azalır. Pseudoplastik davranış hamur hazırlamada önemlidir. Hamur bir araya toplanma özelliği gösterir ve yoğurma sırasında homojenliği artırır (Sabanis ve Tzia, 2011). En yüksek n değeri buğday hamurundadır, pirinç ekmeklerinin n değerlerinin -%5YFUP pirinç hariç- YFU, YFUP veya gam ilavesi ile arttığı görülmektedir. Gam ilave edilmeyen pirinç ekmeklerine YFU ilavesinin n değerlerini arttırdığı, gam ilavesi bulunan ekmeklere YFU ilavesinin ise n değerlerini azalttığı görülmüştür. Bu sonuçlar hamurlara gam ve protein kaynağı ilavesinin hamurun özelliklerini geliştirdiğini göstermektedir. ANOVA sonuçlarına göre ekmek hamurlarına gam ilavesi akış davranış indeksini (n) etkilemektedir. Ancak hamurlara ilave edilen YFU oranının değişmesi akış davranış indeksi üzerine önemli bir etki yapmamaktadır ($p>0.05$).



Şekil 4.7. Farklı oranlarda YFU ve %5 YFUP içeren gam ilavesiz pirinç ekme hamurlarının viskozite grafikleri

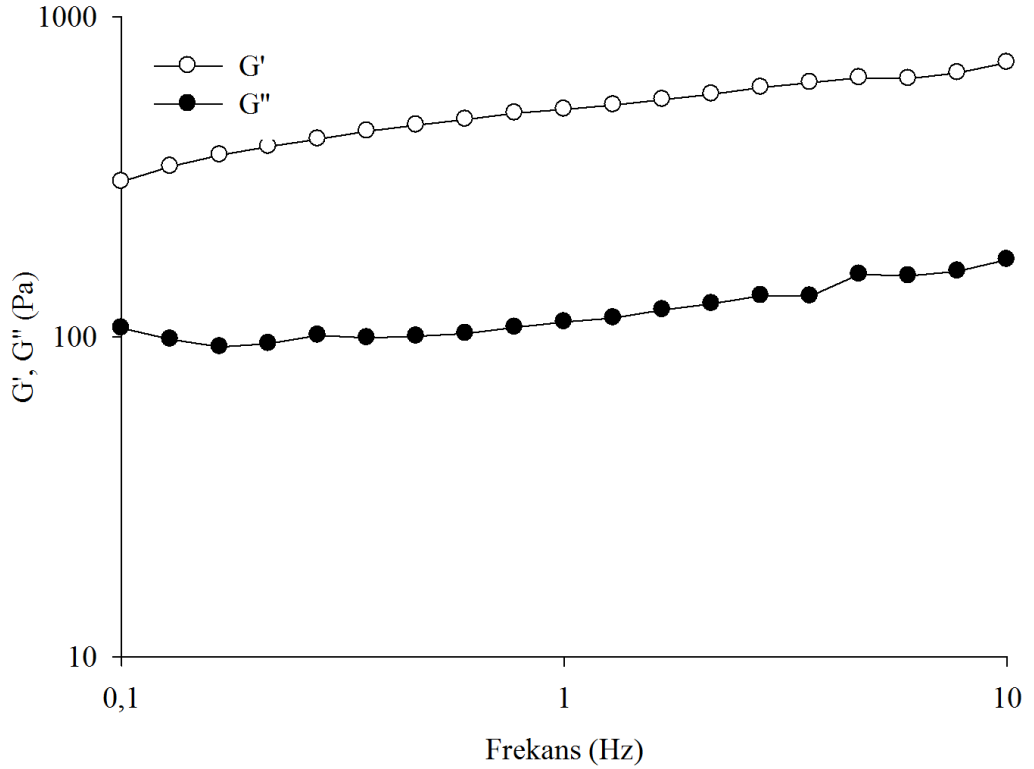
Hamurların kıvam katsayıları; 15.6450-62.5867 Pasⁿ aralığında değişmektedir. *K* değerleri farklı gamlar açısından incelendiğinde ksantan gam ilave edilen hamurlarda en yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar Sabanis ve Tzia (2011) ile Demirkesen ve arkadaşlarının (2010b) bulduğu sonuçlar ile uyumludur. Sabanis ve Tzia (2011) yaptıkları çalışmada hamura ilave edilen su miktarının artmasına rağmen hidrokolloid ilave edilen hamurların *K* değerlerinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde bu çalışmada su oranlarının ilave edilen gam, YFU ve YFUP'ye göre değişmesine rağmen, yalnızca pirinç unundan yapılan ekmeklere göre daha yüksek kıvam katsayısı değerleri elde edilmiştir. Bu durum hidrokollid ilavesinin hamurun reolojik özelliklerini su ilavesinden daha çok etkilediğini göstermektedir (Sabanis ve Tzia, 2011). Hamurların 50 1/s kayma hızındaki görünür viskozite değerleri; 1.6650-6.4292 Pas aralığında bulunmuştur. Görünür viskozite değerleri incelendiğinde en düşük viskozite gam ilavesiz pirinç ekmeğinin iken YFU ve YFUP ilavesi ile görünür viskozite değerlerinde artış olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.8. Ekmek hamurlarının viskozite eğrileri için üssel yasa parametreleri

	Örnek	K	n	R ²	Görünür Viskozite (Pas)(50 1/s)
Buğday	Buğday	87.34±16.48 ^f	0.5164±0.0255 ^g	0.9183±0.0322 ^a	11.0573±1.4262 ^g
Kontrol	Pirinç	24.97±10.18 ^{ab}	0.2866±0.1140 ^b	0.9847±0.0066 ^c	1.6650±0.2157 ^a
Grubu	Pirinç Keçiboynuzu	39.93±16.10 ^{bcde}	0.5010±0.0260 ^{fg}	0.9621±0.0219 ^{bc}	6.4292±0.1553 ^f
	Pirinç Guar	56.70±9.20 ^{de}	0.4864±0.0294 ^{efg}	0.9353±0.0231 ^{ab}	6.3653±0.1607 ^f
	Pirinç Ksantan	62.59±7.56 ^c	0.4081±0.0212 ^{cdefg}	0.9728±0.0092 ^{bc}	4.9560±0.8624 ^{ef}
%5 YFU	Pirinç	29.52±13.63 ^{abc}	0.3421±0.0826 ^{bcd}	0.9807±0.0189 ^c	2.2757±0.8088 ^{abc}
	Pirinç Keçiboynuzu	34.22±6.02 ^{abcd}	0.4283±0.0382 ^{cdefg}	0.9866±0.0244 ^c	3.7743±0.9796 ^{cde}
	Pirinç Guar	31.49±14.45 ^{abc}	0.4271±0.0614 ^{cdefg}	0.9852±0.0148 ^c	2.9765±0.5855 ^{abcd}
	Pirinç Ksantan	50.06±10.26 ^{cde}	0.3948±0.0507 ^{bcdef}	0.9670±0.0328 ^{bc}	3.9658±0.4149 ^{de}
%10YFU	Pirinç	37.62±5.79 ^{abcd}	0.3629±0.0723 ^{bc}	0.9513±0.0962 ^c	2.9208±0.6013 ^{abcd}
	Pirinç Keçiboynuzu	29.14±14.17 ^{abc}	0.4209±0.0458 ^{cdefg}	0.9846±0.0184 ^c	3.0008±1.1091 ^{abcd}
	Pirinç Guar	37.65±5.78 ^{abcd}	0.4684±0.0200 ^{efg}	0.9694±0.0098 ^{bc}	4.1940±0.8748 ^{de}
	Pirinç Ksantan	39.88±4.06 ^{bcde}	0.4172±0.0123 ^{cdefg}	0.9783±0.0102 ^c	3.7253±0.3343 ^{bcde}
%15YFU	Pirinç	30.43±11.07 ^{abc}	0.3915±0.0544 ^{bcde}	0.9756±0.0183 ^c	2.9885±0.6378 ^{abcd}
	Pirinç Keçiboynuzu	29.44±4.90 ^{abc}	0.4504±0.0361 ^{defg}	0.9952±0.0023 ^c	3.6100±0.7848 ^{bcde}
	Pirinç Guar	38.43±14.32 ^{abcd}	0.4475±0.0506 ^{defg}	0.9828±0.0078 ^c	4.1962±1.0180 ^{de}
	Pirinç Ksantan	44.10±6.25 ^{bcde}	0.3924±0.0300 ^{bcdef}	0.9866±0.0058 ^c	3.9655±0.8009 ^{de}
%5YFUP	Pirinç	26.32±8.56 ^{abc}	0.1758±0.0382 ^a	0.9609±0.0218 ^{bc}	1.7367±0.7175 ^a
	Pirinç Keçiboynuzu	21.69±4.01 ^{ab}	0.4351±0.0440 ^{cdefg}	0.9812±0.0063 ^c	2.6038±0.2797 ^{abcd}
	Pirinç Guar	15.65±2.46 ^a	0.4971±0.0367 ^{efg}	0.9792±0.0145 ^c	2.1163±0.0719 ^{ab}
	Pirinç Ksantan	39.86±9.64 ^{bcde}	0.3580±0.0423 ^{bcd}	0.9945±0.0042 ^c	3.1137±0.2835 ^{abcd}

*^{a-g}: Sütun içinde aynı harfle işaretli olan değerler arasında istatistik önemde fark yoktur (p>0.05). n=3.

Frekans tarama analizi sonuçları incelendiğinde; tüm örnekler için G' değerlerinin G'' değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 4.8). Yine tüm örnekleri için frekans değerinin artması ile hem elastik hem de viskoz özelliğe artış olduğu görülmektedir (Çizelge 4.9). Viskoz özelliğin elastik özelliğe oranı olan tanjant delta ($\tan\delta$) değeri viskoelastik özelliğin tanımlanmasında kullanılan bir diğer terimdir. $\tan\delta$ değerleri tüm hamur örnekleri için 1'den küçük bulunmuştur. Düşük frekans değerlerinde $\tan\delta$ değerlerinin yüksek frekanslara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum hamurların düşük frekans değerlerinde viskoz özelliğin yüksek frekanslara göre daha baskın olduğunu göstermektedir. 1 Hz frekans değerinde $\tan\delta$ değerleri incelendiğinde buğday ekmeği hamurunun en yüksek (0.305) %5 YFU guar (0.203) olduğu görülmektedir. Ekmeklere ilave edilen YFU oranının artması ile genel olarak artış olduğu görülmektedir. %5 YFU ve %5 YFUP içeren hamurlar karşılaştırıldığında; protein içeren hamurların $\tan\delta$ değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.8. Gam ilavesiz pirinç ekmeği hamurunun frekans tarama grafiği

Frekans tarama grafikleri üssel yasa (Eşitlik 3.9) ile modellenmiştir. Yasada, x ; frekans, y ; G' veya G'' , a ; kıvam indeksi ve b ; y 'nin x 'e karşı olan grafiğin eğimidir. Üssel model parametreleri frekansın modüller üzerine etkisini tanımlamakta kullanılmaktadır. Elastik modülün modellenmesinde en yüksek a değeri ksantan içeren hamur iken, en düşük a değeri %5 YFU guar hamurundadır. Aynı şekilde viskoz modül için yapılan modellemede de en yüksek a değeri ksantan içeren hamur iken, en düşük a değeri %5 YFU guar hamurundadır. Elastik modül için hamurların b değerleri 0.1989-0.1197 aralığında, viskoz modül için 0.0933-0.2080 aralığında bulunmuştur. Elastik ve viskoz modüller için b değerleri incelendiğinde gam, YFU ve YFUP ilave edilen hamurların b değerlerinin yalnızca pirinç unundan elde edilen hamurun b değerinden düşük oldukları görülmektedir (Çizelge 4.10).

Marco ve Rosell (2008c) yaptıkları çalışmada gluten içermeyen unları soya ve bezelye protein izolatu ile zenginleştirmişlerdir. Dinamik testler sonucunda tüm örnekler için elastik modül, viskoz modülden yüksek bulunmuştur. Soya ve bezelye protein izolatlarının gluten içermeyen unlara ilavesinin, hamurların viskoelastik özelliklerini önemli derecede etkilediği, soya protein izolatının konsantrasyonunun artması ile viskoz ve elastik modül değerlerinden lineer bir azalış olduğu bildirilmiştir. Her iki protein izolatının ilavesinin hamurların $\tan\delta$ değerlerini arttırdığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.9. Farklı frekans değerlerinde ekmek hamurlarının G', G'' ve tanδ değerleri

Örnek		0.1 Hz			1 Hz			10 Hz		
		G'	G''	Tanδ	G'	G''	Tanδ	G'	G''	Tanδ
Buğday	Buğday	558.02±96.29 ⁱ	296.38±61.70 ^f	0.532±0.06 ^{bc}	1013.30±162.41 ^h	309.32±51.16 ^f	0.305±0.01 ^e	1542.20±267.33 ^h	595.30±108.79 ^e	0.385±0.02 ^g
Kontrol	Pirinç	178.22±58.06 ^{abcd}	66.02±15.79 ^{abc}	0.386±0.11 ^{ab}	336.14±91.71 ^{abcde}	75.09±19.12 ^{abc}	0.224±0.01 ^{abc}	459.58±127.74 ^{abcde}	118.90±28.28 ^{ab}	0.261±0.02 ^{abcde}
Grubu	Pirinç Keçiboynuzu	302.63±14.75 ^{bcdefg}	131.37±14.31 ^{abcde}	0.436±0.06 ^{abc}	550.73±38.39 ^{cdef}	138.57±11.28 ^{abcde}	0.251±0.01 ^{bcd}	781.60±65.70 ^{cdefg}	231.38±15.25 ^{bcd}	0.297±0.03 ^{ef}
	Pirinç Guar	364.30±37.33 ^{fgh}	165.80±16.41 ^{de}	0.455±0.01 ^{abc}	661.93±81.37 ^{fg}	184.25±28.89 ^{de}	0.278±0.01 ^{de}	968.22±134.49 ^{fg}	287.40±41.75 ^{cd}	0.297±0.01 ^{def}
	Pirinç Ksantan	535.72±66.72 ^{hi}	211.60±30.20 ^e	0.395±0.03 ^{ab}	898.30±123.98 ^{gh}	210.62±30.41 ^e	0.234±0.01 ^{abc}	1229.20±151.77 ^{gh}	313.20±65.42 ^e	0.253±0.03 ^{abcde}
%5 YFU	Pirinç	145.07±18.14 ^{ab}	52.30±5.02 ^a	0.367±0.08 ^a	228.33±14.90 ^{ab}	49.07±2.91 ^a	0.215±0.00 ^a	303.90±20.05 ^{ab}	80.03±8.15 ^a	0.263±0.01 ^{abcde}
	Pirinç Keçiboynuzu	360.00±48.31 ^{efg}	118.35±14.15 ^{abcd}	0.330±0.03 ^a	558.80±55.69 ^{cdef}	115.37±12.44 ^{abcd}	0.206±0.00 ^a	701.60±64.64 ^{bcdef}	171.57±13.38 ^{ab}	0.245±0.01 ^{abc}
	Pirinç Guar	396.33±65.50 ^{ghi}	129.73±24.55 ^{abcde}	0.326±0.01 ^a	597.97±94.91 ^{defg}	121.62±20.23 ^{abcde}	0.203±0.00 ^a	740.97±106.89 ^{bcdef}	193.03±39.68 ^{abcd}	0.259±0.02 ^{abcde}
	Pirinç Ksantan	338.18±86.88 ^{defg}	116.25±29.80 ^{abcd}	0.345±0.04 ^a	513.06±116.37 ^{bcdef}	107.98±22.99 ^{abcd}	0.211±0.01 ^a	660.88±156.99 ^{abcdef}	151.50±40.22 ^{ab}	0.230±0.03 ^a
%10YFU	Pirinç	420.70±58.44 ^{ghi}	147.73±36.99 ^{cde}	0.348±0.04 ^a	641.90±108.44 ^{efg}	140.53±35.48 ^{bcde}	0.217±0.02 ^{ab}	853.37±189.03 ^{efg}	213.13±53.38 ^{abcd}	0.249±0.02 ^{abcd}
	Pirinç Keçiboynuzu	191.85±56.22 ^{abcde}	69.57±18.34 ^{abc}	0.365±0.02 ^a	301.78±78.10 ^{abcd}	65.45±15.98 ^{abc}	0.218±0.00 ^{ab}	388.00±94.21 ^{abcd}	103.00±27.25 ^{ab}	0.265±0.01 ^{abcde}
	Pirinç Guar	192.20±33.12 ^{abcdef}	66.22±9.75 ^{abc}	0.346±0.02 ^a	296.48±50.05 ^{abcd}	64.68±11.71 ^{abc}	0.218±0.01 ^{ab}	390.16±69.28 ^{abcd}	110.84±20.74 ^{ab}	0.284±0.01 ^{abcde}
	Pirinç Ksantan	303.40±34.51 ^{bcdefg}	115.74±16.02 ^{abcd}	0.381±0.02 ^a	491.26±63.61 ^{abcdef}	106.53±15.22 ^{abcd}	0.217±0.00 ^{ab}	628.14±68.06 ^{abcdef}	151.44±20.15 ^{ab}	0.241±0.01 ^{ab}
%15YFU	Pirinç	273.87±120.15 ^{bcdefg}	100.30±35.55 ^{abcd}	0.384±0.07 ^{ab}	412.67±154.49 ^{abcdef}	83.59±26.76 ^{abc}	0.206±0.01 ^a	503.03±176.02 ^{abcde}	122.17±33.25 ^{ab}	0.248±0.03 ^{abc}
	Pirinç Keçiboynuzu	216.38±85.26 ^{abcdef}	76.76±24.73 ^{abc}	0.364±0.04 ^a	343.82±128.28 ^{abcde}	75.30±26.89 ^{abc}	0.221±0.01 ^{ab}	449.42±157.21 ^{abcde}	114.90±34.90 ^{ab}	0.260±0.02 ^{abcde}
	Pirinç Guar	151.00±25.11 ^{abc}	58.46±16.15 ^{ab}	0.384±0.06 ^{ab}	255.90±55.37 ^{abc}	59.71±15.52 ^{abc}	0.232±0.01 ^{abc}	342.50±81.90 ^{abc}	99.02±23.96 ^{ab}	0.289±0.01 ^{cdef}
	Pirinç Ksantan	326.68±82.42 ^{defg}	140.94±74.36 ^{bcde}	0.408±0.13 ^{abc}	595.32±281.93 ^{defg}	143.11±97.84 ^{cde}	0.226±0.04 ^{abc}	806.72±451.05 ^{defg}	205.13±130.89 ^{abcde}	0.249±0.02 ^{abc}
%5YFUP	Pirinç	321.55±127.17 ^{cdefg}	112.66±38.49 ^{abcd}	0.357±0.03 ^a	485.72±190.32 ^{abcdef}	106.17±38.16 ^{abcd}	0.221±0.01 ^{ab}	626.80±241.21 ^{abcdef}	162.65±61.63 ^{ab}	0.261±0.02 ^{abcde}
	Pirinç Keçiboynuzu	200.00±86.93 ^{abcdef}	74.49±27.17 ^{abc}	0.379±0.04 ^a	318.77±131.36 ^{abcd}	71.67±25.88 ^{abc}	0.228±0.01 ^{abc}	410.63±153.47 ^{abcde}	110.27±35.94 ^{ab}	0.272±0.02 ^{abcdef}
	Pirinç Guar	98.167±6.03 ^a	53.89±5.31 ^a	0.548±0.03 ^c	194.82±18.38 ^a	50.39±6.26 ^{ab}	0.258±0.01 ^{cd}	264.33±32.28 ^a	82.82±10.54 ^a	0.313±0.00 ^f
	Pirinç Ksantan	249.15±4.17 ^{abcdefg}	88.78±1.25 ^{abcd}	0.357±0.01 ^a	376.50±2.12 ^{abcdef}	85.76±1.46 ^{abc}	0.228±0.00 ^{abc}	487.30±9.19 ^{abcde}	129.25±4.17 ^{ab}	0.266±0.01 ^{abcde}

*^{a-g}: Aynı frekans değerlerinde sütun içinde aynı harfle işaretli olan değerler arasında istatistik önemde fark yoktur (p>0.05). n=3.

Çizelge 4.10. Frekans tarama testi için üssel yasa parametreleri

Örnek		G'			G''		
		a	b	R ²	a	b	R ²
Buğday	Buğday	932.25±212.40 ^e	0.1966±0.0111 ^{ef}	0.9773±0.014 ^a	312.57±74.05 ^d	0.2080±0.0417 ^e	0.8831±0.0656 ^a
Kontrol	Pirinç	338.60±105.79 ^{abc}	0.1989±0.0291 ^f	0.8855±0.0483 ^a	83.39±23.81 ^a	0.1861±0.0297 ^{de}	0.9036±0.0530 ^a
Grubu	Pirinç Keçiboynuzu	422.10±167.77 ^{abc}	0.1725±0.0094 ^{cdef}	0.9800±0.0059 ^a	119.65±45.90 ^{ab}	0.1690±0.0278 ^{cde}	0.9037±0.0316 ^a
	Pirinç Guar	664.33±143.54 ^{bcde}	0.1892±0.0234 ^{def}	0.9790±0.0091 ^a	201.90±49.76 ^{bc}	0.1390±0.0171 ^{abcd}	0.9176±0.0263 ^a
	Pirinç Ksantan	878.15±118.59 ^{de}	0.1587±0.0061 ^{abcde}	0.9818±0.0092 ^a	232.86±27.86 ^{cd}	0.1114±0.0269 ^{abc}	0.7601±0.1108 ^a
%5 YFU	Pirinç	501.88±310.80 ^{abcd}	0.1284±0.0154 ^{ab}	0.9753±0.0061 ^a	108.19±61.51 ^{ab}	0.1168±0.0302 ^{abc}	0.7496±0.1938 ^a
	Pirinç Keçiboynuzu	543.77±53.24 ^{abcde}	0.1303±0.0081 ^{ab}	0.9602±0.0057 ^a	123.47±12.72 ^{ab}	0.1077±0.01363 ^{ab}	0.8326±0.0375 ^a
	Pirinç Guar	392.88±220.25 ^{abc}	0.1378±0.0243 ^{abc}	0.9647±0.0172 ^a	94.53±45.88 ^a	0.1116±0.0270 ^{abc}	0.7285±0.1359 ^a
	Pirinç Ksantan	485.23±112.53 ^{abcd}	0.1332±0.0070 ^{ab}	0.9676±0.0141 ^a	115.30±23.38 ^{ab}	0.0976±0.0284 ^{ab}	0.6796±0.2498 ^a
%10YFU	Pirinç	545.53±149.18 ^{abcde}	0.1325±0.0161 ^{ab}	0.8239±0.3856 ^a	122.89±36.72 ^{ab}	0.1151±0.0203 ^{abc}	0.7837±0.1672 ^a
	Pirinç Keçiboynuzu	340.94±125.03 ^{abc}	0.1356±0.0078 ^{abc}	0.968618±0.002 ^a	81.86±29.71 ^a	0.1125±0.0159 ^{abc}	0.7586±0.0655 ^a
	Pirinç Guar	318.20±76.80 ^{abc}	0.1366±0.0062 ^{abc}	0.9751±0.0056 ^a	77.03±19.13 ^a	0.1432±0.0197 ^{abcd}	0.8303±0.0476 ^a
	Pirinç Ksantan	476.46±57.03 ^{abcd}	0.1403±0.01045 ^{abc}	0.9620±0.0162 ^a	116.58±15.53 ^{ab}	0.0936±0.0137 ^{ab}	0.7419±0.0709 ^a
%15YFU	Pirinç	701.42±351.90 ^{cde}	0.1197±0.0130 ^a	0.9623±0.0158 ^a	151.99±71.58 ^{abc}	0.0893±0.0303 ^a	0.6054±0.1692 ^a
	Pirinç Keçiboynuzu	380.42±157.03 ^{abc}	0.1395±0.0210 ^{abc}	0.9650±0.0179 ^a	89.35±32.53 ^a	0.1216±0.0146 ^{abc}	0.8350±0.0681 ^a
	Pirinç Guar	248.30±53.35 ^a	0.1505±0.0137 ^{abcd}	0.9695±0.0107 ^a	64.42±16.61 ^a	0.1528±0.0138 ^{bcde}	0.8729±0.0382 ^a
	Pirinç Ksantan	574.38±267.16 ^{abcde}	0.1537±0.0411 ^{abcd}	0.9655±0.0164 ^a	150.03±90.97 ^{abc}	0.0933±0.0489 ^{ab}	0.6260±0.3718 ^a
%5YFUP	Pirinç	545.54±220.51 ^{abcde}	0.1310±0.0062 ^{ab}	0.9743±0.0116 ^a	128.51±47.87 ^{ab}	0.1181±0.0106 ^{abc}	0.8064±0.0426 ^a
	Pirinç Keçiboynuzu	262.33±143.67 ^{ab}	0.13948±0.0087 ^{abc}	0.9687±0.0116 ^a	64.91±32.1780 ^a	0.1360±0.0213 ^{abcd}	0.8430±0.0255 ^a
	Pirinç Guar	188.32±16.49 ^a	0.1664±0.0106 ^{bcdef}	0.9462±0.0120 ^a	55.56±6.4899 ^a	0.1308±0.0113 ^{abcd}	0.7884±0.0459 ^a
	Pirinç Ksantan	369.20±1.27 ^{abc}	0.1354±0.0028 ^{abc}	0.9773±0.0067 ^a	92.62±0.2334 ^a	0.1203±0.0013 ^{abc}	0.8447±0.0113 ^a

*^{a-f}: Sütun içinde aynı harfle işaretli olan değerler arasında istatistik önemde fark yoktur (p>0.05). n=3.

HPMC ve ksantan gam ilave edilen pirinç-cassava bazlı gluten içermeyen ekmeklerin 1Hz frekans değerinde, $\tan\delta$ değerlerinin 1'den küçük olduğu ve hamurların sıvı benzerinden daha çok katı benzeri gibi davrandıkları bildirilmiştir (Crockett ve ark., 2011b). Marco ve Rasell (Marco ve Rosell, 2008b) yumurta albümini, bezelye, soya ve peynir altı suyu proteini ile transgluteminaz'ın pirinç unu hamurunun reolojik özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Tüm örneklerde, bütün frekans değerlerinde elastik modül değerinin, viskoz modül değerlerinden daha yüksek bulmuşlardır. Elastik özelliğin kontrol hamuru ile soya ve bezelye protein izolatu ilave edilen hamurlarda frekanstan bağımsız olduğu ancak yumurta albümini ve whey protein izolatu içeren hamurların elastik özelliği frekansa bağlı olarak arttığı bildirilmiştir (Marco ve Rosell, 2008b).

Hamurların kayma gerilim testi incelendiğinde; düşük kayma geriliminde G' değerlerinin G'' değerlerinden daha yüksek olduğu ancak yüksek gerilimlere çıktığında viskoz özelliğin elastik özellikten daha yüksek olduğu görülmektedir (EK G). Çizelge 4.11'de 1 Pa kayma gerilim değerlerinde G' , G'' ve $\tan\delta$ değerleri verilmektedir. Bu değerlerde kayma gerilimi YFU, YFUP ve gam ilave edilen hamurların G' değerleri gam ilavesiz pirinç ekmeğinden yüksektir. Düşük kayma geriliminde hamurların $\tan\delta$ değerleri; 0.231-0.347 aralığında değişmektedir. $\tan\delta$ değerlerinin 1'den küçük olması hamurların 1 Pa kayma geriliminde sıvı gibi değil daha çok katı gibi davrandıklarını göstermektedir. 1 Pa kayma gerilimi değerinde $\tan\delta$ değerleri incelendiğinde gam ilavesiz pirinç ekmeğinin pirinç ekmekleri içerisinde en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.11. 1 Pa kayma gerilimi değerinde ekmek hamurlarının G', G'' ve tanδ değerleri

Örnek		G'	G''	Tanδ
Buğday	Buğday	715.03±132.68 ^{gh}	239.57±37.71 ^g	0.337±0.01 ^f
Kontrol	Pirinç	159.14±31.34 ^{ab}	54.75±8.21 ^a	0.347±0.03 ^f
Grubu	Pirinç Keçiboynuzu	413.88±49.28 ^{cdef}	119.30±11.47 ^{cde}	0.289±0.01 ^{de}
	Pirinç Guar	471.24±32.46 ^{def}	154.36±4.38 ^{ef}	0.328±0.02 ^{ef}
	Pirinç Ksantan	771.90±144.73 ^h	194.56±38.14 ^{fg}	0.252±0.00 ^{abcd}
%5 YFU	Pirinç	220.20±44.71 ^{abc}	62.89±9.63 ^{ab}	0.288±0.02 ^{de}
	Pirinç Keçiboynuzu	540.94±103.90 ^{fg}	128.19±20.82 ^{de}	0.238±0.01 ^{abc}
	Pirinç Guar	292.57±100.89 ^{abcde}	78.47±22.78 ^{abcd}	0.272±0.02 ^{cd}
	Pirinç Ksantan	281.60±6.62 ^{abcde}	75.03±1.59 ^{abcd}	0.267±0.01 ^{bcd}
%10YFU	Pirinç	491.20±73.49 ^{efg}	110.24±13.91 ^{bcde}	0.225±0.01 ^a
	Pirinç Keçiboynuzu	136.18±41.09 ^{ab}	43.50±11.44 ^a	0.319±0.04 ^{ef}
	Pirinç Guar	255.18±116.65 ^{abcd}	66.15±28.15 ^{abc}	0.263±0.01 ^{abcd}
	Pirinç Ksantan	350.02±25.89 ^{abcdef}	87.87±5.50 ^{abcd}	0.251±0.00 ^{ab}
%15YFU	Pirinç	427.98±161.99 ^{cdef}	97.08±31.24 ^{abcd}	0.231±0.02 ^{ab}
	Pirinç Keçiboynuzu	294.36±55.16 ^{abcde}	71.90±12.25 ^{abc}	0.245±0.01 ^{abc}
	Pirinç Guar	254.50±46.06 ^{abcd}	68.76±12.00 ^{abc}	0.271±0.01 ^{bcd}
	Pirinç Ksantan	337.90±82.72 ^{abcdef}	83.18±1.70 ^{abcd}	0.248±0.01 ^{abcd}
%5YFUP	Pirinç	357.70±37.05 ^{bcd}	91.88±7.21 ^{abcd}	0.258±0.01 ^{abcd}
	Pirinç Keçiboynuzu	293.47±89.86 ^{abcde}	76.99±20.87 ^{abcd}	0.264±0.01 ^{abcd}
	Pirinç Guar	125.78±27.72 ^a	43.29±8.29 ^a	0.346±0.02 ^f
	Pirinç Ksantan	251.60±23.62 ^{abcd}	68.21±5.86 ^{abc}	0.272±0.00 ^{abc}

*a-f: Aynı kayma gerilimi değerlerinde sütun içinde aynı harfle işaretli olan değerler arasında istatistik önemde fark yoktur (p>0.05). n=3.

4.10. Ekmeklerin Spesifik Hacimleri

Ekmeklerin hacmi kolza tohumu ile yer değiştirme metodu ile belirlenmiştir. Soğuduktan sonra ağırlıkları ölçülen ve hacmi belirlenen ekmeklerin spesifik hacmi; toplam hacim miktarının ağırlığa bölünmesi ile bulunmuştur. Genel olarak pirinç ekmekleri istenmeyen kalite özellikleri sergilemektedir ve hidrokolloid, emülsifiyer madde ve lif eksikliğinde hava kabarcıklarının ve suyun tutulmasını önleyerek sert tekstür ve düşük spesifik hacme sahip ekmekler elde edilmektedir (Demirkesen ve ark., 2010a).

Ekmeklerin spesifik hacim değerleri; 2.20- 3.24 cm³/g aralığında değişmektedir (Çizelge 4.12). Buğday kontrol ekmeğinin spesifik hacmi en yüksek bulunmuşken, en düşük spesifik hacmi %10 YFU içeren gam ilavesiz pirinç ekmeğidir, pirinç ekmekleri

içerisinde en yüksek hacme sahip olan ekmek ise, %5 YFUP gam ilavesiz ekmektir. Ekmeklere YFU ilavesi spesifik hacmi azaltmıştır. %5 YFU ve %5 YFUP ekmeklerinin spesifik hacimleri karşılaştırıldığında, YFUP içeren ekmeklerin (%5 YFUP ksantan hariç) hacimlerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. İstatistiksel açıdan farklı oranda YFU içeren ekmeklerin spesifik hacimleri arasında önemli derecede bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Aynı oranda YFU içeren ekmeklere farklı gamların etkisi incelendiğinde gamların spesifik hacim üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). İstatistiksel açıdan buğday ekmeğinin hacmi ile önemli derecede farklılık olmayan ($p>0.05$) ekmekler; ksantan, %15 YFU ksantan, %5 YFUP gam ilavesiz, %5 YFUP keçiyoynuzu ve %5 YFUP guar ekmekleridir.

Marco ve Rosell (2008a) yaptıkları çalışmada pirinç ekmeklerine soya protein izolatu (SPI), hidroksipropilmetilselüloz (HPMC) ve transglutaminaz (TG) ilavesinde bulunmuşlardır. Ekmeğe SPI'nın tek başına ilavesinin ekmeğin hacmini azalttığı, ancak SPI ve HPMC'nin birlikte ilavesinin ekmek hacmini değiştirmedığı, HPMC tek başına ilavesinin ise hacimde önemli derecede ($p<0.05$) artışa neden olduğu bildirilmiştir. HPMC ilavesi ile hacmi artmasının; hidrokolloidlerin su tutma özelliği ve pişirme sırasında jel yapısının oluşmasından dolayı olabileceği bildirilmiştir. Marco ve Rosell (2008a), bu jel yapısının viskoziteyi arttırdığı, hamurdaki hücrelerin genişlemesi için dayanıklılık kazandırdığı ve sonuç olarak gaz tutmanın arttığı ve daha iyi hacme sahip ekmeklerin elde edildiğini bildirmişlerdir.

Görünür viskozitenin yüksek olduğu hamurlardan elde edilen ekmeklerde; hamur içerisinde hava kabarcıkları daha kolay büyüdüğü ve pişirme sırasında ekmek içerisinde kaldığı bu nedenle ekmek hacimleri daha büyük olduğu bildirilmiştir (Sabanis ve ark., 2009). Sabanis ve ekibinin bu yorumu buğday ekmek hacminin gluten içermeyen pirinç ekmeklerinin hacminden daha fazla olmasını açıklamaktadır.

Çizelge 4.12. Ekmelerin hacim analiz sonuçları

Örnek	Hacim	Ağırlık	Spesifik Hacim (cm ³ /g)	
Buğday	Buğday	375.50±25.37 ^e	115.98±1.43 ^c	3.24±0.19 ^c
Kontrol	Pirinç	274.50±8.39 ^{abcd}	110.39±5.17 ^{bc}	2.49±0.12 ^{ab}
Grubu	Pirinç Keçiboynuzu	281.56±24.96 ^{abcd}	110.02±3.16 ^{bc}	2.56±0.24 ^{abc}
	Pirinç Guar	283.12±32.84 ^{abcd}	111.26±2.36 ^{bc}	2.55±0.29 ^{abc}
	Pirinç Ksantan	311.38±44.912 ^{cde}	109.98±1.72 ^{bc}	2.83±0.43 ^{abc}
%5 YFU	Pirinç	248.00±3.65 ^{abc}	111.74±0.56 ^{bc}	2.22±0.03 ^a
	Pirinç Keçiboynuzu	269.00±6.00 ^{abcd}	110.96±1.91 ^{bc}	2.42±0.02 ^{ab}
	Pirinç Guar	261.50±19.14 ^{abcd}	108.88±1.78 ^{abc}	2.40±0.15 ^{ab}
	Pirinç Ksantan	264.00±19.11 ^{abcd}	110.48±1.68 ^{bc}	2.39±0.15 ^{ab}
%10YFU	Pirinç	238.50±7.85 ^{ab}	108.62±5.11 ^{ab}	2.20±0.12 ^a
	Pirinç Keçiboynuzu	277.00±11.83 ^{abcd}	111.46±0.94 ^{bc}	2.49±0.11 ^{ab}
	Pirinç Guar	256.25±14.48 ^{abcd}	107.07±3.28 ^{ab}	2.40±0.21 ^{ab}
	Pirinç Ksantan	272.75±28.95 ^{abcd}	112.08±1.77 ^{bc}	2.44±0.29 ^{ab}
%15YFU	Pirinç	262.50±9.29 ^{abcd}	111.39±0.40 ^{bc}	2.36±0.080 ^{ab}
	Pirinç Keçiboynuzu	271.50±15.18 ^{abcd}	110.36±2.47 ^{bc}	2.47±0.12 ^{ab}
	Pirinç Guar	263.50±44.49 ^{abcd}	106.10±1.45 ^{ab}	2.49±0.45 ^{ab}
	Pirinç Ksantan	309.00±8.41 ^{cde}	104.88±0.70 ^{ab}	2.76±0.43 ^{abc}
%5YFUP	Pirinç	322.00±5.66 ^{cde}	106.28±6.53 ^{ab}	3.03±0.13 ^{bc}
	Pirinç Keçiboynuzu	311.50±0.71 ^{cde}	105.89±0.64 ^{ab}	2.94±0.01 ^{bc}
	Pirinç Guar	315.00±12.73 ^{cde}	106.32±0.19 ^{ab}	2.96±0.13 ^{bc}
	Pirinç Ksantan	232.00±2.83 ^a	105.68±2.11 ^{bc}	2.20±0.07 ^a

*^{a-e}: Sütun içinde aynı harfle işaretli olan değerler arasında istatistik önemde fark yoktur (p>0.05). n=3.

Crockett ve arkadaşları (2011b) gluten içermeyen pirinç-cassava ekmeklerine hidrokolloid (HPMC ve ksantan gam) ilavesinin etkilerini incelemiştir. HPMC ilavesi ile kontrol pirinç-cassava ekmeğinden daha yüksek hacme sahip ekmekler elde edilmiştir. Ksantan gam ilavesinin ise ekmek hacminde artışa neden olmadığı görülmüştür. Ksantan gam ilavesinin ekmek hacmini arttırmamasının nedeninin; gam ilavesinin hamurun yapısını sert bir hale getirmesi ve bu nedenle gazın genişlemesini engellemesi olduğu bildirilmiştir.

Gambus ve ekibi (2007), yaptıkları çalışmada mısır ve patates nişastası ve mısır unu ile yaptıkları ekmeklere pektin, ksantan gam ve guar gam ilave etmişlerdir. Ksantan gam ilave edilen ekmeğin en yüksek hacmi sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Crockett ve ekibi (2011a) gluten içermeyen pirinç-cassava ekmeklerine farklı oranlarda soya protein izolatı (%1, 2 ve 3) ve yumurta beyazı tozu (%5, 10 ve 15) ilavesinde bulunmuşlardır. %3 oranında SPI içeren ekmek dışında, tüm ekmeklerin spesifik hacimleri kontrol ekmeğinden önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

4.11. Ekmeklerin Tekstürel Özellikleri

Tekstürel özellikler; dokunma ile hissedilen, deformasyon, parçalanma ve kuvvet uygulaması sonucunda akışa geçme ile ilgili olan, kuvvet, zaman ve mesafenin fonksiyonu olarak ölçülen özellikler olarak tanımlanmaktadır (Arendt ve ark., 2007). Tekstür; ekmek, fırıncılık ürünleri ve diğer birçok gıdanın duyuşsal algısını ve dayanıklılığını etkilediği için önemli bir kalite kriteridir.

Ekmeklerin sertlik değerleri 1069.89 ± 365.52 ile 3135.88 ± 111.90 (N) aralığında hesaplanmıştır. Gluten içermeyen ekmeklerin TPA sonuçları incelendiğinde; en sert ekmeğin gam ilavesiz pirinç ekmeği olduğu ve sertlik değerinin istatistiksel açıdan diğer ekmeklerden önemli derecede farklı ($p<0.05$) olduğu görülmektedir. Gluten içermeyen ekmeklere gam, YFU ve YFUP ilavesinin ekmeğin sertliğini azalttığı görülmektedir (Çizelge 4.13). Pirinç ekmeğine yalnızca ksantan gamı ilave edilerek elde edilen ekmeğin sertlik değeri en düşük bulunmuştur, bu değer istatistiksel açıdan buğday ekmeğinden farklı değildir.

Ekmeklerin tutunabilirlik değerleri, -0.482 ± 0.59 ve -3.933 ± 0.60 (N×mm) aralığında bulunmuştur. Gıdanın ağız, damak ve dişlere tutunması olarak da tanımlanan tutunabilirlik değerleri incelendiğinde, en yüksek değer buğday ekmeğinde, en düşük değer ise %15 YFU keçiyoynuzu ekmeğinde olduğu görülmektedir. Ancak ekmekler arasında tutunabilirlik değerlerinde istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık olmadığı görülmektedir ($p>0.05$). Ekmeklerin elastikiyet değerleri özellikleri karşılaştırıldığında, en yüksek değere (0.969 ± 0.02 mm) buğday ekmeğinin sahip olduğu ve bu değer istatistiksel açıdan diğer ekmeklerden önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0.05$). En düşük değer (0.579 ± 0.05 mm) pirinç keçiyoynuzu ekmeğinde bulunmuştur. Gluten içermeyen ekmeklerin elastikiyet değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı görülmektedir. Ekmeklerin yapışkanlık değerleri 0.734 ± 0.05 ile

0.573±0.20 aralığında ölçülmüştür. Yapışkanlık özelliği incelendiğinde, %10 YFU, %5 YFUP ve ksantan gam içeren tüm ekmekleri ile buğday ekmeğinin önemli derecede farklılık göstermemektedir ($p>0.05$). Ekmeklerin çiğnenebilirliği 390.62±158.20 ile 1183.88±374.99 N×mm değerleri arasında bulunmuştur. Çiğnenebilirlik özelliği incelendiğinde gam ilavesiz pirinç ekmeğinin önemli derecede yüksek çiğnenebilirlik değerine sahip olduğu görülmektedir. YFU, YFUP ve gam ilavesinin pirinç ekmeklerinde bu özelliği ve dolayısıyla ekmeklerin çiğnenebilmesi için gereken enerjiyi azalttığı görülmektedir.

En yüksek esneme özelliği buğday ekmeğinde görülmektedir, gluten içermeyen ekmekler önemli derecede daha az esneme özelliği göstermektedir. Farklı gamların ilavesinin esneme özelliğinde önemli bir değişime neden olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.13. Ekmeklerin Tektür Profil Analiz sonuçları sayısal değerleri

Örnek	Sertlik (Hardness) (N)	Tutunabilirlik (Adhesiveness) (N×mm)	Elastikiyet (Springeness) (mm)	Bağlılık/ yapışkanlık (Cohesiveness) (%)	Katı maddenin çignenebilirliği (Chewiness) (N×mm)	Esneleme (Resilience)	
Buğday	Buğday	1123.96±172.60 ^{ab}	-0.482±0.59 ^b	0.969±0.02 ^d	0.734±0.05 ^c	797.75±117.89 ^{de}	0.341±0.040 ^g
Kontrol	Pirinç	3135.88±111.90 ^e	-2.560±1.80 ^{ab}	0.624±0.04 ^{ab}	0.612±0.06 ^{ab}	1183.88±374.99 ^f	0.249±0.030 ^{ab}
Grubu	Pirinç Keçiboynuzu	1310.55±183.37 ^{abc}	-1.799±1.45 ^{ab}	0.579±0.05 ^{ab}	0.625±0.02 ^{ab}	474.39±77.00 ^{ab}	0.267±0.018 ^{abcde}
	Pirinç Guar	1102.92±154.40 ^a	-2.130±1.28 ^{ab}	0.590±0.03 ^{ab}	0.617±0.02 ^{ab}	400.19±51.23 ^a	0.264±0.012 ^{abcd}
%5 YFU	Pirinç Ksantan	1069.89±365.52 ^a	-3.583±2.02 ^{ab}	0.601±0.10 ^{ab}	0.641±0.03 ^{abc}	405.28±129.64 ^a	0.275±0.016 ^{bcdef}
	Pirinç	2123.48±387.05 ^d	-1.197±1.02 ^{ab}	0.658±0.06 ^{abc}	0.638±0.02 ^{abc}	880.40±114.75 ^e	0.269±0.015 ^{abcde}
	Pirinç Keçiboynuzu	1482.21±321.06 ^{abcd}	-1.912±1.08 ^{ab}	0.620±0.04 ^{ab}	0.624±0.04 ^{ab}	570.00±117.49 ^{abcd}	0.257±0.021 ^{abc}
	Pirinç Guar	1097.37±282.45 ^a	-2.937±3.05 ^{ab}	0.542±0.18 ^a	0.585±0.19 ^{ab}	390.62±158.20 ^a	0.270±0.009 ^{abcde}
%10YFU	Pirinç Ksantan	1087.61±271.23 ^a	-1.805±1.17 ^{ab}	0.622±0.05 ^{ab}	0.679±0.02 ^{bc}	455.45±104.93 ^a	0.283±0.013 ^{cdef}
	Pirinç	1770.17±550.55 ^{bcd}	-1.109±0.86 ^{ab}	0.692±0.06 ^{bc}	0.655±0.03 ^{abc}	794.69±226.88 ^{de}	0.268±0.026 ^{abcde}
	Pirinç Keçiboynuzu	1684.59±257.41 ^{abcd}	-2.230±1.28 ^{ab}	0.673±0.07 ^{bc}	0.635±0.02 ^{abc}	717.43±120.20 ^{bcde}	0.251±0.013 ^{ab}
	Pirinç Guar	1345.58±371.19 ^{abc}	-2.867±1.39 ^{ab}	0.627±0.06 ^{ab}	0.657±0.02 ^{abc}	547.92±142.50 ^{abcd}	0.257±0.010 ^{abc}
%15YFU	Pirinç Ksantan	1458.40±583.57 ^{abc}	-3.342±2.07 ^{ab}	0.659±0.04 ^{abc}	0.667±0.03 ^{abc}	629.79±227.06 ^{abcde}	0.269±0.018 ^{abcde}
	Pirinç	1966.65±395.13 ^{cd}	-1.425±1.18 ^{ab}	0.641±0.04 ^{abc}	0.611±0.04 ^{ab}	765.58±145.64 ^{cde}	0.245±0.023 ^a
	Pirinç Keçiboynuzu	1488.25±321.42 ^{abcd}	-3.808±3.85 ^a	0.700±0.08 ^{bc}	0.631±0.04 ^{ab}	644.92±96.60 ^{abcde}	0.255±0.018 ^{abc}
	Pirinç Guar	1509.30±419.49 ^{abcd}	-3.125±2.53 ^{ab}	0.585±0.21 ^{ab}	0.573±0.20 ^a	563.67±246.52 ^{abcd}	0.252±0.009 ^{ab}
%5YFUP	Pirinç Ksantan	1258.10±250.73 ^{ab}	-2.057±1.28 ^{ab}	0.656±0.04 ^{abc}	0.656±0.02 ^{abc}	537.59±92.01 ^{abc}	0.253±0.017 ^{ab}
	Pirinç	1507.83±509.20 ^{abcd}	-2.148±1.38 ^{ab}	0.762±0.10 ^c	0.667±0.02 ^{abc}	741.04±200.24 ^{cde}	0.298±0.015 ^f
	Pirinç Keçiboynuzu	1237.74±399.24 ^{ab}	-3.303±1.84 ^{ab}	0.697±0.07 ^{bc}	0.661±0.02 ^{abc}	567.80±178.31 ^{abcd}	0.292±0.014 ^{def}
	Pirinç Guar	1193.89±399.50 ^{ab}	-3.933±0.60 ^a	0.610±0.02 ^{ab}	0.651±0.02 ^{abc}	470.10±147.90 ^{ab}	0.294±0.010 ^{ef}
	Pirinç Ksantan	1192.16±335.88 ^{ab}	-3.732±1.27 ^{ab}	0.609±0.08 ^{ab}	0.635±0.01 ^{abc}	461.10±136.02 ^a	0.262±0.011 ^{abc}

*^{a-f}: Sütun içinde aynı harfle işaretli olan değerler arasında istatistik önemde fark yoktur (p>0.05). n=3

Crockett ve ekibi (2011a) gluten içermeyen pirinç-cassava ekmeklerine kaliteyi arttırmak amacıyla; HPMC varlığında, farklı oranlarda soya protein izolatu (%1, 2 ve 3) ve yumurta beyazı tozu (%5, 10 ve 15) ilavesinde bulunmuşlardır. Ekmeklere SPI ve yumurta beyazı tozu ilavesi kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında daha yumuşak oldukları gözlemlenmiştir. Yumurta beyazı tozu içeren ekmekler SPI içeren ekmeklerden daha sert bulunmuş ve bunun nedeni olarak; yumurta beyazı tozunun SPI'ya göre daha iyi jelleşme göstermesi ve ekmekte daha etkili bir yapının oluşması ile sertliğin arttığı bildirilmiştir. Crockett ve ekibinin (2011a) bulduğu bu sonuç bu çalışmanın sonuçları ile uyumaktadır. Protein kaynağı (YFU ve YFUP) ilavesi ile kontrol ekmeğine göre pirinç ekmeklerinin sertlik değerlerinde azalma olduğu görülmüştür.

Marco ve Rosell (2008a) gluten içermeyen pirinç ekmeklerinin zenginleştirilmesi amacıyla ekmek formülasyonuna soya protein izolatu, HPMC ve TG ilave etmişlerdir. Ekmeklerin TPA sonuçları incelendiğinde; tüm faktörlerin ekmek sertliğini önemli derecede etkilediği görülmüştür ($p < 0.05$). HPMC ilavesi ekmek sertliğini düşürürken, SPI ilavesi sertliği oldukça arttırmıştır. SPI ve HPMC'nin bir arada kullanılması kontrol ekmeğine göre sertliği arttırırken, SPI'nin tek başına kullanımına göre daha düşük sertlik elde edilir. HPMC'nin yumuşatıcı etkisinin, spesifik hacmi ile ilişkili olduğu, spesifik hacim arttıkça sertliğin azaldığı bildirilmiştir. Tutunabilirlik özelliği incelendiğinde; SPI ilavesinin bu özelliği arttırdığı görülmüştür. SPI ilavesi ile ekmeklerin esneme özelliğinde azalma görülürken, elastikiyet, bağlılık/yapışkanlık ve çiğnenebilirlik özelliklerinde artış görülmüştür. SPI ve HPMC'nin bir arada kullanılması ile ise; en yüksek tutunabilirlik görülmüş, esneme özelliği azalırken, elastikiyet, bağlılık/yapışkanlık ve çiğnenebilirlik kontrol ekmeğine göre daha yüksek bulunmuştur (Marco ve Rosell, 2008a). Marco ve Rosell'ın SPI ilavesinin ile ekmeklerin tekstürel özelliklerini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada YFU ve YFUP protein kaynağı olarak ilave edilmiştir ve sertlik, çiğnenebilirlik ve esneme özelliklerinin kontrol ekmeğine göre iyileştiği görülmüştür. Bu sonuçlar karşılaştırıldığında ekmeklere YFU ve YFUP ilavesinin SPI ilavesinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

4.12. Ekmeklerin Renk Analizi

Ekmeklerin dış ve iç yüzeylerinin L, a ve b değerleri ölçülmüştür (Çizelge 4.14). Ekmek içlerinin L, a ve b değerleri incelendiğinde; en düşük L ve a değeri buğday ekmeğinde, görülmektedir. YFU ve YFUP içeren ekmeklerde farklı gamların ilave edilmesi L değeri üzerinde önemli derecede bir değişime neden olmamıştır. Aynı şekilde a değerleri üzerine de YFU ve YFUP içeren ekmeklere farklı gam ilavesinin önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir. Ekmeklerin iç kısımlarının b değerleri karşılaştırıldığında; YFU ve YFUP içermeyen pirinç ekmeklerinin b değerlerinin önemli derecede ($p<0.05$) düşük olduğu görülmektedir. Bu durum YFU ve YFU'nin karakteristik renginden dolayı olduğu söylenebilir. Ekmeklere ilave edilen YFU oranının artması ile b değerinde artış olduğu gözlenmektedir. Ekmeklerin dış ve iç yüzey görünümleri EK B-F'de görülmektedir.

Çizelge 4.14. Ekmeklerin dış ve iç yüzeylerinin L, a ve b değerleri

Örnek		Dış			İç		
		L	a	b	L	a	b
Buğday	Buğday	42.59±4.230 ^{bcde}	10.18±1.97 ^{defg}	17.97±1.86 ^{bcde}	49.165±2.75 ^a	0.11±0.14 ^a	11.45±0.84 ^{bcd}
Kontrol	Pirinç	44.17±11.65 ^{cde}	9.03±3.55 ^{bcdef}	18.19±2.73 ^{cdef}	58.11±3.08 ^{cdef}	0.81±0.33 ^{ab}	8.75±1.20 ^a
Grubu	Pirinç Keçiboynuzu	48.07±4.80 ^{efg}	8.15±0.91 ^{abcd}	18.94±1.96 ^{defgh}	54.77±2.76 ^{bcd}	0.96±0.40 ^{abc}	8.73±1.51 ^a
	Pirinç Guar	52.75±5.47 ^g	6.20±2.35 ^a	18.14±2.16 ^{bcdef}	61.05±4.30 ^f	0.86±0.20 ^{abc}	8.89±1.58 ^a
	Pirinç Ksantan	45.50±2.39 ^{def}	8.93±1.44 ^{bcdef}	18.62±1.29 ^{defg}	61.42±4.22 ^f	0.85±0.13 ^{ab}	8.82±1.10 ^a
	Pirinç	47.37±4.49 ^{efg}	9.18±2.40 ^{bcdefg}	20.39±1.13 ^{ghik}	54.40±4.05 ^{bc}	1.60±0.33 ^{abcde}	11.51±0.85 ^{bcd}
%5 YFU	Pirinç Keçiboynuzu	45.15±3.32 ^{def}	9.71±2.10 ^{cdefg}	19.61±1.02 ^{efghi}	54.49±4.60 ^{bc}	1.52±0.29 ^{abcde}	11.27±1.28 ^{bc}
	Pirinç Guar	44.06±4.02 ^{cde}	8.87±2.08 ^{bcdef}	18.30±1.35 ^{cdef}	55.22±4.99 ^{bcd}	1.45±0.28 ^{abcde}	10.61±1.39 ^b
	Pirinç Ksantan	47.96±3.86 ^{efg}	6.96±0.97 ^{ab}	18.61±1.76 ^{defg}	57.81±3.54 ^{cdef}	1.57±0.26 ^{abcde}	11.22±0.99 ^{bc}
	Pirinç	39.21±2.23 ^{abc}	8.53±1.39 ^{abcde}	17.25±1.24 ^{abcd}	52.20±2.21 ^{ab}	2.52±0.57 ^{bcde}	12.65±1.02 ^{cdefgh}
%10YFU	Pirinç Keçiboynuzu	41.12±1.73 ^{bcd}	10.12±1.18 ^{defg}	18.82±0.80 ^{defgh}	55.39±3.07 ^{bcd}	2.13±0.41 ^{bcde}	13.11±1.47 ^{efgh}
	Pirinç Guar	39.22±5.39 ^{abc}	10.48±2.24 ^{defg}	16.49±2.53 ^{abc}	55.98±2.61 ^{bcd}	2.24±0.27 ^{bcde}	12.92±0.85 ^{defgh}
	Pirinç Ksantan	45.51±1.82 ^{def}	8.17±1.26 ^{abcd}	18.84±0.87 ^{defgh}	55.98±2.84 ^{bcd}	1.80±0.25 ^{abcde}	12.08±0.92 ^{bcdef}
	Pirinç	38.12±11.71 ^{ab}	11.26±1.05 ^{fgh}	17.80±0.81 ^{bcde}	52.82±1.52 ^{ab}	4.60±7.60 ^f	14.12±0.70 ^h
%15YFU	Pirinç Keçiboynuzu	37.28±2.48 ^{ab}	10.89±1.09 ^{efgh}	17.23±1.18 ^{abcd}	51.58±3.23 ^{ab}	2.62±0.21 ^{bcde}	13.46±0.97 ^{fgh}
	Pirinç Guar	34.42±2.93 ^a	11.18±1.10 ^{fgh}	16.11±1.32 ^{ab}	53.70±2.74 ^{abc}	2.66±0.34 ^{bcdef}	13.73±0.83 ^{gh}
	Pirinç Ksantan	34.39±2.96 ^a	10.00±1.33 ^{defg}	15.65±1.24 ^a	54.71±1.90 ^{bcd}	2.68±0.42 ^{bcdef}	13.74±0.99 ^{gh}
	Pirinç	47.67±4.69 ^{efg}	11.51±1.99 ^{gh}	21.63±1.01 ^k	61.55±1.39 ^f	3.19±0.63 ^{def}	13.29±1.59 ^{efgh}
%5YFUP	Pirinç Keçiboynuzu	50.92±2.53 ^{fg}	8.34±0.60 ^{abcd}	20.77±1.20 ^{hik}	59.85±1.72 ^{ef}	3.01±0.37 ^{def}	11.91±0.80 ^{bcde}
	Pirinç Guar	52.69±3.10 ^g	7.48±1.01 ^{abc}	20.10±1.50 ^{fghik}	59.24±3.57 ^{def}	2.80±0.19 ^{cdef}	11.34±0.91 ^{bc}
	Pirinç Ksantan	44.74±1.07 ^{cde}	11.57±0.81 ^{gh}	19.59±0.64 ^{efghi}	61.79±1.75 ^f	3.43±0.36 ^{ef}	13.14±0.90 ^{cdefg}

*a-k: Sütun içinde aynı harfle işaretli olan değerler arasında istatistik önemde fark yoktur (p>0.05). n=3.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Fındık protein preparatı elde edilmesinde pH 10.0 değeri yüksek çözünür protein miktarına sahip olmasının yanında, yüksek verimliliği olmasından dolayı protein elde edilmesinde kullanılmıştır.
- Yüksek protein miktarına sahip (%90.73±2.07) fındık protein izolatları elde edilmiştir.
- YFU'nun su ve yağ tutma kapasitesi YFUP'den daha yüksek bulunmuştur. YFUP'nin köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi ile emülsiyon aktivitesi YFU'dan yüksek bulunmuştur.
- Tüm bu sonuçlar YFU ve YFUP ile karşılaştırıldığında; yağsız fındık ununun su tutma kapasitesinin yerfıstığı ve yağsız kaju unundan daha yüksek ancak diğer unlara göre daha düşük olduğu, yağsız fındık unu protein izolatının ise diğer kabuklu yemiş protein konsantrat ve izolatlarından daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu görülmektedir.
- YFU ve YFUP'nin reolojik özellikleri incelendiğinde; kayma hızı ile azalan özellik göstermişlerdir. Konsantrasyonun artması ile görünür viskozite değerlerinde artış olmuştur. Frekans tarama sonuçlarına göre her frekans değerinde elastik modül viskoz modülden yüksek bulunmuştur.
- Ekmek hamurlarının akış grafikleri üssel yasa ile modellenmiştir (R^2 ; 0.9183-0.9952). Gluten içermeyen ekmek hamurlarının akış davranış indeksi (n) değerleri 0.1758-0.5010 aralığında bulunmuştur ve hamurların pseudoplastik özellik gösterdiği bildirilmiştir. Hamurların frekans tarama analiz sonuçları incelendiğinde elastik modül değerlerinin viskoz modül değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür.
- Ekmeklerin spesifik hacimleri 2.20-3.24 cm³/g aralığında bulunmuştur. Buğday ekmeği en yüksek hacme sahipken, pirinç ekmekleri arasında en yüksek hacme %5 YFUP ekmeğinin sahip olduğu görülmüştür. En düşük spesifik hacim ise %10 YFU ekmeğinde gözlemlenmiştir.
- TPA sonuçları değerlendirildiğinde; en sert ekmek pirinç ekmeğinde görülürken; en düşük sertlik değeri ksantan gam içeren pirinç ekmeğinde görülmüştür.

Gluten içermeyen pirinç ekmeğine YFU, YFUP ve gam ilavesinin ekmeklerin sertlik değerlerini azalttığı görülmektedir. Ekmeklerin tutunabilirlik özellikleri incelendiğinde ekmekler arasında istatistiksel açıdan farklılık görülmezken, elastikiyet özelliği bakımından önemli derecede farklılık olduğu görülmüştür. Farklı gamların ilavesinin ekmeklerin esneme özelliği üzerine etkisinin olmadığı görülmüştür. YFU, YFUP ve gam ilavesinin ekmeklerin çignenebilirlik özelliğini iyileştirdiği gözlemlenmiştir.

- Ekmek içlerinin L, a ve b değerleri incelendiğinde; en düşük L ve a değeri buğday ekmeğinde, ölçülmüştür. YFU ve YFUP içeren ekmeklerde farklı gamların ilave edilmesi L değeri üzerinde önemli derecede bir değişime neden olmadığı görülmüştür.

Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde; YFU ve YFUP'nin pirinç ekmeklerinde gamların ilavesi ile veya tek başına kullanılabileceği, uygun gam ve oranın seçilmesi ile gluten içermeyen tahıl ürünü olan pirinç ekmeklerinin kalitesinin arttırılabileceği belirlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Alasalvar, C., Pelvan, E., Amarowicz, R., 2010a. Effects of roasting on taste-active compounds of Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58, 8674-8679.
- Alasalvar, C., Pelvan, E., Topal, B., 2010b. Effects of roasting on oil and fatty acid composition of Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 61, 630-642.
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, C., Ohshima, T., 2003. Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 3790-3796.
- Alvarez-Jubete, L., Arendt, E.K., Gallagher, E., 2010a. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science & Technology* 21, 106-113.
- Alvarez-Jubete, L., Auty, M., Arendt, E.K., Gallagher, E., 2010b. Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *European Food Research and Technology* 230, 437-445.
- Andersson, H., Ohgren, C., Johansson, D., Kniola, M., Stading, M., 2011. Extensional flow, viscoelasticity and baking performance of gluten-free zein-starch doughs supplemented with hydrocolloids. *Food Hydrocolloids* 25, 1587-1595.
- Anıl, M., 2007. Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *Journal of Food Engineering* 80, 61-67.
- Anton, A.A., Artfield, S.D., 2008. Hydrocolloids in gluten-free breads A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 59(1), 11-23.
- Arendt, E.K., Moore M.M., 2006. Gluten-free cereal based products. *Bakery products: Science and Technology*. (Editör: Hui, Y.H.), s:471-493, Blackwell publishing, Iowa.

- Arendth, E.K., Morrissey, A., Michelle, M. Moore, M.M., Bello, F.D., 2008. Gluten-free breads. *Gluten-free cereal products and beverages*. (Editör: Arendt, E.K., Bello, F.D.), s: 289-321, Elsevier Inc., London.
- Arendt, E.K., Ryan L.A.M., Bello F.D., 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology* 24, 165-174.
- Aydoğdu, S., Tümgör, G., 2005. Çölyak Hastalığı. *Güncel Pediatri* 2, 47-53.
- Balık, G., 2011. OMEGA-3 Yağ asidi nanopartiküllerinin ekmek formülasyonlarında kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 78 s.
- Bao, J. ve Corke H., 2004. Rice. *Encyclopedia of Grain Science*. (Editör: Wrigley, C., Corke, H., Walker, C.E.), s: 48-61, CRC, Avustralya.
- Belton, P.S., 2003. 13.The molecular basis of dough rheology. Woodhead Publishing Limited, CRC Press. New York.
- Bilgiçli, N., 2009. Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana. *LWT - Food Science and Technology* 42, 514-518.
- Bora, P.S., Neto, V.Q., 2004. Functionality of native and denatured cashew nut kernel protein isolates at isoelectric pH as a function of salt concentration. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84, 2022-2027.
- Bower, S.L., Sharrett, M.K., Plogsted, S., 2007. Celiac Disease A Guide to Living with Gluten Intolerance. Demos Medical Publishing, LLC, 160 s, New York.
- Caponio, F., Summo, C., Clodoveo, M.L., Pasqualone, A., 2007. Evaluation of the nutritional quality of the lipid fraction of gluten-free biscuits. *European Food Research and Technology* 227, 135-139.
- Ceppi, E.L.M., Brenna, O.V., 2010. Experimental Studies To Obtain Rice Malt. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58, 7701-7707.

- Crockett, R., Ie, P., Vodovotz, Y., 2011a. Effects of soy protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of gluten-free bread. *Food Chemistry* 129, 84-91.
- Crockett, R., Ie, P., Vodovotz, Y., 2011b. How Do Xanthan and Hydroxypropyl Methylcellulose Individually Affect the Physicochemical Properties in a Model Gluten-Free Dough? *Journal of Food Science* 76, E274-E282.
- Day, L., Augustin, M.A., Batey, I.L., Wrigley, C.W., 2006. Wheat-gluten uses and industry needs. *Trends in Food Science & Technology* 17, 82-90.
- Demirkesen, İ., Mert, B., Sumnu, G., Sahin, S., 2010a. Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering* 101, 329-336.
- Demirkesen, İ., Mert, B., Sumnu, G., Sahin, S., 2010b. Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering* 96, 295-303.
- Dervisoglu, M., 2006. Influence of hazelnut flour and skin addition on the physical, chemical and sensory properties of vanilla ice cream. *International Journal of Food Science and Technology* 41, 657-661.
- Erçoşkun, T.D., 2009. Bazı İşlenmiş Fındık Ürünlerinin Raf Ömrü Üzerine Araştırmalar. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Fiskobirlik, Fındık Tarım Satış Kooperatifleri Birliği. Fındık. <http://www.fiskobirlik.org.tr/>. (30.06.2012)
- FTG, Fındık Tanıtım Grubu. Fındık; Türkiye. http://www.ftg.org.tr/tur_ana.htm. (30.06.2012).
- Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K., 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology* 15, 143-152.
- Gambus, H., Sikora, M., Ziobro, R., 2007. The Effect Of Composition Of Hydrocolloids. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Aliment* 6, 61-74.

- Gomez, M., Oliete, B., Caballero, P.A., Ronda, F., Blanco, C.A., 2008. Effect of Nut Paste Enrichment on Wheat Dough Rheology and Bread Volume. *Food Science and Technology International* 14, 57-65.
- Gumus, M., 2008. Evaluation of hazelnut kernel oil of Turkish origin as alternative fuel in diesel engines. *Renew Energy* 33, 2448-2457.
- Haykiri-Acma, H., Yaman, S., 2010. Production of Smokeless Bio-briquettes from Hazelnut Shell. *Int Assoc Engineers-Iaeng, Hong Kong*.
- Howdle, D.P., 2011. Celiac Disease. *Nutritional Management of Digestive Disorders*. (Editör: Banerjee, B.), s: 91-113, CRC Press Taylor & Francis Group, New York.
- Hu, X.-Z., Cheng, Y.-Q., Fan, J.-F., Lu, Z.-H., Yamaki, K., Li, L.-T., 2009. Effects of Drying Method on Physicochemical and Functional Properties of Soy Protein Isolates. *Journal of Food Processing and Preservation* 34, 520-540.
- Ilikkan, H., Ercoskun, H., Vural, H., Sahin, E., 2009. The Effect of Addition of Hazelnut Oil on Some Quality Characteristics of Turkish Fermented Sausage (Sucuk). *Journal of Muscle Foods* 20, 117-127.
- Kahyaoğlu, T., 2002. Rheological Properties of Reduced-Fat Gaziantep Cheese. *Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep*, 76 s.
- Köksal, A.İ., Artik, N., Şimşek, A., Güneş, N., 2006. Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry* 99, 509-515.
- Lee, E.A, 2004. Maize. *Encyclopedia of Grain Science*. (Editör: Wrigley, C., Corke, H., Walker, C.E.). S: 191-253, CRC, Avustralya
- Makri, E., Papalamprou, E., Doxastakis, G., 2005. Study of functional properties of seed storage proteins from indigenous European legume crops (lupin, pea, broad bean) in admixture with polysaccharides. *Food Hydrocolloids* 19, 583-594.

- Marco, C., Rosell, C.M., 2008a. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *European Food Research and Technology* 227, 1205-1213.
- Marco, C., Rosell, C.M., 2008b. Effect of different protein isolates and transglutaminase on rice flour properties. *Journal of Food Engineering* 84, 132-139.
- Marco, C., Rosell, C.M., 2008c. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours. *Journal of Food Engineering* 88, 94-103.
- Mariod, A.A., Fathy, S.F., Ismail, M., 2010. Preparation and characterisation of protein concentrates from defatted kenaf seed. *Food Chemistry* 123, 747-752.
- Mastromatteo, M., Chillo, S., Iannetti, M., Civica, V., Del Nobile, M.A., 2011. Formulation optimisation of gluten-free functional spaghetti based on quinoa, maize and soy flours. *International Journal of Food Science and Technology* 46, 1201-1208.
- Milde, L.B., Ramallo, L.A., Puppo, M.C., 2012. Gluten-free bread based on tapioca starch: texture and sensory studies. *Food and Bioprocess Technology* 5, (3): , 888-896 .
- Mochizuki, Y., 2001. Texture Profile Analysis. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. (Editör: Wrolstad, R.E.), Unit H2.3., John Wiley & Sons, Inc., California.
- Mohamed, A., Hojilla-Evangelista, M.P., Peterson, S.C., Biresaw, G., 2007. Barley Protein Isolate: Thermal, Functional, Rheological, and Surface Properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 84, 281-288.
- Mourea, A., Domingueza, H., Zuniga, M.E., Sotob, C., Chamy, R., 2002. Characterisation of protein concentrates from pressed cakes of Guevina avellana. *Food Chemistry* 78, 179-186.
- Niewinski, M.M., 2008. Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. *Journal of the American Dietetic Association* 108, 661-672.

- Nunes, M.H.B., Moore, M.M., Ryan, L.A.M., Arendt, E.K., 2009. Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters. *European Food Research and Technology* 228, 633-642.
- Odoemelam, S.A., 2003. Chemical composition and functional properties of conophor nut (*Tetracarpidium conophorum*) flour.
- Ogunwolu, S.O., Henshaw, F.O., Mock, H.-P., Santos, A., Awonorin, S.O., 2009. Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut. *Food Chemistry* 115, 852-858.
- Oliete, B., Gomez, M., Pando, V., Fernandez-Fernandez, E., Caballero, P.A., Ronda, F., 2008. Effect of Nut Paste Enrichment on Physical Characteristics and Consumer Acceptability of Bread. *Food Science and Technology International* 14, 259-269.
- Onyango, C., Mutungi, C., Unbehend, G., Lindhauer, M.G., 2009. Creep-recovery parameters of gluten-free batter and crumb properties of bread prepared from pregelatinised cassava starch, sorghum and selected proteins. *International Journal of Food Science and Technology* 44, 2493-2499.
- Özdemir, F., Topuz, A., Doğan, Ü., Karkacier, M., 1998. Fındık Çeşitlerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *Gıda* 23, 37-41.
- Özdemir, F., Akinci, I., 2004. Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. *Journal of Food Engineering* 63, 341-347.
- Öztürk, M., Besler, T., 2008. Besin alerjileri. *Klasmat Matbaacılık*, Ankara, 24 s.
- Palmer, R.G. ve Hymowitz, T., 2004. Soybean. *Encyclopedia of Grain Science*. (Editör: Wrigley, C., Corke, H., Walker, C.E.), s: 136-145, CRC, Avustralya.
- Pelvan, E., Alasalvar, C., Uzman, S., 2012. Effects of roasting on the antioxidant status and phenolic profiles of commercial Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60, 1218-1223.

- Rascon, M.P., Beristain, C.I., García, H.S., Salgado, M.A., 2011. Carotenoid retention and storage stability of spray-dried encapsulated paprika oleoresin using gum Arabic and Soy protein isolate as wall materials. *LWT - Food Science and Technology* 44, 549-557.
- Ribotta, P.D., Ausar, S.F., Morcillo, M.H., Perez, G.T., Beltramo, D.M., Leon, A.E., 2004. Production of gluten-free bread using soybean flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84, 1969-1974.
- Ronda, F., Oliete, B., Gomez, M., Caballero, P.A., Pando, V., 2011. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *Journal of Food Engineering* 102, 272-277.
- Rosell, C.M., Marco, C., 2008. Rice. *Gluten-free cereal products and beverages*. (Editör: Arendt, E.K., Bello, F.D.), s: 81-101, Elsevier Inc., London.
- Sabanis, D., Lebesi, D., Tzia, C., 2009b. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT-Food Science and Technology* 42, 1380-1389.
- Sabanis, D., Tzia, C., 2011a. Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. *Food Science and Technology International* 17, 279-291.
- Sabanis, D., Tzia, C., 2011b. Selected Structural Characteristics of HPMC-Containing Gluten Free Bread: A Response Surface Methodology Study for Optimizing Quality. *International Journal of Food Properties* 14, 417-431.
- Saetae, D., Kleekayai, T., Jayasena, V., Suntornsuk, W., 2011. Functional properties of protein isolate obtained from physic nut (*Jatropha curcas* L.) seed cake. *Food Science and Biotechnology* 20, 29-37.
- Sai Manohar, R., Urmila Devi, G.R., Bhattacharya, S., Venkateswara Rao, G., 2011. Wheat porridge with soy protein isolate and skimmed milk powder: Rheological, pasting and sensory characteristics. *Journal of Food Engineering* 103, 1-8.
- Saldamlı, İ., 2007. *Gıda Kimyası*. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, s: 223-284, Ankara.

- Sanchez, H.D., Osella, C.A., de la Torre, M.A., 2002. Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour, and cassava starch. *Journal of Food Science* 67, 416-419.
- Sathe, S.K., Venkatachalam, M., Sharma, G.M., Kshirsagar, H.H., Teuber, S.S., Roux, K.H., 2009. Solubilization and Electrophoretic Characterization of Select Edible Nut Seed Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 7846-7856.
- Saturni, L., Ferretti, G., Bacchetti, T., 2010. The Gluten-Free Diet: Safety and Nutritional Quality. *Nutrients* 2, 16-34.
- Schober T.J., Bean S.R., 2008. Sorghum and Mazie. *Gluten-free cereal products and beverages*. (Editör: Arendt, E.K., Bello, F.D.), s: 101-113, Elsevier Inc., London.
- Schober, T.J., Bean, S.R., Boyle, D.L., Park, S.H., 2008. Improved viscoelastic zein-starch doughs for leavened gluten-free breads: Their rheology and microstructure. *Journal of Cereal Science* 48, 755-767.
- Schramm, G., 2004. A Practical approach to Rheology and Rheometry. Thermo Electron GmbH, Karlsruhe, Almanya.
- Sciarini, L.S., Ribotta, P.D., Leon, A.E., Perez, G.T., 2010. Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. *International Journal of Food Science and Technology* 45, 2306-2312.
- Sedej, I., Sakac, M., Mandic, A., Misan, A., Pestoric, M., Simurina, O., Canadanovic-Brunet, J., 2011. Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour. *LWT-Food Science and Technology* 44, 694-699.
- Sharma, G.M., Su, M., Joshi, A.U., Roux, K.H., Sathe, S.K., 2010. Functional Properties of Select Edible Oilseed Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58, 5457-5464.
- Sozer, N., 2009. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. *Food Hydrocolloids* 23, 849-855.

- Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., İbanoğlu, Œ., 2010. The advantage of using extrusion processing for increasing dietary fibre level in gluten-free products. *Food Chemistry* 121, 156-164.
- Sze-Tao, K.W.C., Sathe, S.K., 2000. Functional properties and in vitro digestibility of almond. *Food Chemistry* 69, 153-160.
- Taylor S. 2006. The nature of food allergy. *Detecting allergens in Food*. (Editör: Koppelman, S.J., Hefle, S.L.) s:3-20, Woodhead Publishing Limited, New York.
- Turhan, S., Sagir, I., Ustun, N.S., 2005. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. *Meat Sci* 71, 312-316.
- van Remsdijk, L.E., van der Gout, A.J., 2011. Colloidal Protein Particles Can Be Used to Develop a Gluten-free Bread. *Cereal Foods World* 56, 201-204.
- van Riemsdijk, L.E., van der Goot, A.J., Hamer, R.J., 2011. The use of whey protein particles in gluten-free bread production, the effect of particle stability. *Food Hydrocolloids* 25, 1744-1750.
- Venkatachalam, M., Sathe, S.K., 2006. Chemical Composition of Selected Edible Nut Seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54.
- Wieser, H., Koehler, P., 2008. The Biochemical Basis of Celiac Disease. *Cereal Chemistry* 85, 1-13.
- Yalcin, H., 2011. Antioxidative effects of some phenolic compounds and carotenoids on refined hazelnut oil. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 6, 353-358.
- Yano, H., 2010. Improvements in the Bread-Making Quality of Gluten-Free Rice Batter by Glutathione. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58, 7949-7954.
- Yin, S.-W., Tang, C.-H., Wen, Q.-B., Yang, X.-Q., 2009. Functional and conformational properties of phaseolin (*Phaseolus vulgris* L.) and kidney bean

protein isolate: A comparative study. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90, 599-607.

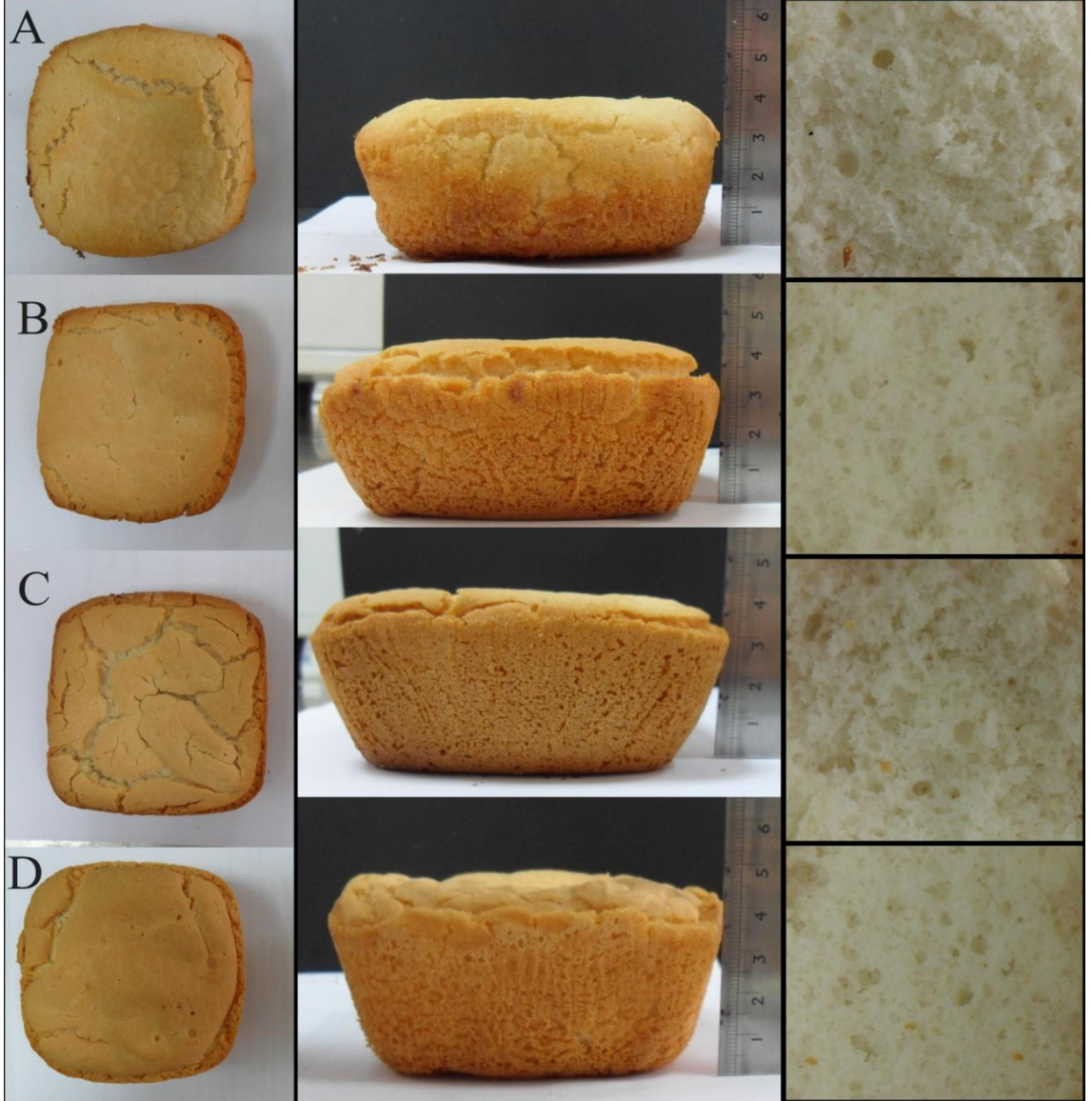
Yu, J., Ahmedna, M., Goktepe, I., 2007. Peanut protein concentrate: Production and functional properties as affected by processing. *Food Chemistry* 103, 121-129.

EKLER

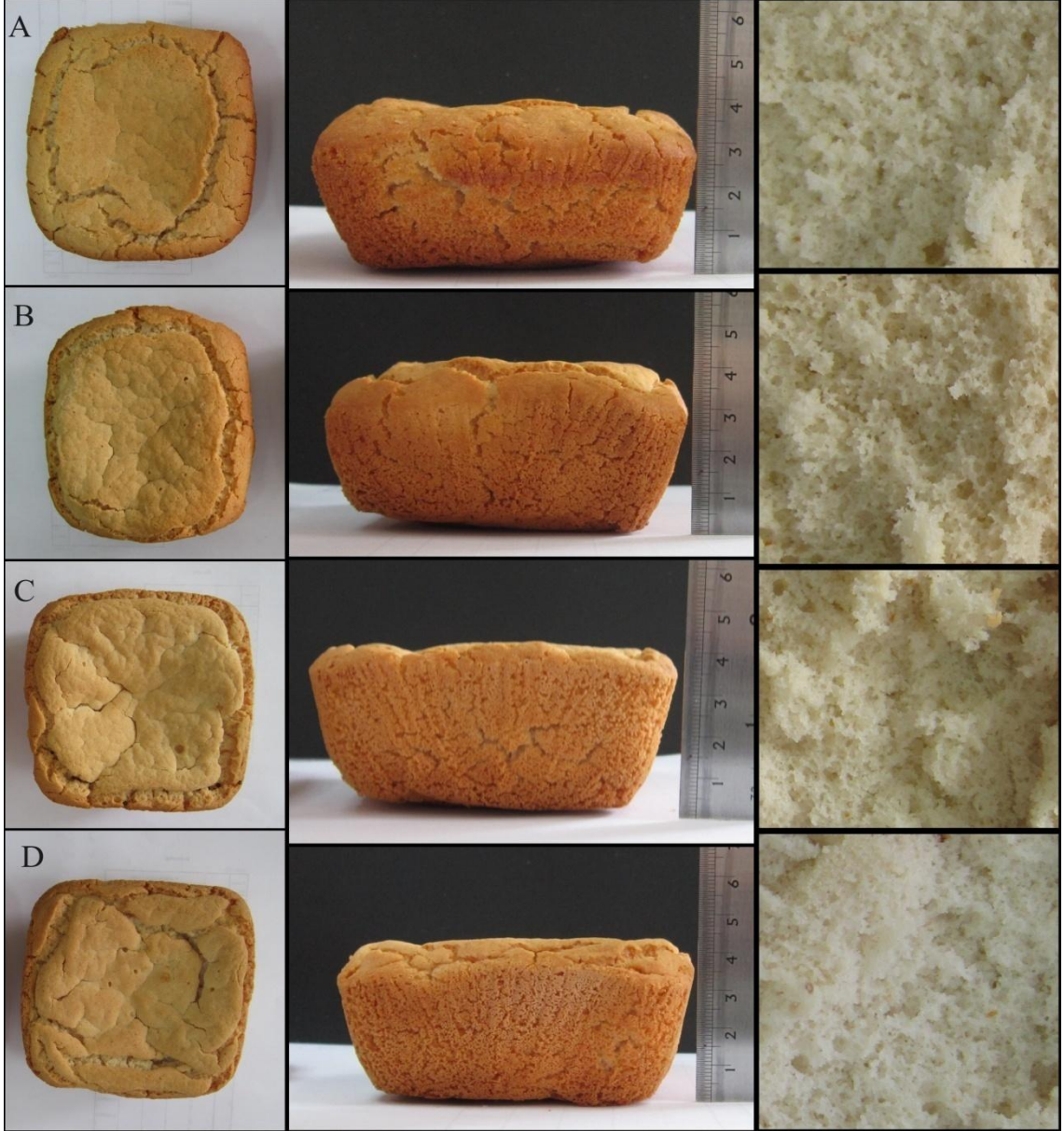
EK A. Fındık (Solda), Yağsız Fındık Unu (Ortada) ve Yağsız Fındık Unu Proteini (Sağda) görünimleri



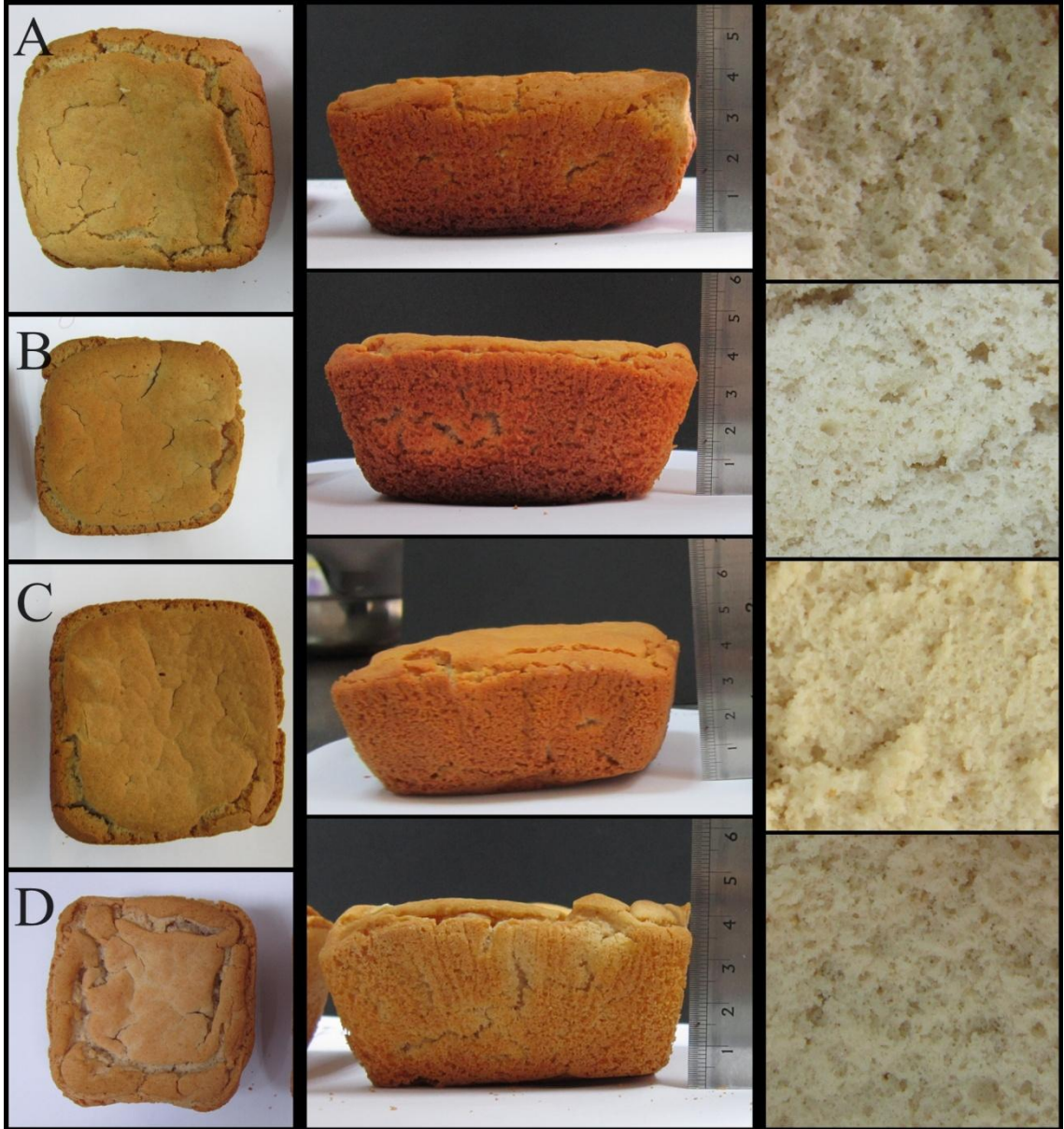
EK B. Pirinç ekmeklerinin kabuk ve iç görünümleri; A satırı: gam ilavesiz, B satırı: Keçiboynuzu gamı ilaveli, C satırı: Guar gam ilaveli, D satırı: Ksantan gam ilaveli.



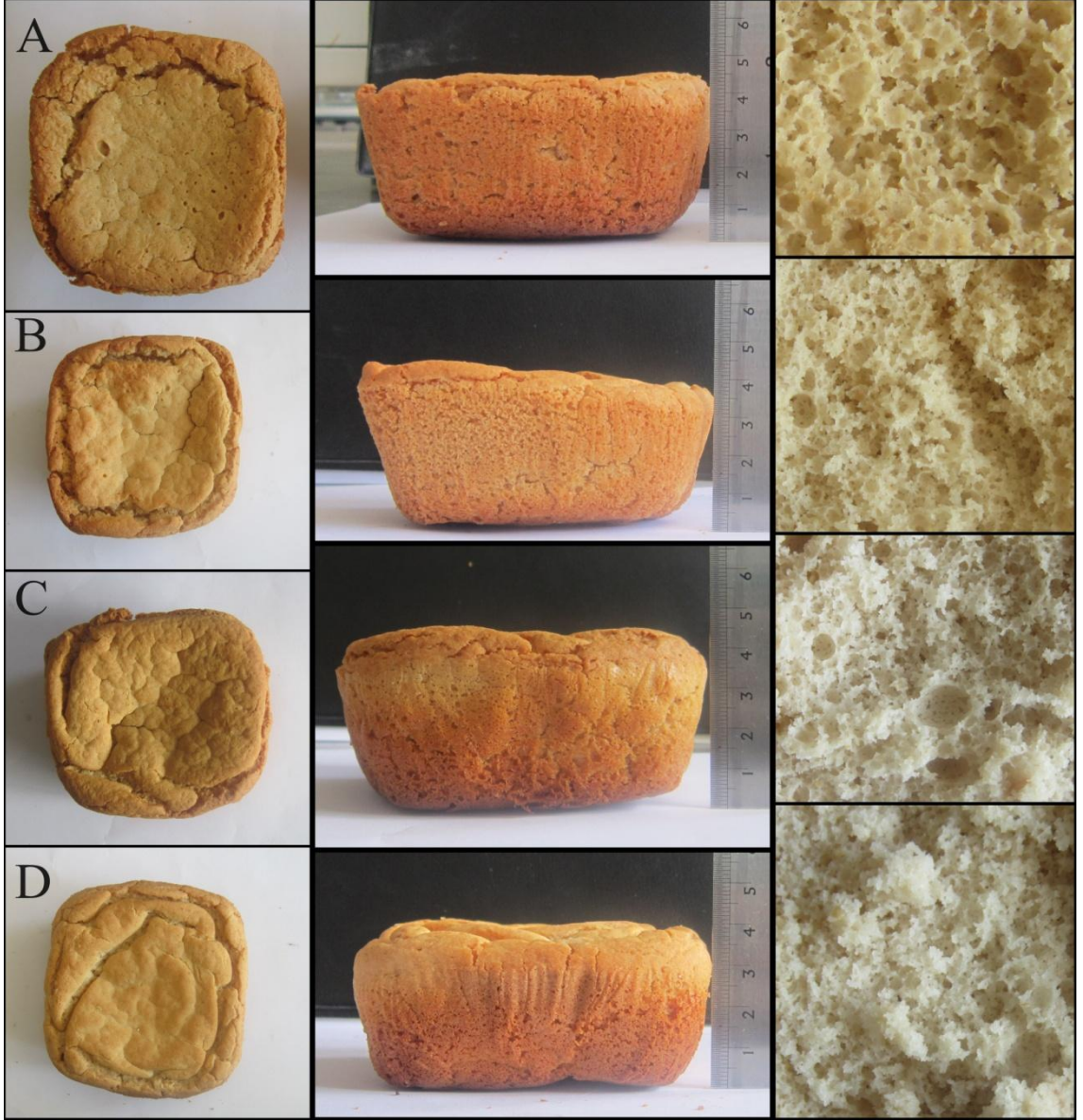
EK C. %5 YFU içeren pirinç ekmeklerinin kabuk ve iç görünüşleri; A satırı: gam ilavesiz, B satırı: Keçiboynuzu gamı ilaveli, C satırı: Guar gam ilaveli, D satırı: Ksantan gam ilaveli.



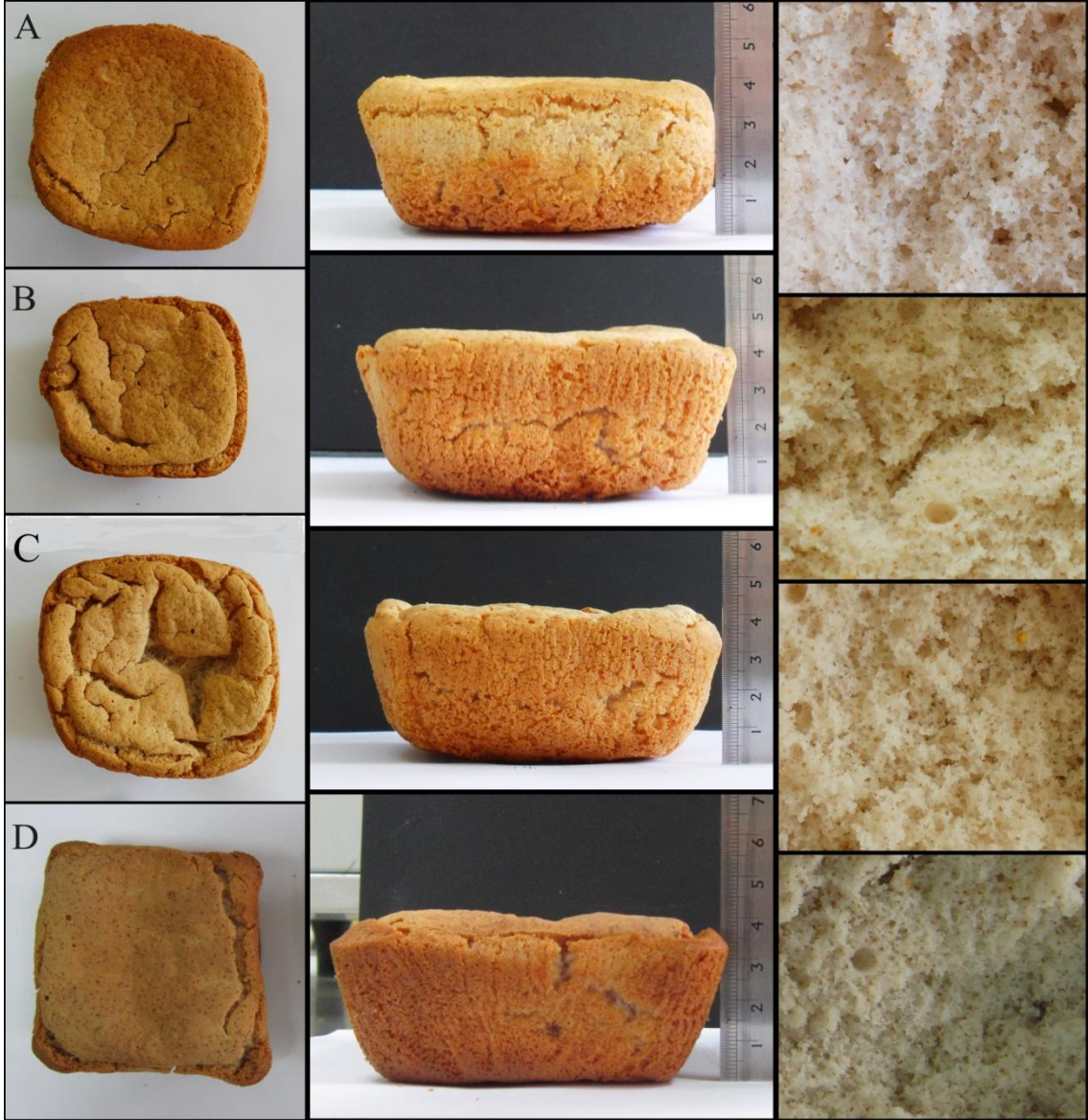
EK D. %10 YFU içeren pirinç ekmeklerinin kabuk ve iç görünüşleri; A satırı: gam ilavesiz, B satırı: Keçiboynuzu gamı ilaveli, C satırı: Guar gam ilaveli, D satırı: Ksantan gam ilaveli.



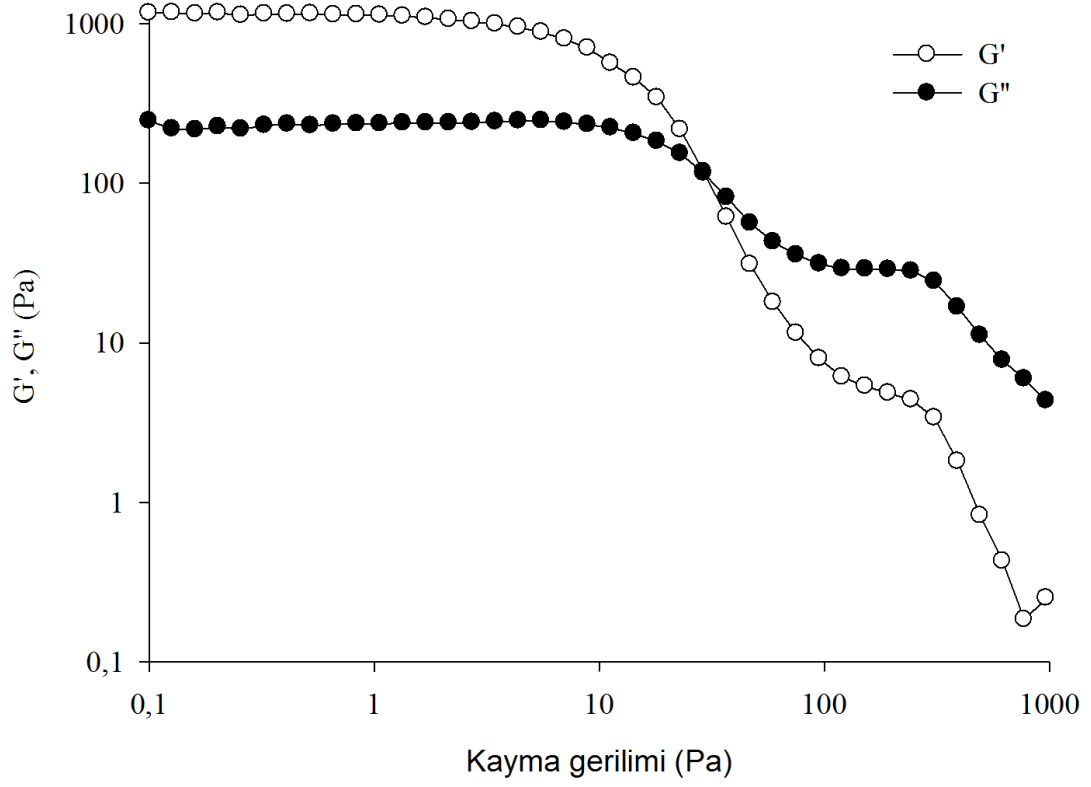
EK E. %15 YFU içeren pirinç ekmeklerinin kabuk ve iç görünüşleri; A satırı: gam ilavesiz, B satırı: Keçiboynuzu gamı ilaveli, C satırı: Guar gam ilaveli, D satırı: Ksantan gam ilaveli.



EK F. %5 YFUP içeren pirinç ekmeklerinin kabuk ve iç görünümleri; A satırı: gam ilavesiz, B satırı: Keçiboynuzu gamı ilaveli, C satırı: Guar gam ilaveli, D satırı: Ksantan gam ilaveli.



EK G. %5 YFU içeren gam ilavesiz pirinç ekmeek hamurunun kayma gerilim grafiği



ÖZGEÇMİŞ

Merve Tuğçe TUNÇ

mervetugcetunc@gmail.com

1989 yılında İzmir’de doğmuştur. Lise öğrenimini 2006 senesinde Karamürsel Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 2006 yılında Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünü kazanmış ve 2010 yılında bölümden mezun olmuştur. Aynı yıl Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamıştır.