



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GLUTENİN FRAKSİYONUNUN ELEKTROFORETİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE UN RANDIMANI VE
YOĞURMA SICAKLIĞININ ETKİSİ

Sinem ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2007



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GLUTENİN FRAKSİYONUNUN ELEKTROFORETİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE UN RANDIMANI VE
YOĞURMA SICAKLIĞININ ETKİSİ

Sinem ÖZDEMİR

Doç. Dr. Duygu GÖÇMEN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GLUTENİN FRAKSİYONUNUN ELEKTROFORETİK
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE UN RANDIMANI VE
YOĞURMA SICAKLIĞININ ETKİSİ

Sinem ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez/...../2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Duygu GÖÇMEN
Danışman

.....

.....

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, un randımanı, yoğurma sıcaklığı ve yoğurma süresinin glutenin fraksiyonu üzerine etkilerini belirlemektir. Denemelerde, un randımanının etkisinin belirlenmesi için Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 olmak üzere üç farklı tipte un kullanılmıştır. Un ve su ile hazırlanan hamur örnekleri, 15°C, 20°C ve 25°C yoğurma sonu sıcaklığı elde edilecek şekilde 3 farklı sürede (*en az:* unun stabilite süresinin üçte biri, *ortalama:* unun stabilite süresinin üçte ikisi ve *en fazla:* unun stabilite süresi) yoğurulmuştur. Dondurarak kurutucuda liyofilize edilen hamur örnekleri SDS-PAGE (Sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi) yöntemi ile incelenmiştir.

Sonuçlar, glutenin proteinlerinin bant yoğunluklarının un randımanı farklılığından etkilendiğini göstermiştir. YMAGA (yüksek molekül ağırlıklı glutenin alt birimleri) bölgesinde 101, 94 ve 75 kDa civarındaki bantlarda en yüksek yoğunluk, yüksek randımanlı (Tip 850) undan hazırlanan örnekte elde edilirken, DMAGA (düşük moleküler ağırlıklı glutenin alt birimleri) bölgesinde ise 40 ve 37 kDa civarındaki bantlarda en yüksek yoğunluk en düşük randımanlı (Tip 550) una ait örneklerde tespit edilmiştir. Yoğurma sıcaklık ve süresi de hamur örneklerinin bant yoğunluklarında farklılıklara neden olmuştur. Tip 550 ve Tip 650 unlardan hazırlanmış hamur örneklerinde, yoğurma sıcaklığı 25°C'den 15°C'ye düştükçe bant yoğunlukları artarken, Tip 850 unda durum tam tersi olmuştur. Çalışmada genel olarak yoğurma sürelerinin en azdan ortalamaya doğru uzatılması ile bant yoğunlukları yükselirken en fazla süre yoğrulanlarda ise bant yoğunluklarında azalma gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Glutenin, hamur yoğurma, un randımanı, SDS-PAGE

ABSTRACT**EFFECT OF FLOUR YIELD AND KNEADING TEMPERATURE ON ELECTROPHORETIC PATTERNS OF GLUTENIN FRACTION**

The aim of this research was to determine the effects of flour yield, kneading temperature and kneading time on glutenin fraction. In order to determine the effect of flour type, three type of flours, Type 550, Type 650 and Type 850 were used in research. Dough samples consisting of flour and water were kneaded at three different time (minimum: one third of flour stability time, optimum: two third of flour stability time, maximum: flour stability time) with temperatures of 15°C, 20°C and 25°C. Lyophilized samples were analysed by SDS-PAGE(Sodium Dodecyl Sulphate Polyacrylamide Gel Electrophoresis).

The results showed that band intensities of glutenin proteins were effected by flour yield differences. While the most intense bands were obtained from the samples prepared from high yield flour (Type 850) around the bands 101, 94 and 75 kDa at HMWGS (high molecular weight glutenin subunits) region, the most intense bands around 40 and 37 kDa at LMWGS (low molecular weight glutenin subunits) region were obtained from the samples prepared from low yield flour (Type 550). Kneading time and temperature caused differences in band intensities as well. As the band intensities falled down while temperature decreased from 25°C to 15°C for the dough samples prepared from Type 550 and Type 650 flours, the condition was reverse for the samples prepared from Type 850 flour. In the research, while band intensities increased by increasing kneading times from minimum to optimum, a decrease in intensities was observed upon increasing kneading time from optimum to maximum.

Key Words: Glutenin, dough kneading, flour yield, SDS-PAGE,

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAY SAYFASI.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
SİMGELER DİZİNİ.....	VII
KISALTMALAR DİZİNİ.....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
GİRİŞ	1
1. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2. MATARYEL ve YÖNTEM	17
2.1. Materyal	17
2.2. Yöntemler.....	17
2.2.1. Kimyasal Yöntemler.....	17
2.2.1.1. Nem Tayini	17
2.2.1.2. Ham Kül Tayini.....	17
2.2.1.3. Ham Protein Tayini	17
2.2.2. Teknolojik Özelliklerin Belirlenmesi.....	18
2.2.2.1. Yaş Gluten Tayini.....	18
2.2.2.2. Kuru Gluten Tayini.....	18
2.2.2.3. Gluten İndeks Değerinin Tayini.....	18
2.2.2.4. Zeleny Sedimentasyon Testi.....	18
2.2.2.5. Modifiye Sedimentasyon Testi.....	18
2.2.2.6. Düşme Sayısı(Falling Number) Tayini.....	19
2.2.2.7. Farinograf Özelliklerinin Belirlenmesi.....	19
2.2.2.8. Ekstensograf Özelliklerinin Belirlenmesi.....	19
2.2.2.9. Hamur Hazırlama.....	19
2.2.2.10. Gluten Ekstraksiyonu.....	21
2.2.2.11. Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Elektroforezi(SDS-PAGE).....	21
3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	23
3.1. Un Örneklerinin Kimyasal Özellikleri.....	23
3.1.1. Nem Miktarı.....	23
3.1.2. Ham Kül Miktarı.....	24
3.1.3. Ham Protein Miktarı.....	24
3.2. Un Örneklerini Teknolojik Özellikleri.....	25
3.2.1. Yaş Öz (Gluten) Miktarı.....	25
3.2.2. Gluten İndeks Değeri.....	26
3.2.3. Zeleny ve Modifiye Sedimentasyon Testi.....	26

	<u>Sayfa</u>
3.2.4. Düşme Sayısı(Falling Number).....	27
3.2.5. Unların Ekstensograf Özellikleri.....	28
3.2.6. Unların Farinograf Özellikleri.....	29
3.2.7. Gluten Proteinlerinin Elektroforetik Özellikleri.....	33
3.2.7.1. Un Randımanının Etkisi.....	33
3.2.7.2. Yoğurma Sıcaklığının Etkisi	34
3.2.7.3. Yoğurma Süresinin Etkisi.....	38
SONUÇ.....	46
KAYNAKLAR.....	49
TEŞEKKÜR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	55

SİMGELER DİZİNİ

A	: Enerji değeri.
E	: Hamurun uzama kabiliyeti (uzayabilirlik).
R _m	: Hamurun uzamaya karşı gösterdiği en yüksek direnç
R ₅	: Hamurun sabit deformasyondaki direnci
R ₅ / E	: Oran sayısı

KISALTMALAR DİZİNİ

BU	- Brabender Ünitesi
cm	- Santimetre
dk	- Dakika
DMAGA	- Düşük moleküler ağırlıklı glutenin alt birimleri
G	- Gelişme Süresi
kDa	- Kilo Dalton
mL	- Mililitre
mm	- Milimetre
s	- Saniye
S	- Stabilite
SA	- Su absorpsiyonu
SDS	- Sodyum Dodesil Sülfat
SDS-PAGE	- Sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforezi
Y	- Yumuşama değeri
YMAGA	- Yüksek moleküler ağırlıklı glutenin alt birimleri

ÇİZELGELER DİZİNİSayfa

Çizelge 2.1.	Tip 550 una ait hamur yoğurma süre ve sıcaklıkları.....	20
Çizelge 2.2.	Tip 650 una ait hamur yoğurma süre ve sıcaklıkları.....	20
Çizelge 2.3.	Tip 850 una ait hamur yoğurma süre ve sıcaklıkları.....	20
Çizelge 3.1.	Un örneklerinin kimyasal ve teknolojik analiz sonuçları.....	23
Çizelge 3.2.	Un örneklerinin ekstensograf değerleri.....	29
Çizelge 3.3.	Un örneklerinin farinograf değerleri.....	30
Çizelge 3.4.	Yoğurma süre ve sıcaklıklarının farinograf özelliklerine etkisi(Tip 550).....	31
Çizelge 3.5.	Yoğurma süre ve sıcaklıklarının farinograf özelliklerine etkisi(Tip 650).....	32
Çizelge 3.6.	Yoğurma süre ve sıcaklıklarının farinograf özelliklerine etkisi(Tip 850).....	32

ŞEKİLLER DİZİNİSayfa

Şekil 3.1.	Gluten proteinlerinin SDS-PAGE desenleri üzerine un tipinin etkisi.	33
Şekil 3.2.	Farklı tip unlardan 25°C’de optimum süre yoğrularak hazırlanan hamurların protein bant yoğunlukları	34
Şekil 3.3.	Glutenin fraksiyonunun SDS-PAGE desenleri üzerine yoğurma sıcaklığının etkisi	35
Şekil 3.4.	Tip 550 undan optimum süre yoğrularak hazırlanan hamurların protein bant yoğunlukları üzerine yoğurma sonu sıcaklıklarının etkisi	36
Şekil 3.5.	Tip 650 undan optimum süre yoğrularak hazırlanan hamurların protein bant yoğunlukları üzerine yoğurma sonu sıcaklıklarının etkisi	37
Şekil 3.6.	Tip 850 undan optimum süre yoğrularak hazırlanan hamurların protein bant yoğunlukları üzerine yoğurma sonu sıcaklıklarının etkisi	38
Şekil 3.7.	Gluten fraksiyonunun SDS-PAGE desenleri üzerine yoğurma süresinin etkisi(Tip 550)	40
Şekil 3.8.	Tip 550 undan 25°C’de yoğrularak hazırlanan hamurların protein bant yoğunlukları üzerine yoğurma süresinin etkisi	41
Şekil 3.9.	Gluten fraksiyonunun SDS-PAGE desenleri üzerine yoğurma süresinin etkisi(Tip 650)	41
Şekil 3.10.	Tip 650 undan 25°C’de yoğrularak hazırlanan hamurların protein bant yoğunlukları üzerine yoğurma süresinin etkisi	42
Şekil 3.11.	Gluten fraksiyonunun SDS-PAGE desenleri üzerine yoğurma süresinin etkisi(Tip 850)	43
Şekil 3.12.	Tip 850 undan 25°C’de yoğrularak hazırlanan hamurların protein bant yoğunlukları üzerine yoğurma süresinin etkisi	44

GİRİŞ

Tahıllar içerisinde dünyada en çok üretilen ve tüketilen, buğdaydır. Tahıl unları arasında sadece buğday unu, gaz tutma kapasitesi olan kuvvetli bir hamur oluşturma yeteneğine sahiptir. Buğday unu su ile yoğrulduğunda undaki proteinler, yaş öz (gluten) adı verilen viskoelastik bir madde oluşturur. Gluten, fermentasyonda oluşan CO₂ gazını tutarak hamurun kabarmasını ve kaliteli ekmek üretimini sağlamaktadır(Köksel ve ark. 2000).

Gluten proteinleri, buğdayın depo proteinleri olup, hamurun reolojik özellikleri üzerine büyük etkiye sahiptir. Kimyasal yapılarında ya da protein içeriklerinde oluşan herhangi bir değişim, buğday unu hamurunun ekmeklik kalitesini ve reolojik özelliklerini belirgin bir şekilde değiştirmektedir(Aminlari ve Majzoobi 2002). Özetle, buğday unu hamurunun viskoelastik karakteri, hamura elastikiyet kabiliyeti veren polimerik gluteninler ile monomerik gliadinlere bağlıdır(Aamodt ve ark. 2005a, Kuktaitte ve ark. 2004). Özellikle glutenin fraksiyonu, çeşitli buğday unlarının ekmeklik kaliteleri arasındaki farklılıkların temel nedenidir(Uthayakumaran ve ark. 2006).

Buğday proteinlerinin monomerik grubu albumin, globulin ve gliadinleri içerir. Polimerik grup ise disülfid bağları ile bağlanmış ve/veya hidrojen bağları, iyonik bağlar ve hidrofobik etkileşimlerle bir araya gelmiş glutenin alt birimlerini kapsamaktadır (Lemelin ve ark. 2005). Gluteninler doğadaki en büyük proteinlerdir. “Glutenin makropolimeri” olarak da adlandırılan bu polimerin, hamur özellikleri üzerine etkileri çok büyüktür ve buğday unundaki miktarı, hamur kuvveti ve ekmek hacmi ile yakından ilgilidir. Gluteninler, düşük molekül ağırlıklı glutenin altbirimleri (DMAGA) ve yüksek molekül ağırlıklı glutenin altbirimleri (YMAGA) olmak üzere ikiye ayrılır ve gliadinler gibi alkolde çözünürler(Wieser 2007).

Hem yüksek hem de düşük molekül ağırlıklı glutenin alt birimleri(YMAGA, DMAGA), hamurun yoğurma süresi, hamur kuvveti ve ekmek hacmini etkiler, ancak YMAGA'nin çeşitli fonksiyonel özellikler üzerindeki etkisi, DMAGA'nin etkisinden çok daha fazladır(Jood ve ark. 2001).

Ekmek hamurunda gluten oluşumunu ve yapısını etkileyen en önemli faktörlerden birisi, hamur yoğurma aşamasıdır. Ekmek üretiminde ilk basamak olan yoğurma, son ürünün kalitesini büyük ölçüde etkiler. Yoğurma işlemi, hammadde ve

katkı maddelerini homojen bir kitle haline getirirken, aynı zamanda hamurun viskoelastik yapı kazanmasını da sağlar(Angioloni ve Rosa 2005). Yoğurma yöntemi, hamurdaki glutenin miktarını ve moleköl büyüklüğü dağılımını etkiler. Undaki gluten tip ve miktarı ile gluteninlerin gliadinlere oranı ise son ürün kalitesini belirler(Lee ve ark. 2002).

Elektroforez, protein analizlerinde kullanılan en önemli yöntemdir(Shewry ve Lookhart 2003). Bu yöntem, bir çözeltildeki yüklü iyonların ortama uygulanan elektrik akımı ile meydana gelen hareketlerini tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bileşiklerin iyonlaşabilme özelliği, elektroforezin temelini oluşturur(Yetim 2002). Sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE) yöntemi ise tahıl uygulamalarında bir buğday depo proteini olan glutenin proteinlerini ayırmak için kullanılmaktadır(Köksel ve ark. 2000).

Bu araştırmada farklı randımanda 3 un tipinden, 3 farklı yoğurma sonu sıcaklığı sağlanacak şekilde, 3 farklı yoğurma süresi uygulanarak hamur örnekleri hazırlanmış; un randımanı, yoğurma sonu sıcaklığı ve süresinin “glutenin proteinleri” üzerine etkisi, SDS-PAGE tekniği ile belirlenmeye çalışılmıştır.

1. KAYNAK ÖZETİ

Dünyadaki ekiliş alanı ve miktar bakımından en yüksek tarımsal ürün grubu tahıl olup işlenen toprakların yaklaşık yarısında tahıl üretimi yapılmaktadır. Tahıllar içerisinde dünyada en çok üretilen ve tüketilen ise buğdaydır. Günümüzde dünya nüfusu günlük enerji gereksiniminin % 60'ından fazlasını tahıldan özellikle de buğday, pirinç ve mısırdan sağlamaktadır. Tahıllar içerisinde buğdayın başta gelmesinin pek çok sebebi bulunmaktadır. Buğday, çeşitli iklim ve toprak koşullarına uyabildiği için dünya yüzünde geniş bir alanda yetiştirilebilmektedir. Hasat sonrası ortalama % 10-12 nem içeriği ile depolamaya uygun bir üründür. Besin değeri yüksektir ve öğütüldüğünde tane ağırlığının yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ü oranında un elde edilebilmektedir. Tahıl unları arasında sadece buğday unu, gaz tutma kapasitesi olan kuvvetli bir hamur oluşturma yeteneğine sahiptir. Buğday unu su ile yoğrulduğunda, undaki proteinler yaş öz (gluten) adı verilen viskoelastik bir madde oluşturur. Gluten, fermentasyonda oluşan CO₂ gazını tutarak, hamurun kabarmasını ve kaliteli ekmek üretimini sağlamaktadır(Köksel ve ark. 2000).

Öğütmenin amacı, tahılların gıda olarak daha lezzetli ve kullanışlı hale getirilmesidir. Öğütmede diğer bir amaç ise ekonomik yolla en kaliteli ürün eldesidir. Kullanım amacına göre yüksek ya da düşük ekstraksiyonlu un üretimi gerekebilmektedir. Bir değirmende işletmenin farklı kademelerinden elde edilen un pasajlarının bazıları ya da tamamı bir araya getirilerek değişik amaçlarda kullanılmak üzere farklı özelliklerde un sınıfları oluşturulur(Ozkaya ve Ozkaya 2005a).

Kademeli öğütme sisteminde, öğütmenin her kademesindeki eleme makinelerinden farklı un pasajları meydana gelir. Buğday tanesinde protein, kül, lif gibi bileşikler homojen olarak dağılmadığı için bu pasajlar birbirinden farklıdır. ABD ve Kanada gibi ülkelerde tüm un pasajlarının toplanmasıyla elde edilen un sınıfına "streyt un" denir. Bu un temizlenmiş, tavllanmış ve öğütmeye hazır hale getirilmiş buğdayın yaklaşık % 72'sini oluşturur. Toplam unun yaklaşık % 2-3'lük kısmını oluşturan kuyruk pasajları buna katılmaz ise % 97-98'lik streyt un elde edilir. Ayrılan kısım ise "düşük derece un" olarak pazarlanır. Değirmenin en temiz pasajlarının birleştirilmesi ile elde edilen una "patent un" denir. Patent un, toplam unun yaklaşık % 60-95'ini oluşturur. Toplam unun

% 60-70'ini oluşturan daha temiz una "short patent", % 90-95'ini teşkil edene "long patent" denir. Standart ekmeklik un genellikle long patenttir. Patent un ayrıldıktan sonra geri kalan una "klir un" denir. Bu un bazı hallerde kül miktarına göre "1. klir" ve "2. klir" olarak alt guruplara ayrılır(Ozkaya ve Ozkaya 2005a).

Un sınıflamada en iyi kriter, pasajların kül miktarıdır. Bu nedenle kül oranları dikkate alınarak birbirlerine yakın olanlar bir sınıf altında toplanırlar. Ülkemizde ekmeklik buğday unları, Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'ne göre Tip 550, Tip 650, Tip 850 olarak sınıflandırılmaktadır. Bunların kuru maddedeki kül miktarları sırasıyla en çok % 0.55, % 0.65 ve % 0.85 olmalıdır(Anonim 1999). Unda randıman arttıkça una karışan kepek miktarı arttığından, kül miktarı yükselmektedir. Buna göre Tip 550 en düşük randımanlı un iken, Tip 850 en yüksek randımanlı undur.

Buğday unu su ile karıştırıldığında gliadin ve glutenin, su alıp şişerek **gluten** denilen **yaş özü** oluşturur. Buğday unu hamurunun yapışkan ve viskoelastik özelliğinin nedeni, gluten proteinleridir. Gluten, ekmek hamurunun iskeletini meydana getirir, mayalar tarafından fermentasyon sırasında oluşturulan CO₂ gazını tutarak, hamurun kabarmasını sağlar. Buğday unundaki protein miktarı, toplam azot miktarı ile ilgili olduğu halde kalite, gluten karakteri ile ilgilidir. Buğday proteininin kalitesi dendiği zaman, besleyici özelliklerinden veya biyolojik değerinden çok, proteinin fiziksel özelliği akla gelir(Unal, 1991).

Gluten proteinleri, buğdayın depo proteinleri olup, hamurun reolojik özellikleri üzerine büyük etkiye sahiptir. Kimyasal yapılarında ya da protein içeriklerinde oluşan herhangi bir değişim, buğday unu hamurunun ekmeklik kalitesini ve reolojik özelliklerini belirgin bir şekilde değiştirir(Aminlari ve Majzoobi 2002). Özetle, buğday unu hamurunun viskoelastik karakteri, hamura elastikiyet kabiliyeti veren polimerik gluteninler ile monomerik gliadinlere bağlıdır(Aamodt ve ark. 2005a, Kuktaite ve ark. 2004). Özellikle glutenin proteinleri, çeşitli buğday unlarının ekmeklik kaliteleri arasındaki farklılıkların temel nedenidir(Uthayakumaran ve ark. 2006).

Yapılan çalışmalarda undaki protein oranıyla ekmek hacmi ve su absorpsiyon değeri arasında çok yakın ilişki olduğu belirtilmiştir(Dong ve ark. 1992, Belitz ve Grosch 1999). Sadece buğdayın protein miktar ve kalitesinin yüksek olması bile, o unun su kaldırma kapasitesi ve hamur gelişme süresinde artışa neden olmakta, ayrıca hamur stabilitesini arttırarak yumuşama değerini düşürmektedir. Böylece protein miktar ve

kalitesinin daha dirençli hamur yapısının oluşumunda etkili olduğu bilinmektedir(Pomeranz ve Shellenberger 1971).

Buğday proteinleri çözünürlüklerine göre 4 gruba ayrılır. Bunlar: 1)suda çözünen albuminler, 2) tuzlu suda çözünen globulinler, 3) % 70'lik etil alkolde çözünen prolaminler ve 4) disülfid indirgeyici ajan varlığında 60°C'de % 50'lik 1-propanol çözeltisinde çözünebilir fraksiyon ile çözünmeyen (yüksek moleküler ağırlıklı) fraksiyon olarak ikiye ayrılan gluteninlerdir (Aminlari ve Majzoobi 2002).

Buğday proteinlerinin monomerik grubu, genellikle gliadin olarak isimlendirilir ve albumin, globulin ve gliadinleri içerir. Polimerik grup ise disülfid bağları ile bağlanmış ve/veya hidrojen bağları, iyonik bağlar ve hidrofobik etkileşimlerle bir araya gelmiş glutenin alt birimlerini kapsamaktadır(Lemelin ve ark. 2005).

Aslında, her iki grup da hamurun reolojik özellikleri üzerine etkilidir, ancak fonksiyonları birbirinden farklıdır. Gliadinlerin elastikiyeti çok azdır ve gluteninlere göre daha az yapışkandır. Hamur sisteminin daha çok viskozitesine ve uzayabilirliğine katkıda bulunurlar. Bunun aksine gluteninler hem kohezif hem de elastiktir ve hamurun kuvvet ve elastikiyetinden sorumludur. Basitleştirmek gerekirse gluten, gliadinlerin gluteninler için bir çözücü olduğu iki bileşenli bir yapıştırıcıdır. Hamurda viskoelastik özelliklerin oluşumu ve son ürünün kalitesi için her iki grubun uygun oranlı bir karışımı gereklidir(Wieser 2007, Jood ve ark. 2001).

Gluten proteinlerinin güçlü bir hamur oluşturabilmek için birbirleriyle neden iletişim kurdukları, hala tam olarak bilinmemektedir. Ancak bazı faktörler, gluten'in hamur oluşturma kabiliyeti hakkında fikir vermektedir. Özellikle aminoasit bileşimleri, büyük öneme sahiptir. Gluten proteinlerinin bileşiminde en fazla (yaklaşık % 35) glutamik asit bulunmaktadır. Bunun anlamı, gluten'deki her 3 aminoasit'den biri glutamik asittir. Glutamik asit, proteinde serbest amino asit olarak değil glutamin şeklinde bulunmaktadır. Bunun kanıtı, asit hidrolizinden sonra yüksek nitrojen bulunması ve gluten proteinlerinin elektroforezde alkali tamponlarda hareket etmiyor oluşudur. Proteinlerin pH değerlerini değiştirememeleri de pratikte bazik ortamda gluten proteinlerinde negatif yükün olmadığına kanıttır(Hoseney 1998).

Gluten proteinleri, oldukça düşük düzeyde temel amino asitleri içerir, özellikle lizin çok az bulunur. Bu nedenle gluten proteinleri yeterli oranda potansiyel negatif yüke sahip olmayıp, yalnızca düşük oranda pozitif yüke sahiptir. Bu olay gluten proteinlerinin

düşük yük yoğunluğuna sahip olmasına yol açmaktadır. Bu şekilde düşük yük seviyeleri, proteinlerin birbirlerini itme ya da birbirlerinden uzaklaşma yeteneklerini de düşürmektedir. Böylece protein zincirleri birbirleriyle kolayca iletişim kurabilmekte ve bağlanabilmektedirler, bu özellik de hamur oluşumu için gerekli olan bir koşuldur. Bunun yanı sıra, gluten proteinlerinin yapısında hidrofobik yan zincirli aminoasitler yüksek oranda ve kükürt içeren aminoasitler ise daha düşük oranda bulunur. Gluten proteinlerin aminoasit kompozisyonu göstermektedir ki, toplam aminoasitlerin % 35 'i hidrofobik yan zincir içermektedir. Proteinlerdeki hidrofobik eğilim, hidrofobik etkileşimleri kuvvetlendirir. Bu yüzden, gluten proteinleri arasındaki hidrofobik etkileşim, gluten yapısını stabilize etmede, reolojide ve hamurun pişme özelliklerinde önemli rol oynamaktadır(Hoseney 1998).

Sistin, gluten proteinlerinde en az bulunan amino asitlerden biridir ancak gluten'in yapısı ve fonksiyonu üzerinde son derece etkilidir. Sistinlerin çoğu okside formda bulunurlar ve protein içerisinde ya da proteinler arasında disülfid bağı oluştururlar. Bu bağlar, tane olgunlaşması, öğütme, hamur oluşumu ve pişirme sırasında meydana gelen redoks reaksiyonlarının çoğunun ilk hedefidir. Gluten ağının kovalent yapısı, kovalent olmayan bağlarla (hidrojen bağı, iyonik bağlar, hidrofobik etkileşimler) daha üstün hale gelir. Bu tarz kimyasal bağlar, kovalent bağlardan daha zayıf olmakla beraber, gluten proteinlerinin bir araya toplanmasında oldukça etkili olurlar(Wieser 2007).

Gliadinlerin çoğu monomer şeklinde bulunur. Jel elektroforezde düşük pH değerlerindeki mobilitesine göre α -, β -, γ - ve ω - gliadinler olarak (azalan mobiliteye göre) 4 gruba ayrılırlar(Wieser 2007, Igrejas ve ark. 1999). Amino asit dizilimi hakkında yapılan son çalışmalar elektroforetik mobilitenin her zaman proteinsel ilişkiyi yansıtmadığını göstermiş ve α - ve β - gliadinler, α -Tip olmak üzere tek grupta toplanmıştır. İki boyutlu elektroforez ya da ters faz yüksek performans sıvı kromatografisi gibi analizlerle gliadin grubu, yüzden fazla bileşenine ayrılmıştır. Tam ya da kısmi amino asit dizilimi, amino asit kompozisyonu ve molekül ağırlığına göre gliadinler; ω -5, ω -1,2-, α/β - ve γ - gliadinler olarak 4 farklı grupta toplanmaktadır(Wieser 2007).

Gluteninler zincirler arası disülfid bağları ile bağlanmış protein kümelerinden oluşur ve molekül ağırlıkları 500.000 Da'dan başlayıp 10.000.000 Da'nın üzerine kadar çıkabilir. Yani gluteninler doğadaki en büyük proteinlerdir. Gluteninlerin molekül

ağırlık dağılımları, hamur özellikleri ve pişme performansının temel belirleyicilerinden biridir. “Glutenin makropolimeri” olarak da adlandırılan bu polimerin hamur özelliklerine katkıları çok büyüktür ve buğday unundaki miktarı, hamur kuvveti ve ekmek hacmi ile yakından ilgilidir. Disülfid bağlarının indirgenmesinden sonra açığa çıkan glutenin altbirimleri, düşük molekül ağırlıklı glutenin altbirimleri (DMAGA) ve yüksek moleküler ağırlıklı glutenin altbirimleri (YMAGA) olmak üzere ikiye ayrılır ve gliadinler gibi alkolde çözünürlük gösterirler(Wieser 2007).

Hem yüksek hem de düşük molekül ağırlıklı glutenin alt birimleri(YMAGA, DMAGA), hamurun yoğurma süresi, hamur kuvveti ve ekmek hacmine katkıda bulunur, ancak YMAGA'nın çeşitli fonksiyonel özellikler üzerindeki etkisi, DMAGA'nın etkisinden çok daha fazladır. Bu nedenle glutenin kalitesinin, buğdayın ekmeklik kalitesi üzerinde hayati bir rolü vardır. Yapılan çalışmalarda, ekmeklik kalitesi yüksek unların zayıf olanlara göre daha fazla miktarda YMAGA içerdiği, YMAGA / DMAGA oranının daha yüksek olduğu saptanmış ve unların ekmeklik kalitesi de yüksek bulunmuştur(Jood ve ark. 2001).

Aamodt ve ark.'nın (2005b) protein kompozisyonu, protein miktarı ve monogliseridlerin diasetil tartarik asit esterleri (DATEM) katkısının, hamur ve ekmek üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, 3 buğday türünden elde edilen unlarla çalışılmış ve hamur ve ekmekler, reoloji, ekmeklik kalite ve protein büyüklük dağılımı açısından incelenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, protein miktarının artışının ekmek karakteristiklerine etkisinin, undaki YMAGA tipine ve boyut dağılımına bağlı olduğunu göstermiştir.

Yapılan bir başka çalışmada 11 çeşit durum buğdayı öğütülmüş ve bu buğday unlarından yapılan ekmekler üzerine, buğdayın gluten kuvveti ve protein kompozisyonunun etkisi araştırılmıştır. Laktik asit poliakrilamid jel elektroforez (A-PAGE) sonuçlarına göre tüm buğday türlerinin γ -gliadin-45 tipi olduğu belirlenmiştir. Durum buğdayında γ -gliadin-45 varlığı ve γ -gliadin-42'nin bulunmaması, kuvvetli gluten yapısı ve makarnalık kalitenin yüksek olması ile ilişkilendirilmiştir. SDS-PAGE analiz sonuçları, buğday türlerinde 3 çeşit yüksek molekül ağırlıklı glutenin alt birimi (YMAGA 6+8, 7+8 ve 20) varlığını göstermiştir. YMAGA 20 içeren durum buğdaylarının, YMAGA 6+8 ve YMAGA 7+8 içerenlere göre, hamur özellikleri ve ekmeklik kalitesinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Propanol ve propanol-

ditiyotretolde çözünmeyen protein gurubu EEP'nin, normal buğdayın gluten kuvvetiyle yakından ilişkili olduğu tespit edilmiştir. YMAGA 20 içeren türlerin en düşük EEP miktarına sahip olduğu saptanmıştır. Sonuçta durum buğdaylarının hamur kuvveti ve ekmeklik kalitesinin, YMA polimerik proteinlerin bir ölçütü olan çözünmeyen protein miktarı ile yakından ilişkisi olduğu belirlenmiş, YMAGA 20 içeren 3 türün zayıf hamur karakteristiği gösterdiği tespit edilmiştir(Sapirstein ve ark. 2006).

Jood ve ark.'nın (2001) glutenin alt birimlerinin buğdayın ekmeklik kalitesi üzerine etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, farklı glutenin alt birimlerinin polipeptid kompozisyonu, SDS-PAGE tekniği ile belirlenmiştir. 3 türün ekmeklik kalitesi, una çeşitli glutenin alt birimlerinin ilavesi ile değerlendirilmiştir. Sonuçta zayıf tür Riband'dan hazırlanan ekmeğin kalitesi, YMAGA (R₂) ilavesi ile artarken, DMAGA (R₅+R₆) ilavesi, ekmek kalitesinde belirgin bir değişim sağlamamıştır. Diğer taraftan ekmeklik kalitesi iyi olan Hereward türünün ununa YMAGA (R₂) ilavesi, hamurun viskoelastik özelliklerini bozarak, ekmek kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir. Güçlü ve zayıf buğday türleri, çeşitli glutenin alt birimleri, glutenin makropolimer depolimerizasyonu, polipeptid kompozisyonu ve ekmek kalitesi açısından belirgin farklar göstermiştir. YMAGA ilavesi, zayıf türlerin ekmeklik kalitesini (ekmek hacmi ve ekmek içi yapısı açısından) artırırken, kuvvetli türlerde viskoelastik özellikleri bozmuş ve ekmek hacmini düşürmüştür. Bu nedenle, buğday türlerinin ekmeklik kalitesinin YMAGA ve DMAGA arasındaki orana bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Buğday unlarında monomerik ve polimerik proteinlerin oranı, moleküler ağırlık dağılımını açıklamada kullanılmaktadır. Bu iki protein grubu birbirinden, sodyum dodesil sülfat-fosfat tamponundaki çözünürlüklerine göre; çözünür kısım ve ekstrakte edilemeyen polimerik protein (EEPP) olarak ayrılır. EEPP, hamur kuvveti (ekstensograftaki en yüksek direnç-R_{max}) ve miksograftaki pik süresi ile ilişkilidir. Bu durum, hamur özelliklerindeki farklılıklara en çok etki eden grubun, polimerik proteinler olduğunu göstermektedir(Lemelin ve ark. 2005).

Başka bir çalışmada protein kalitesi zayıf unlarla (YMAGA 2+12 içeren unlar), protein kalitesi yüksek unlar (YMAGA 5+10) farklı oranlarda karıştırılmış ve bu karışımlara tam buğday unu ilave edilerek ekmek üretilmiş, reolojik özellikleri ve EEPP miktarları belirlenmiştir. YMAGA 5+10 içeren unların, YMAGA 2+12 içeren unlarla karıştırıldığında, % EEPP miktarının, en yüksek direnç değerinin (R_{max}), ekmeklerin

şekil oranının (yükseklik/genişlik) ve ekmek hacimlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. % EPPP oranı, protein miktarına paralel olarak artmıştır. Monomerik proteinlerin polimerik proteinlere oranı (mono / poli), YMAGA 5+10 içeren unlarda artmış, YMAGA 2+12 içeren unlarda ise azalmıştır. % EPPP artışı, hamurun en yüksek direnç (Rmax) değerinde ve ekmek hacmindeki artışla ilişkili bulunmuştur. Tam buğday unu ile yapılan ekmeklerin şekil oranı ve ekmek hacimleri azalmıştır. Protein kalitesi açısından zayıf unlarda tam buğday ununun etkisi, daha fazla görülmüştür. Karışımlarda, protein kalitesi yüksek unun miktarı arttıkça, tam buğday ununun negatif etkisi azalmıştır(Aamodt ve ark. 2005a).

Ekmek hamurunda gluten oluşumunu ve yapısını etkileyen en önemli faktörlerden birisi, hamur yoğurma aşamasıdır. Ekmek üretiminde ilk basamak olan yoğurma, son ürünün kalitesini büyük ölçüde etkiler. Yoğurmanın 3 önemli fonksiyonu vardır, bunlar(Angioloni ve Rosa 2005);

- 1- Malzemeleri homojen bir kitle haline getirmek
- 2- Hamurun, gaz tutma kapasitesine sahip üç boyutlu viskoelastik yapı kazanmasını sağlamak(gluten oluşumunu sağlamak).
- 3- Hamur içerisine hava girişini sağlayarak, fermentasyon sırasında genişleyecek gaz hücrelerinin temelini oluşturmak.

Basit olarak hamur, un ve suyun bileşiminden oluşur. Yoğurma sonunda un partiküllerinin dağılımı ve su alarak şişmesi, nişastayı tutan protein ağının oluşumunu sağlar. Hamur ancak optimum noktaya kadar geliştikten sonra, ekmeklik potansiyelini kazanır ve reolojik nitelikler gösterir(Puppo ve ark. 2005). En uygun yoğurma süresi, kritik bir süredir. Bu süre sonunda partiküller yeterli seviyede dağılmış ve ayrılmıştır ancak hala hamurun dinlendirilmesi aşamasında sürekli bir ağ oluşturabilecek iç kimyasal yapıyı muhafaza ederler(Don ve ark. 2005).

Hamurun uygun bir şekilde gelişebilmesi için yoğurma enerjisi ve hızının kritik seviyenin üzerinde olması gerekir. Bu seviye, yoğurucu ve un tipine göre değişmektedir. En uygun hamur gelişimi için gerekli süre, polimerik protein kompozisyonu ve protein polimer ve monomerleri arasındaki dengeyle pozitif ilişkilidir. Hamur yoğurma işleminin her aşamasında, reolojik özellikler değişir. Hamur çok yüksek hızlı bir karıştırıcıda kısa süre yoğrulduğunda, uygulanan enerji yapışkan ve elastik bir kütle

oluşumu için çok yüksek olacağından, hamurda istenen gelişim sağlanamaz(Angioloni ve Rosa 2005).

Yoğurma yöntemi, hamurdaki gluten'in miktarını ve molekül büyüklüğü dağılımını etkiler. Bu yüzden hamurdaki glutenin ve gliadin miktarı ve tipi, hamurun elde edildiği undaki glutenin ve gliadin tip ve miktarını yansıtmayabilir. Undaki gluten tip ve miktarı ile gluteninlerin gliadinlere oranı ise son ürün kalitesini belirler(Lee ve ark. 2002).

Farklı yoğurma sürelerinin uygulandığı bir çalışmada, gelişmemiş, kısmen gelişmiş ve gelişmiş hamurlardaki glutenin ve gliadinlerin karakterizasyonu, miktarlarının belirlenmesi ve gluten proteinleri ile hamur reolojisi arasındaki ilişkinin saptanabilmesi amacıyla jel filtrasyon kromatografisi, sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE), asit poliakrilamid jel elektroforez (A-PAGE) ve densitometrik ölçümler uygulanmıştır. Disülfid-sülfidril analizleri, serbest -SH (sülfidril) miktarının gelişmemiş hamur, gelişmiş hamur ve unda, kısmen gelişmiş hamurdakinden daha az olduğunu, disülfid miktarının ise tam tersi olduğunu göstermiştir. Jel filtrasyon kromatografi sonuçlarına göre; un, en küçük molekül boyutlu proteinleri içerirken, bunu gelişmemiş, kısmen gelişmiş ve gelişmiş hamur takip etmiştir. Bu sonuçlar molekül boyutları büyük proteinlerin, S-S bağları aracılığıyla oluştuğunu göstermiştir. Her un ve bu undan yapılan hamurda, aynı jel filtrasyon fraksiyonunda, SDS-PAGE ve A-PAGE için benzer protein bantları oluşmuştur. Buna karşın, indirgenmiş koşullarda büyük moleküllerin depolimerizasyonuna bağlı olarak daha çok protein bantı elde edilmiştir. Densitometrik veriler hamur gelişimi sırasında, toplam YMAGA'nın arttığını, DMAGA'nın, gliadinlerin ve albumin/globulin oranının ise azaldığını göstermiştir. Bu sonuçlar YMA gluteninlerin miktarındaki artışın; YMA gluteninlerin DMA gluteninler, gliadinler ve albuminler/globulinler gibi daha küçük moleküllerle, hidrofobik etkileşimler, hidrojen bağları ve S-S bağları aracılığıyla etkileşerek birleşmesi sonucu olduğunu göstermiştir. Gelişmemiş hamur, en zayıf hamurdur ve protein matriksi en azdır. Gelişmiş hamur ise en kuvvetli hamurdur ve protein ağı en fazladır. Bu nedenle hamur gelişimi sırasında YMA glutenin miktarının artması, hamuru kuvvetlendiren protein ağı oluşumu ile ilgilidir(Lee ve ark. 2002).

Kuktaite ve ark.(2005) yoğurma süresinin gluten üzerindeki etkisini belirlemek için yaptığı çalışmada, 4 farklı un tipinden (bisküvilik un, standart un, kuvvetli un ve durum unu) 3 farklı yoğurma süresi ile hamur hazırlamıştır. Her un tipinden sırasıyla en az

(miksograf en yüksek direnç süresinin yarısı), ortalama (miksograf en yüksek direnç süresi) ve en fazla (20 dakika) sürelerde yoğrulmuş, daha sonra hamurların gluten fazları ultrasantrifüj yöntemi ile ayrılmıştır. Hem hamur hem de gluten fazında, mikroskopik ve reolojik analizlerle, yoğurma süresinin gluten üzerine etkisi incelenmiştir. Yoğurma süresi artışının genel etkileri, gluten'in su içeriğindeki artış, hamurun reolojik özelliklerinde değişim, gluten yüzeyinin düzleşmesi ve glutendeki nişasta granüllerinin dağılımındaki farklar şeklinde olmuştur. Ortalama süreden aşırı yoğurma süresine geçişte ise gluten su miktarında bir artış olmamıştır. Durum unu diğer unlara benzer bir gluten gelişimi ve bozulması göstermemiştir. Durum ununda mikroskopik ve reolojik ölçümlerde, hamur gelişiminde ya da aşırı yoğurmada belirgin bir değişim görülmemiştir. Sonuçta hamur yoğurma sırasında gluten protein ağında meydana gelen değişimlerin, polimerik protein kompozisyonu ve unun genetik kaynağına bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Kuktaite ve ark. (2004), buğday unlarının protein kompozisyonlarının yoğurma davranışları ile ilişkisini belirlemek amacıyla yaptığı bir diğer çalışmada, farklı gluten kuvvetlerindeki ticari un karışımlarını en az, ortalama ve en fazla olmak üzere 3 farklı sürede yoğurmuştur. En az ve ortalama yoğurma süreleri sonunda, gluten fazlarındaki ekstrakte edilemeyen polimerik protein (EPPP), toplam EPPP ve ekstrakte edilemeyen monomerik protein (EEMP) miktarları, undaki ilk miktarlarından yüksek çıkmıştır. Aşırı yoğurma sonucunda ise bu değerler undaki değerlerin altına düşmüştür. Tüm unlarda ortalama süreden aşırı yoğurma süresine gidildikçe, sodyum dodesil sülfatta (SDS) ekstrakte edilebilen protein yüzdesi ise azalmıştır. Hamur yoğurma işleminin gluten yapısında değişikliklere yol açtığı, bu değişikliklerinse protein bileşiminde fonksiyonel farklılaşmalara neden olduğu tespit edilmiştir.

Don ve ark. (2005), glutenin makro polimerinin (GMP), protein moleküllerinden oluşmuş bir jel olarak değerlendirilebileceğini ileri sürmüş, tane özelliklerinin gluten fonksiyonuna etkisini belirlemek için bir çalışma yapmıştır. Undan elde edilen GMP'lerin küresel şekillerini hamur gelişimi sırasında kaybettiklerini belirtmiş ve glutenin'in molekülünün büyüklüğündeki değişimlerin, hamurun dinlenme aşamasında gluten ağını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Bu nedenle en az, ortalama ve aşırı olmak üzere 3 farklı sürede yoğrulmuş hamurlarda, glutenin'in en uygun fonksiyonelliğini vurgulaması açısından hem SDS'de çözünen glutenin partikülleri hem de çözünmeyen

GMP grubu üzerinde çalışılmıştır. Tüm un tiplerinde yoğurma sonrası dinlendirme aşamasında, gluteninler tekrar bir araya gelmiştir. Ancak unların tipi ve yoğurma süreleri bu oluşumun hızını etkilemiştir. Ortalama yoğurma süresinde SDS'de çözünebilen glutenin partiküllerinin çözünmeyen GMP'ye dönüşüm hızı, en az ve en fazla yoğrulmuş hamurlarinkinden yüksektir. En az yoğurma süresinde GMP'nin yalnız küçük bir kısmı, çözünür hale gelir. Az yoğrulmuş hamurda gluten yeteri kadar dağılamaz ve sürekli bir partikül oluşumunu sağlayamaz. Aşırı yoğurma ile partiküllerin iç yapısı, birleşme derecesi ve kinetiği değişir. Dinlendirilmiş hamurdaki GMP miktarı ile hamurun elastikiyet kazanma süresi arasında bir korelasyonun olmaması nedeniyle, hamurun reolojik özelliklerinin, glutenin miktarından çok, yapısı ve bileşimine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Belton (2005), reolojik, kimyasal ve spektroskopik ölçümleri değerlendirip karşılaştırmış ve bazı karşıt sonuçlara rağmen, gluten ve hamurun yoğurma davranışının polimerik türlerin oluşumu ile karakterize edilebileceği ve hamur reolojisi hakkındaki partikül teorisinin makul olmadığı sonucuna varmıştır. Bu model, partikül olduğu öne sürülen hamurun çözünmeyen kısmı hakkındaki gözlemlere dayandırılmış ve başlangıç partikül boyutunun, hamurun en fazla dirence kadar yoğrulması için gerekli enerji miktarını belirlediği öne sürülmüştür. Ancak bu noktada partiküller artık görülmez haldedir. Bu nedenle en fazla dirençteki reolojik özellikler, partiküller tarafından değil partiküllerin dekompozisyon ürünleri tarafından belirlenmektedir.

Yapılan bir diğer çalışmada, dondurulmuş hamurdan üretilen ekmeklerin kalitesi üzerine yoğurma koşulları ve formülasyonun etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla 4 farklı formülasyondaki hamur, 4 dakika ön yoğurma aşamasından sonra 4, 10 ve 16 dakikalık sürelerde yoğrulmuş, -22°C'de 7 gün depolama sonrasında, ekmek yapımında kullanılmıştır. Yoğurma süresinin, hamur hacmi, CO₂ hacmi ve ekmeğin özgül hacmi söz konusu olduğunda, ekmek kalitesini etkileyen en önemli faktör olduğu belirlenmiştir. En iyi sonuçlar, en uzun yoğurma süresinde elde edilmiştir. Gerçekte un kuvvetinin yalnızca protein miktarı değil aynı zamanda protein kalitesine de bağlı olduğu sonucuna varılmıştır(Rouille ve ark. 2000).

Elektroforez, protein analizlerinde kullanılan en önemli yöntemdir. Yöntemin çeşitliliği pek çok hayvansal ve bitkisel kaynaklı protein ve farklı büyüklük ve tipteki proteinlerin analizlerinde kullanılmasına olanak sağlar(Shewry ve Lookhart 2003).

Elektroforez, bir çözeltildeki yüklü iyonların ortama uygulanan elektrik akımı ile meydana gelen hareketlerini tanımlamak amacıyla kullanılan bir terimdir. Başka bir deyişle net yüke sahip partiküllerin, bir elektrik akımı altında hareket ederek birbirinden ayrılması olayıdır. Bir elektriksel alan içerisinde hareket (mobilité), elektrik akımının şiddetine, net yüküne, molekülün şekline ve hacmine, solüsyonun iyonik gücüne, viskozitesine ve sıcaklığına bağlı bir olgudur. Hareketin hızı ise protein molekülü üzerindeki yükün büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Bileşiklerin iyonlaşabilme özelliği, elektroforezin temelini oluşturmaktadır. Zıt yüklerdeki elektrotlara doğru farklı hızlarda hareket eden değişik yük oranına sahip iyonlar, elektriksel alanda birbirinden ayrılırlar. Yüksüz moleküller ise elektriksel alandan etkilenmezler ve bir elektroforetik hareket göstermezler. Elektroforez elektrolizin tamamlanmamış şeklidir, çünkü elektroforezde maddeler, elektrolizde olduğu gibi kendilerini çeken elektroda kadar gidemeyip yolları üzerindeki bir noktada durdurulmaktadır, bu da ayırımın temelini oluşturmaktadır (Yetim 2002). Elektroforezde elektrik akımı oluşturmak için doğru akım (DC) güç kaynağı kullanılmaktadır. Elektroforez sırasında ayırıcı ortamın elektrik akımına karşı gösterdiği dirençten dolayı ortam sıcaklığı yükselir. Bu nedenle ortam sıcaklığı sabit kalacak şekilde soğutma uygulanır (Köksel ve ark. 2000).

Elektroforezde iyi bir ayırım yapabilmek için ortamın sahip olduğu pH, çok önemlidir. Bu amaçla elektroforezde her zaman pH'sı belli tampon çözeltiler kullanılır. Tampon çözeltiler ayrıca taşıyıcı elektrolit olarak da görev yapar (Köksel ve ark. 2000). Tampon pH'sı, proteinin elektrik yükünü doğrudan etkileyen en önemli faktördür. Tamponun pH'sı düşük olduğu zaman ortamda H^+ iyonu fazladır ve dolayısıyla protein (+) yük ile yüklenir ve elektriksel alanda (-) elektroda yani katoda doğru hareket eder. Bunun tersine tamponun pH'sı yüksek olduğunda ise proteinden ortama H^+ iyonu geçer ve protein (-) yük ile yüklenir ve elektriksel alanda (+) elektroda yani anoda hareket eder. Belli bir pH değerinde protein üzerindeki (+) ve (-) yükler birbirini dengelediği için protein yüksüz kabul edilir ve elektriksel alanda hareket etmez. Protein üzerindeki yüklerin birbirini dengelediği pH'ya, o proteinin "*izoelektrik noktası*" denir. Bu pH'da protein hem anot hem de katot tarafından aynı kuvvetle çekildikleri için proteinlerin hareketleri sıfır olur ve negatif ve pozitif gruplar tamamen yüklü olduğundan, moleküldeki yük en yüksektir. Fakat serbest yük sıfırdır yani negatif ve pozitif yüklerin toplam miktarı sıfırdır (Yetim 2002).

Elektroforezde kullanılan yürütme ortamı süzgeç kağıdı (kağıt elektroforezi için), selüloz asetat, nişasta, agaroz veya poliakrilamid jel olabilir. Kağıt elektroforezi, daha çok küçük molekül ağırlıklı bileşiklerin ayrılmasında kullanılan bir elektroforez çeşididir. Selüloz asetat, klinik biyokimya laboratuvarlarında, nişasta ve agaroz ise genellikle DNA ve RNA ayrımlarında, DNA'nın zincir sıralarının belirlenmesinde, lipo-proteinlerin ve çeşitli enzim komplekslerinin tespitinde kullanılır(Yetim 2002).

Günümüzde elektroforez tekniği ile iyi bir ayırım sağlamak için poliakrilamid jeller yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ortamın diğer ayırıcı ortamlara göre avantajları; inert olması, yüklü grup taşımaması, kimyasal, fiziksel ve mekanik stabiliteye sahip olmasıdır. Dezavantajı ise polimerleşmeden önce nörotoksik olmasıdır. Bu nedenle polimerleşinceye kadar çok dikkatli çalışılması gerekmektedir(Köksel ve ark. 2000).

Poliakrilamid jeller, proteinlerin yük ya da büyüklük temeline göre ayrılmasında kullanılabilecek gözenekli bir matris oluştururlar. Akrlamid jellerdeki gözenek çapları akrilamid yüzdesi ile ters orantılı olarak değişir ve hem polimerizasyon koşullarına hem de akrilamidin bisakrilamide (çapraz bağlayıcı ajan) oranına bağlıdır. Akrlamid konsantrasyonu ile tampon ve diğer katkıların (deterjan, indirgeyici ajanlar) seçimi, bilim adamlarına kompleks moleküllerin ayrımında esneklik kazandırır(Shewry ve Lookhart 2003).

Genel olarak polikrilamid jel elektroforezi (PAGE) en çok kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde ayırma jeli oluşturmak için çapraz bağlanmış polimerize akrilamid kullanılır. PAGE'nin üç farklı kullanım şekli bulunur(Kulp ve Pante 2000):

- 1- Proteinlerin iyonize edilmesi ve çözünür halde tutulması için asidik pH değerlerinde gerçekleştirilen polikrilamid jel elektroforezi (A-PAGE)
- 2- Proteinlerin çözünür hale getirilmesi ve eşit yük dağılımı kazanması için bir deterjan olan sodyum dodesil sülfatın (SDS) kullanıldığı polikrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE)
- 3- Proteinlerin yüzeysel yüklerindeki farklılıklara göre ayırımını sağlamak için bir jel sisteminde farklı pH değerlerindeki bölgelerin oluşturulduğu izoelektrik odaklanma yöntemi

Çoğunlukla A-PAGE olarak isimlendirilen ilk yöntem, tahıl uygulamalarında bir buğday depo proteini olan gliadin proteinlerini ayırmak için yaygın olarak kullanılır. Proteinleri, yük yoğunluklarındaki farklılıklara ve büyüklüklerine (kullanılan jele bağlı

olarak) göre ayırır. Eşit yüke sahip iki proteinden küçük olan jel içerisinde büyük olandan daha hızlı ilerler, ancak proteinin yük miktarı arttıkça ilerleme hızı da artar. A-PAGE çeşitlere ait proteinleri parmak izi gibi ayırarak çeşit ayrımı ve çeşitlerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Makarnalık buğdaylarda gliadin elektroforez desenlerinin incelenmesi, bu buğdayların makarna üretimi için uygun olup olmadığının saptanmasında kullanılmaktadır(Köksel ve ark. 2000, Kulp ve Pante 2000).

İkinci yöntem SDS-PAGE olarak isimlendirilir. SDS-PAGE, tahıl uygulamalarında diğer bir buğday depo proteini olan glutenin proteinlerini ayırmak için kullanılmaktadır. Glutenin proteinleri polimerik proteinler olduğu ve önemli bir bölümü etil alkolde çözünmediği için A-PAGE sisteminde jele giremez ve orijinde yoğun boyanmış bir tabaka halinde görülür(Köksel ve ark. 2000). SDS, anyonik bir deterjan olup proteinlere hidrofobik etkileşimle stokiyometrik olarak bağlanmaktadır. Jel tamponlarında SDS kullanılması proteinlerin kompleks yapılardan çözünüp ayrılmasını ve agregat oluşumunun engellenmesini sağlar. SDS, hidrojen bağlarını parçalar, hidrofobik etkileşimleri engeller, protein molekülünü negatif yükle yükleyerek 3 boyutlu yapısını çözer. SDS proteine bağlandığında yüklü olan SO_3^- grubu dışarı doğru yönelir. Bu nedenle proteinler negatif yük ile yüklenir. Her bir polipeptid zinciri açılarak çubuk şekline dönüşür. Çubuk şeklindeki yapının boyu, molekül ağırlığı ile doğru orantılıdır. SDS-PAGE’de indirgeme işlemi için β -merkaptetanol (ME) kullanılır. ME ile indirgeme işlemi, proteinler arasındaki disülfid bağlarını parçaladığı için büyük moleküller daha küçük alt birimlere ayrılır ve ayırıcı jele girmeleri mümkün olur. Elektroforez koşullarındaki jel matriksi içerisinde, büyük moleküller küçük moleküllerden daha yavaş olacak şekilde hareket eder. Bu eleme işleminin sonunda, hareket eden proteinler moleküler büyüklüklerine göre ayrılır. Proteinlerin relatif moleküler ağırlıkları, molekül ağırlıkları bilinen proteinleri içeren standartlarla karşılaştırılarak belirlenebilir(Köksel ve ark. 2000, Shewry ve Lookhart 2003, Kulp ve Pante 2000).

Üçüncü yöntem, izoelektrik odaklanma (IEO) olarak isimlendirilir. Bu yöntemde bir pH gradiyenti oluşturulur ve protein ya da polipeptidler net elektriksel yüklerinin sıfırlanıp hareketsiz kaldıkları noktaya (izoelektrik nokta) kadar hareket ederek, birbirinden ayrılırlar. Bu çok hassas ve yüksek çözünürlük sağlayan bir yöntemdir. Diğer iki tekniğin analiz edilecek proteinleri ayırmada yetersiz kaldığı durumlarda,

örneğin mısır türlerinin belirlenmesinde kullanılır. IEO, pH gradiyenti oluşturmanın yüksek maliyeti nedeniyle, diğer yöntemlere göre oldukça pahalıdır(Kulp ve Pante 2000).

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada Toru Un Fabrikası Ltd. Şirketi'nden temin edilen Tip 550, Tip 650, Tip 850 buğday unları kullanılmıştır.

2.2. Yöntemler

2.2.1. Kimyasal yöntemler

2.2.1.1. Nem tayini

Unda nem miktarı, ICC Standart No.110 yöntemine göre, kurutma dolabında 133°C'de belirlenmiştir(Anonim 1960a).

2.2.1.2. Ham kül tayini

Ham kül miktarı, ICC Standart No.104 yöntemine göre 900°C'de yakılarak kuru madde üzerinden hesaplanmıştır(Anonim 1960b).

2.2.1.3. Ham protein tayini

Ham protein Gerhard model Kjeldatherm Yakma Seti ve Gerhardt Vapodest-1 damıtma aleti kullanılarak ICC Standart No.105 yöntemine göre tayin edilmiş ve bulunan azot miktarı 5.70 faktörü ile çarpılarak toplam protein miktarı hesaplanarak kuru madde üzerinden sonuç belirlenmiştir(Anonim 1960c).

2.2.2. Teknolojik özelliklerin belirlenmesi

2.2.2.1. Yaş gluten tayini

Yaş gluten, ICC Standart No.106 yöntemiyle tayin edilmiştir(Anonim 1960d). Bunun için Perten Glutomatic 2200 cihazı kullanılmıştır.

2.2.2.2. Kuru gluten tayini

Kuru gluten miktarı, darası alınmış kurutma kaplarına yaş glutenin ince bir tabaka halinde yayıldıktan sonra kurutma dolabında 105°C'de 24 saat kurutulup desikatörde soğutulması ve tartılması ile tespit edilmiş ve % olarak hesaplanmıştır(Köksel ve ark. 2000).

2.2.2.3. Gluten indeks değerinin tayini

Gluten indeks değerinin tayininde elde edilen yaş öz, özel elek içeren bir kartuşa yerleştirilerek; Perten marka santrifüjde 6000 devir/dk hızda 1 dk santrifüj edilmiştir. Elek üzerinde kalan kısmın yüzdesi gluten indeks değerini vermiştir(Köksel ve ark. 2000).

2.2.2.4. Zeleny sedimentasyon testi

Zeleny sedimentasyon değeri ICC Standart yöntemi No.116'ya göre belirlenmiştir(Anonim 1960e).

2.2.2.5. Modifiye sedimentasyon testi

Greenaway ve ark.'na (1965) göre modifiye sedimentasyon değeri belirlenmiştir.

2.2.2.6. Düşme sayısı (falling number) tayini

Düşme sayısı, ICC Standart No.107 yöntemine göre tayin edilmiştir(Anonim 1960f). Bu amaçla Perten Instruments Type 1700 cihazı kullanılmıştır.

2.2.2.7. Farinograf özelliklerinin belirlenmesi

Farinograf özellikler, ICC Standart No.115'e (Anonim 1960g) göre tespit edilmiş ve çizilen kurveler, Bloksma'ya (1971) göre değerlendirilmiştir.

2.2.2.8. Ekstensograf özelliklerinin belirlenmesi

Ekstensograf deneyi, ICC Standart No.114'e (Anonim 1960h) göre yapılmış ve çizilen kurveler, Bloksma'ya (1971) göre değerlendirilmiştir.

2.2.2.9. Hamur hazırlama

Hamurların hazırlanmasında , her 3 un tipinden de 300g tartılarak, Brabender Farinograf cihazının yoğurucusunda, 63 dev/dk hızda, 15°C, 20°C ve 25°C yoğurma sonu sıcaklığı elde edilecek şekilde ve 3 farklı sürede (*en az:* unun stabilite süresinin üçte biri, *ortalama:* unun stabilite süresinin üçte ikisi ve *en fazla:* unun stabilite süresi) yoğurulmuştur. Kullanılan su miktarları, un tipine ve hamur yoğurma sonu sıcaklıklarına göre farklılık göstermiştir. Aynı koşullarda her bir yoğurma süre ve sıcaklığı için üç tekerrürlü çalışılmış ve hamurlar derhal Heto marka LyoPro 3000 model (Danimarka) dondurarak kurutucuda liyofilize edilmiştir. Yoğurma süre ve sıcaklıkları, Çizelge 2.1, 2.2 ve 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Tip 550 Una Ait Hamur Yoğurma Süre ve Sıcaklıkları

Un Tipi	Yoğurma Süresi (dakika)	Yoğurma Sonu Sıcaklığı (°C)	İlave Edilen Su (ml)	Örnek No
Tip 550	5.5 (en az)	15	74,0	1
		20	70,0	2
		25	66,5	3
	11.0 (ortalama)	15	74,0	4
		20	70,0	5
		25	66,5	6
	16.6 (en fazla)	15	74,0	7
		20	70,0	8
		25	66,5	9

Çizelge 2.2. Tip 650 Una Ait Hamur Yoğurma Süre ve Sıcaklıkları

Un Tipi	Yoğurma Süresi (dakika)	Yoğurma Sonu Sıcaklığı (°C)	İlave Edilen Su (mL)	Örnek No
Tip 650	5.1 (en az)	15	75,1	10
		20	71,3	11
		25	67,5	12
	10.2 (ortalama)	15	75,1	13
		20	71,3	14
		25	67,5	15
	15.3 (en fazla)	15	75,1	16
		20	71,3	17
		25	67,5	18

Çizelge 2.3. Tip 850 Una Ait Hamur Yoğurma Süre ve Sıcaklıkları

Un Tipi	Yoğurma Süresi (dakika)	Yoğurma Sonu Sıcaklığı (°C)	İlave Edilen Su (ml)	Örnek No
Tip 850	3.3 (en az)	15	78.2	19
		20	74,3	20
		25	70.4	21
	6.6 (ortalama)	15	78.2	22
		20	74,3	23
		25	70.4	24
	9.8 (en fazla)	15	78.2	25
		20	74,3	26
		25	70.4	27

2.2.2.10. Glutenin ekstraksiyonu

Glutenin ekstraksiyonu Loponen ve ark. (2004) tarafından verilen metoda göre yapılmıştır. Buna göre; buğday proteinleri ve fraksiyonları, dondurularak kurutulmuş hamur örneklerinden aşağıda sırasıyla verilen çözücülerle ekstrakte edilmiştir; 1) 1 mol/L NaCl ve 50 mmol/L Tris-HCl tamponu, pH 8.0 (*albuminler ve globulinler*); 2) % 55'lik 1-propanol (*alkolde çözünenler*); 3) İndirgeyici olarak % 5 merkaptotanol (ME) içeren sodyum dodesil sülfat (SDS) örnek tamponu (*gluteninler*) (Loponen ve ark. 2004).

Her bir hamur örneğinden 100 mg tartılarak 2 mL'lik ependorf tüpüne aktarılmıştır. Ekstraksiyonun her safhasında 1mL ekstraksiyon çözeltisi kullanılmış, santrifüj işlemlerinin tamamı 11000 xg 'de 10 dakika süre ile yapılmıştır.

Ekstraksiyonun birinci basamağında, tuzlu suda çözünebilen proteinler 1 mol/L NaCl ve 50 mmol/L Tris-HCl tamponu (pH 8.0) ile oda sıcaklığında 60 dakika ekstrakte edilerek ayrılmıştır. Santrifüjleme ve deiyonize su ile 2 kez yıkamanın ardından üstteki sıvı faz, (*albuminler ve globulinler*) uzaklaştırılmıştır.

İkinci basamakta çökeltiye 1 mL % 55'lik 1-propanol ilave edilmiş, 50 °C'de her 10 dakikada bir vortekslenerek 30 dakika bekletilmiştir. Bu karışımın santrifüjlenmesi sonucu elde edilen üstteki sıvı faz, alkolde çözünebilen proteinleri içermektedir. % 55'lik 1-propanol ile iki kez yıkamanın ardından üstteki sıvı faz uzaklaştırılmıştır.

Üçüncü aşamada, kalıntı çökeltiye % 5 ME içeren SDS örnek tamponu ilave edilerek 50°C'de 60 dakika ekstrakte edilmiştir (her 10 dakikada bir vortekslenerek). Santrifüj sonucu elde edilen üst sıvı faz, glutenin proteinlerini içermektedir (*glutenin ekstraktı*).

SDS örnek tamponu, 0.5 mol/L Tris-HCl (pH 6.8), 8 mL gliserol ve 16 mL % 10 SDS, iz miktarda brom fenol mavisi karıştırılarak elde edilmektedir(Loponen ve ark. 2004).

2.2.2.11. Sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE)

Glutenin fraksiyonları dikey soğutmalı jel elektroforez sistemi kullanılarak Sodyum Dodesil Sülfat Poliakrilamid Jel Elektroforez (SDS-PAGE) yöntemi ile tayin

edilmiştir. SDS varlığında PAGE yöntemi, Laemli (1970) metodu modifiye edilerek uygulanmıştır.

Glutenin ekstraktları, elektroforez işleminden önce, 95 °C'de 5 dakika bekletilmiştir ve derhal oda sıcaklığına soğutulmuş ve hemen jele enjeksiyon işlemine geçilmiştir(Zotta ve ark. 2006). Elektroforez uygulaması, % 0.1 SDS ilave edilmiş % 12.5 akrilamid içeren ayırıcı jel ile % 3 akrilamid içeren ön ayırıcı jel kullanılarak yürütülmüştür. Tamponlar ve çözeltiler Shi ve Jackowski (1998)'e göre hazırlanmıştır.

Örnekler (8 µL) ve molekül ağırlığı standardı (10 µL) (Sigma Marker Wide Range, Sigma) jele enjekte edilmiştir. Jel yürütme işlemi, dikey jel elektroforez sistemi (DSG-190-02 model, CBC Scientific Company, Inc., CA/USA) ve güç kaynağı (Series 90 Mid Range Model, Thermo EC/USA) kullanılarak 20°C'de, 25 mA sabit akımda 10 saat süre ile gerçekleştirilmiştir. Elektroforez işleminden sonra jeller, Ng ve Bushuk (1987)'e göre Commosie Blue-G 250 ile hazırlanan boya çözeltisinde bir gece bekletilmiştir. SDS-PAGE jelleri Ingenius Syngene Bio Imaging System (Synoptics Group, Cambridge, UK) marka dijital jel görüntüleme sistemi kullanılarak analiz edilmiş, molekül ağırlıkları ve bant yoğunlukları ölçülmüştür.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

3.1. Un Örneklerinin Kimyasal Özellikleri

Kullanılan un örneklerine ait kimyasal ve teknolojik analiz sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Un Örneklerinin Kimyasal ve Teknolojik Analiz Sonuçları

Un Tipi	Nem (%)	Kül ¹ (%)	Protein ^{1,2} (%)	Yaş Gluten (%)	Gluten İndeks (%)	Zeleny Sedimentasyon Değeri (mL)	Modifiye Sedimentasyon Değeri (mL)	Düşme sayısı (s)
550	13.0	0.52	11.70	31.5	95	33	44	450
650	12.9	0.61	11.20	31.0	96	35	40	433
850	12.7	0.77	11.45	31.5	96	33	37	402

¹Kuru madde üzerinden verilmiştir

²Azot(%) x 5.70

3.1.1. Nem miktarı

Kullanılan unların nem oranlarının % 12.7-13.0 aralığında olduğu belirlenmiştir(Çizelge 3.1). Bu değerlerin Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği’nde(Anonim 1999) belirtilen (en çok % 14,5 olmalı) sınırlamaya uygun olduğu görülmektedir.

Buğday ve unlarda kritik rutubet değeri olarak % 14.5 sınırı kabul edilmektedir. Bu sınırın üzerinde bozulma hemen başlar(Ozkaya ve Ozkaya 2005b). Unlarda nem oranının % 12 veya altında olması durumunda mikrobiyal gelişme olmaz. Unun % 15 nem içermesi halinde küfler, % 17 nem içermesi durumunda ise bakteri ve mayalar gelişebilir. Bakteriler, maya ve küflerden daha hızlı geliştiğinden nem oranı yüksek olduğunda, bakteriyel üreme daha fazla olur, ancak genelde unlarda nem miktarı

düşüktür ve en yaygın olan mikrobiyal gelişme, küf üremesidir(Unluturk ve Turantas 1998).

3.1.2. Ham kül miktarı

Tahıl ürünlerinde kül, yakma sonucu geriye kalan mineral maddelerin oluşturduğu kalıntıdır. Kül miktarı unda önemli bir kalite kriteridir. Unda kül miktarının yüksek olması, unun yüksek randımanlı olduğunu gösterir(Köksel ve ark. 2000), yani un ekstraksiyon oranı ile kül miktarı arasında oldukça yüksek bir korelasyon vardır(Ozkaya ve Ozkaya 2005a). Unda randıman yükseldikçe, genellikle ekmeklik kalite düşer. Bu nedenle unların yüksek kül içeriğine sahip olması istenmez(Köksel ve ark. 2000). Randıman arttıkça kabuk tabakaları una karışmakta ve unun ekmeklik kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Undaki kepek miktarının artışı, hamurun rutubetini ve gaz tutma yeteneğini azaltmakta ve kepekte bulunan alöron proteinleri de unun bozulmasını hızlandırmaktadır(Unal 1991).

Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'ne (Anonim 1999) göre ekmeklik buğday unları, kül içeriklerine göre Tip 550, Tip 650, Tip 850 olarak adlandırılmaktadır. Tip 550, Tip 650, Tip 850'nin kül miktarları ise sırasıyla kuru maddede en çok % 0.55, % 0.65 ve % 0.85 olmalıdır. Kullanılan unların kül miktarlarının(Çizelge 3.1), bu tebliğe uygun olduğu belirlenmiştir.

3.1.3. Ham protein miktarı

Araştırmada kullanılan buğday unlarının ham protein miktarları, kuru madde üzerinden Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 için sırasıyla % 11.70, % 11.20 ve % 11.45 olarak belirlenmiştir(Çizelge 3.1). Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'ne (Anonim 1999) göre ekmeklik buğday unlarında kuru maddede protein miktarı en az % 10.5 olmalıdır. Araştırmada kullanılan unların protein miktarları, ilgili tebliğe uygun bulunmuştur.

Proteinler buğday ununun ekmeklik kalitesini belirleyen en önemli bileşenidir. Undaki protein miktarının fazla olması, çoğunlukla ekmeklik kalitenin yüksek olması ile ilişkilendirilmektedir. Ancak tek başına protein miktarı, unların ekmeklik kaliteleri

arasındaki farkları açıklamada yeterli değildir. Protein miktarının yanında, kalitesi de çok önemlidir(Jood ve ark. 2001). Ekmekte bir kalite kriteri olan “şekil oranı” (ekmek yüksekliğinin genişliğine oranı), unun protein miktarından etkilenmemektedir, ancak ekmek dilimlerinin yüzey alanları, protein miktarının yükselmesi ile belirgin bir şekilde artmaktadır(Aamodt ve ark. 2005a). Buğday proteinleri, hamurun reolojik özellikleri üzerine de büyük etkiye sahiptir. Proteinlerin kimyasal yapısında ya da miktarında oluşan herhangi bir değişim, ekmeklik kalitenin yanısıra hamurun reolojik özelliklerini de belirgin şekilde değiştirmektedir(Aminlari ve Majzoobi 2002).

3.2. Un Örneklerinin Teknolojik Özellikleri

3.2.1. Yaş öz (gluten) miktarı

Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 unların yaş öz (gluten) miktarları sırasıyla % 31.5, % 31.0 ve % 31.5 olarak bulunmuştur(Çizelge 3.1).

Yaş öz (gluten), buğday bileşiminde bulunan gliadin ve glutenin proteinlerinin su alarak şişmek suretiyle meydana getirdiği elastik bir maddedir. Yaş öz (gluten) tahıllar içerisinde sadece buğdaydan elde edilebilir ve mayalı ekmek yapımı söz konusu olduğunda önemli bir kalite kriteridir(Ozkaya ve Ozkaya 2005b). Gluten proteinleri hamurun kohezif ve viskoelastik özelliklerinden sorumludur. Hamur fermentasyonu sırasında gaz tutma kapasitesi ve pişirme sırasında süngerimsi ekmek içi yapısının oluşması gluten proteinlerine bağlıdır(Belitz ve Grosch 1999).

Tanımlamalara göre gluten miktarının % 27’den yüksek olması kuvvetli hamuru, % 20-27 arasında olması orta kuvvetli hamuru, % 20’den küçük olması ise zayıf hamuru işaret etmektedir(Aminlari ve Majzoobi 2002). Gluten, fermentasyon sırasında maya tarafından üretilen CO₂ gazının tutulmasını ve yüksek hacimli ekmek oluşumunu sağlar. Mayalı ekmek yapımı söz konusu olduğunda, yaş gluten miktarı ve kalitesi çok önemli bir faktördür. Başka bir değerlendirmeye göre de yaş öz (gluten) miktarının % 35’den fazla olması yüksek, % 28-35 arasında olması iyi, % 20-27 arasında olması orta, % 20’den küçük olması ise düşük gluten kalitesini göstermektedir(Köksel ve ark. 2000). Buna göre örneklerin yaş öz miktarları, onların iyi gluten kalitesine sahip olduğunu ve kuvvetli hamur oluşturma özelliğinde olduklarını göstermektedir.

3.2.2. Guten indeks değeri

Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 unların gluten indeks değeri sırasıyla % 95, % 96 ve % 96 olarak bulunmuştur(Çizelge 3.1). Elgün ve ark. (2001) zayıf ve yapışkan hamur veren buğday unlarının gluten indeks değerlerini % 50'nin altında, kuvvetli hamur verenlerin gluten indeks değerlerini ise % 80-85'in üstünde bulmuş ve en uygun pişme kalitesi için gluten indeks değerinin % 60-90 arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Buna göre unların gluten indeks değeri, en uygun pişme kalitesi sağlayacak düzeyde bulunmuştur.

Gluten indeks değeri, un ve buğdayda proteinlerin kalitesinin tahmin edilmesinde yaş gluten miktarına göre daha iyi bir yöntemdir. Gluten indeks değeri, farinograf, ekstensograf ve zeleny sedimentasyon değerleriyle pozitif bir korelasyon içindedir(Deng ve ark. 2005), buna karşın hamurun yapışkanlığı ile negatif bir ilişkisi olduğu bildirilmektedir(Collar ve ark. 1998).

Ticari ekmeklik unların gluten indeks değeri, genellikle % 60-90 arasında bulunmaktadır. Köksel ve ark. (2000) tarafından Türk tipi ekmek yapımına uygun unların gluten indeks değerinin, % 70 civarında olması gerektiği ve % 40'tan düşük olan unların ekmek yapımına uygun olmadığı belirtilmiştir.

3.2.3. Zeleny ve modifiye sedimentasyon testi

Zeleny ve modifiye sedimentasyon değeri % 14 rutubet esasına göre Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 unlar için sırasıyla, 33-44 mL, 35-40 mL ve 33-37 mL olarak bulunmuştur(Çizelge 3.1).

Zeleny sedimentasyon testi, unların gluten kalitesi ve ekmeklik potansiyelinin değerlendirilmesi için kullanılır. Sedimentasyon değeri, ekmek hacmi ile pozitif bir korelasyon gösterir(Dhingra ve Jood 2004). Hamur reolojik özellikleri de undaki protein miktarından çok, zeleny sedimentasyon testi ile ilişkilidir(Konopka ve ark. 2004). Unda, protein miktarının yüksek oluşu, zeleny sedimentasyon değerinin yüksek olacağını göstermez. Undaki protein miktarı ve unun zeleny sedimentasyon değeri arasındaki korelasyon (0.46), oldukça düşüktür(Lafferty ve Lelley 2001). Zeleny sedimentasyon değeri 36 mL'nin üzerinde ise gluten miktar ve kalitesi çok iyi, 25-36 mL arasında ise

iyi, 15-24 mL arasında ise zayıf, 15 mL'den küçük ise yarayırsız olarak değerlendirilir(Köksel ve ark. 2000).

Modifiye sedimentasyon testi ise buğday ununda süne-kımlı zararının tespit edilmesinde kullanılır. Aynı örnek için elde edilen modifiye sedimentasyon değeri, zeleny sedimentasyon değerinden küçük ise buğdayın süne kımlı zararı görmüş olduğu anlaşılır(Köksel ve ark. 2000).

Araştırmada kullanılan un örnekleri, sedimentasyon testleri sonuçlarına göre, gluten miktar ve kalitesi açısından iyi olarak değerlendirilebilir. Modifiye sedimentasyon değerlerinin zeleny sedimentasyon değerlerinden yüksek olması da, bu unların elde edildiği buğdayların, süne-kımlı zararına uğramamış olduğunu göstermektedir.

3.2.4. Düşme sayısı (falling number)

Düşme sayısı tayini ile unda varolan α -amilaz enzim aktivitesi belirlenmektedir. Amilaz aktivitesi ekmek üretim teknolojisi açısından önem taşımaktadır. Düşme sayısının 150 s'den düşük olması, undaki amilaz aktivitesinin aşırı yüksek olduğunu, buğdayın muhtemelen çimlenmiş olduğunu ve bu undan yapılacak ekmek içinin yapışkan olabileceğini göstermektedir. Bu değer 200-250 s arasında ise amilaz aktivitesi normal ve ekmek üretimi için uygun düzeydedir. 300 s'nin üzerindeki değerlerde ise amilaz aktivitesi çok düşüktür ve amilaz enzim katkısı kullanılmaz ise ekmek hacmi düşük ve ekmek içi kuru olmaktadır(Köksel ve ark. 2000). Yapılan araştırmalar, düşme sayısı ile maksimum jel viskozitesi arasında belirgin bir korelasyon olduğunu göstermektedir(Konopka ve ark. 2004). Araştırmada kullanılan Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 unların düşme sayıları sırasıyla 450 s, 433 s ve 402 s olarak belirlenmiştir(Çizelge 3.1). Bu değerler, unların α -amilaz enzim aktivitesinin istenen düzeyden düşük olduğunu göstermektedir. Ülkemizde yetiştirilen ekmeklik buğdayların genel olarak α -amilaz enzim aktivitesi düşük olup enzim katkısı ile bu eksiklik giderilmektedir.

3.2.5. Unların ekstensograf özellikleri

Her 3 un tipine ait 135. dakika sonunda elde edilen ekstensograf verileri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Un örneklerinin uzama kabiliyetleri (E), Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 için sırasıyla 157 mm, 165mm ve 155 mm'dir. Hamurların uzamaya karşı gösterdikleri en yüksek direnç (Rm) Tip 550'de 658 BU, Tip 650'de 597 BU ve Tip 850'de 483 BU bulunmuştur. Bu da göstermektedir ki randıman artışı hamur mukavemetinde azalmaya neden olmuştur. Rm/E (oran sayısı) değerleri yine sırasıyla 4.2 BU/mm, 3.6 BU/mm, ve 3.1 BU/mm'dir. Aynı durum burada da söz konusudur. Aamodt ve ark.'nın (2005b) yaptığı bir çalışmada Rm, E ve Rm/E değerlerinin, buğdayın çeşidinden ve protein miktarından belirgin bir şekilde etkilendiği görülmüştür. Güçlü ve zayıf buğday çeşitlerinde protein miktarı arttıkça, Rm ve Rm/E değeri yükselmiştir. Ancak çok kuvvetli buğday çeşidinde, protein miktarı artışı Rm, E ve Rm/E değerlerinde belirgin bir değişime neden olmamıştır.

Hamur reolojisinin belirlenmesinde kullanılan tekniklerden genellikle ekmeklik kalitenin tespitinde yararlanır. Hamura uygulanan kuvvet, hem viskoz hem de elastik özellikleri açığa çıkarmaktadır(Konopka ve ark. 2004). Ekmek üretim tekniği yoğurma, fermentasyon ve pişirme olmak üzere 3 ana basamağa ayrılır. Ekstensograf, ekmeğin fermentasyon aşaması ve fırın kabarması sırasındaki gaz tutma kapasitesinin önemli bir göstergesi olan uzamaya karşı direnç (Rm) ve uzama kabiliyetini (E) tanımlar(Hruskova ve ark. 2006). Hamur direnci ne kadar yüksekse ve gluten elastikiyeti ne kadar fazla ise kabarma ve pişirme esnasında hamurun şeklini koruyabilme yeteneği, o kadar yüksektir(Faergestad ve ark. 2004).

Pratikte ekstensograf eğrisinin yüksekliği ve eğrinin altında kalan alan (A), unun kuvvet ölçütü olarak kullanılır. Bu değerlerin daha yüksek olması unun daha kuvvetli olduğunu göstermektedir(Hoseney 1998). Un örneklerinin 135. dakika sonundaki alan değerleri(A), Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 için sırasıyla 133 cm², 128 cm² ve 100 cm² olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre kullanılan un örneklerinden en düşük randımanlı Tip 550 unun en kuvvetli, en yüksek randımanlı Tip 850 unun ise en zayıf un olduğu söylenebilir.

Çizelge 3.2. Un Örneklerinin Ekstensograf Değerleri

Un Tipi	R₅* (BU)	R_m* (BU)	E* (mm)	A* (cm²)	R₅/E (BU/mm)
Tip 550	436	658	157	133	2.8
Tip 650	383	597	165	128	2.3
Tip 850	351	483	155	100	2.3

*R₅: Hamurun sabit deformasyondaki direnci, R_m: En fazla direnç, E: Uzama Kabiliyeti,

A:Alan(enerji), R₅/E:Oran Satısı

3.2.6. Unların farinograf özellikleri

Çalışmada kullanılan unların farinograf analiz sonuçları Çizelge 3.3.'de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü gibi su absorpsiyon oranları Tip 550 unda % 62.7 , Tip 650 unda % 63.8 ve Tip 850'de ise % 66.5 bulunmuştur. Randıman arttıkça su absorpsiyon değerleri de artış göstermiştir. Unların su absorpsiyon değerlerindeki farklılıkların, öğütme parametrelerinden, gluten miktar ve kalitesinden ve nişasta ve pentozan içeriğinden kaynaklandığı söylenebilir. Konopka ve ark. (2004), unların su absorpsiyon değerlerinin, % 40 ile % 80 arasında değiştiğini ve asıl olarak bu oranın, gluten miktar ve kalitesinden olduğu kadar nişasta ve pentozanların fizikokimyasal yapısından da etkilendiğini belirtmişlerdir. Hruskova ve ark.'nın (2006) yaptıkları bir araştırmada ise unun su absorpsiyon değeri ile özgül ekmek hacmi, öğütme parametreleri ve tane sertliği arasında, kuvvetli korelasyonların bulunduğu saptanmıştır. Su absorpsiyonu, ekmek içi gözenek yapısı, yoğurma süresi ve yoğurma tolerans sayısıyla da yakından ilişkilidir(Dong ve ark. 1992, He ve Hoseny1992).

Çizelge 3.3. Un Örneklerinin Farinograf Değerleri

Un Tipi	SA* (%)	G* (dk)	S* (dk)	Y* (BU)
Tip 550	62.7	2.4	16.6	25
Tip 650	63.8	3.4	15.3	35
Tip 850	66.5	5.4	9.8	68

*SA: Su absorpsiyonu, G: Gelişme Süresi, S: Stabilite, Y: Yumuşama Değeri

Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 unların gelişme süreleri sırasıyla 2.4 dk, 3.4 dk, 5.4 dk; stabilite değerleri ise 16.6 dk, 15.3 dk, 9.8 dk olarak bulunmuştur. Unların yumuşama dereceleri yine sırasıyla 25 BU, 35 BU, 68 BU'dur. Elde edilen sonuçlara incelendiğinde, Tip 550 ununun en yüksek stabilite değeri ve en düşük yumuşama derecesi ile en kuvvetli un olduğu ve bunu Tip 650 ve Tip 850'nin takip ettiği söylenebilir. Protein miktar ve kalitesi yüksek unlarda, yoğurma süresi ve stabilite değerleri yüksek; yoğurma tolerans sayısı ve yumuşama derecesi düşüktür (Köksel ve ark. 2000). Randımanın yumuşama değeri üzerine etkili olduğu bilinmektedir. Tam buğday unundaki endosperm dışı bileşenler ve kepek, hamurdaki gluten ağını parçalamakta ve ekmekte kalın gözenek oluşumuna ve ekmek iç yapının sertleşmesine neden olmaktadır (Aamodt ve ark. 2005a). Bu durumda, kullanılan unların kül miktarlarının Tip 550'den Tip 850'ye doğru artmasının yani randıman artışının, hamurun yumuşama derecesi üzerinde etkili olduğu düşünülebilir.

Yoğurma sonu sıcaklığı ve yoğurma sürelerinin hamurun farinograf özellikleri üzerine etkileri de Çizelge 3.4, 3.5 ve 3.6'da görülmektedir. Çalışmada elde edilen hamurların yoğurma sonu sıcaklıkları değiştikçe, su absorpsiyon değerleri de değişmiştir. Her üç un tipinde de yoğurma sonu sıcaklığının 25 °C'den 15 °C'ye doğru düşürülmesi ile su absorpsiyonu artış göstermiştir (Çizelge 3.4, 3.5, 3.6). Başaran ve Göçmen (2003) yaptıkları bir çalışmada, hamur yoğurma sıcaklığının düşmesi ile unun su absorpsiyon değerinin yükseldiğini tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise yoğurma süresinin en azdan en fazlaya çıkarılması ile gluten fazındaki su miktarının arttığı tespit edilmiştir (Kuktaite ve ark. 2005). Hamurun su içeriği ve suyun hamurdaki dağılımı, ekmeğin raf ömrü, ekmek içinin yumuşaklığı ve ekmek kabuğunun gevrekliği

gibi yapısal özelliklerin kazanılmasını sağlamaktadır. Su, ekmek üretimi sırasında oluşan gazların genleşmesi gibi temel fiziksel değişimlerde ve nişasta jelatinizasyonu gibi kimyasal değişimlerde, büyük aktiviteye sahiptir(Greffeuille ve ark. 2006).

Yoğurma süresinin en azdan en fazlaya doğru uzatılması ile bütün un tiplerinden hazırlanan hamurlarda yumuşama değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu da göstermektedir ki aşırı yoğurma, gluten proteinlerine zarar verdiği için hamurun yapışkan ve cıvık bir hal almasına neden olmaktadır. Yoğurma süresinin uzaması ise bütün un tiplerinden 15, 20 ve 25 °C'de hazırlanan hamurlarda stabilite değerini arttırmıştır.

Çizelge 3.4. Yoğurma Süre ve Sıcaklıklarının Farinograf Özelliklerine Etkisi (Tip 550)

Yoğurma Sıcaklığı (°C)	Yoğurma Süresi (dk)	SA* (%)	S* (dk)	Y* (BU)
15	en az	72.2	1.4	426
	ortalama	73.7	2.6	487
	en fazla	73.8	7.8	492
20	en az	69.2	3.0	468
	ortalama	70.0	4.7	499
	en fazla	70.5	9.9	518
25	en az	66.2	3.5	486
	ortalama	67.0	7.5	521
	en fazla	67.1	12.4	523

*SA:Su absorpsiyonu, G: Gelişme Süresi, S: Stabilite, Y:Yumuşama Değeri

Çizelge 3.5. Yoğurma Süre ve Sıcaklıklarının Farinograf Özelliklerine Etkisi (Tip 650)

Yoğurma Sıcaklığı (°C)	Yoğurma Süresi (dk)	SA* (%)	S* (dk)	Y* (BU)
15	en az	72.9	1.5	412
	ortalama	75.0	2.0	496
	en fazla	74.9	6.4	494
20	en az	69.9	2.2	445
	ortalama	71.3	4.2	498
	en fazla	71.3	8.3	500
25	en az	66.6	3.3	463
	ortalama	67.9	7.1	514
	en fazla	67.5	12.2	500

*SA: Su absorpsiyonu, G: Gelişme Süresi, S: Stabilité, Y: Yumuşama Değeri

Çizelge 3.6. Yoğurma Süre ve Sıcaklıklarının Farinograf Özelliklerine Etkisi (Tip 850)

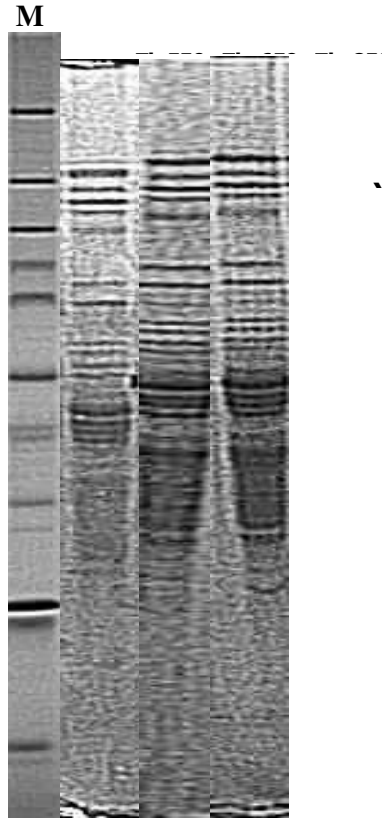
Yoğurma Sıcaklığı (°C)	Yoğurma Süresi (dk)	SA* (%)	S* (dk)	Y* (BU)
15	en az	74.3	0.5	343
	ortalama	76.0	1.1	412
	en fazla	78.1	2.1	495
20	en az	71.7	0.8	394
	ortalama	72.6	1.7	431
	en fazla	73.8	2.9	479
25	en az	68.8	1.4	434
	ortalama	70.1	3.2	489
	en fazla	70.0	6.3	483

*SA: Su absorpsiyonu, G: Gelişme Süresi, S: Stabilité, Y: Yumuşama Değeri

3.2.7. Glutenin proteinlerinin elektroforetik özellikleri

3.2.7.1. Un randımanının etkisi

Farklı tip unlardan (Tip 550, 650 ve 850) 25°C’de ortalama süre yoğrularak hazırlanan hamur örneklerine ait glutenin proteinlerinin elektroforetik özellikleri, Şekil 3.1’de ve bant yoğunluklarına ait grafikler ise Şekil 3.2’de verilmiştir.

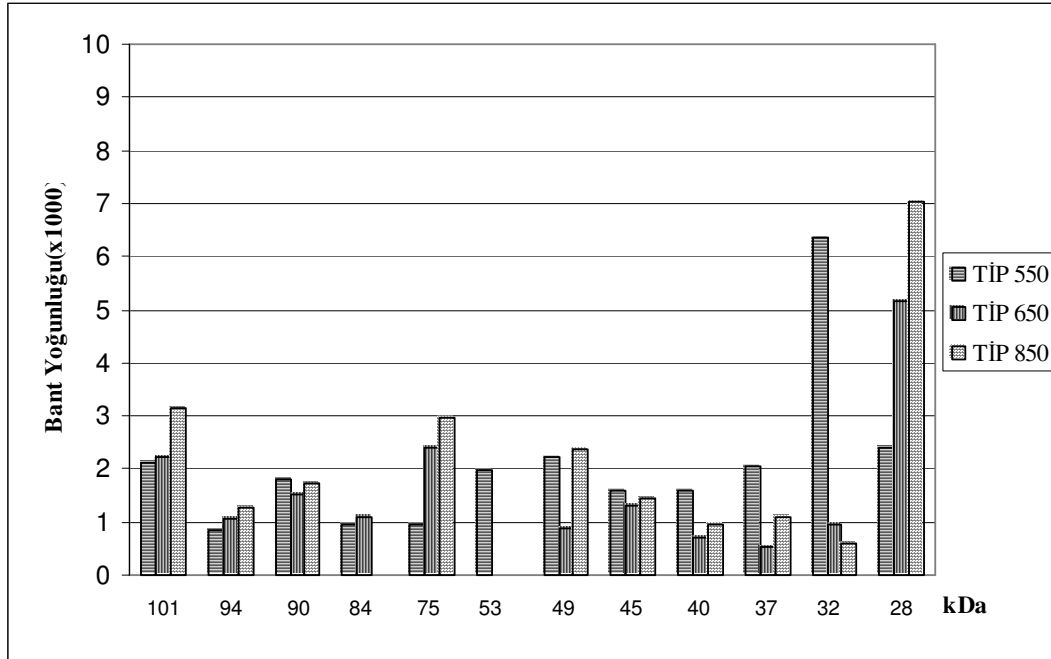


Şekil 3.1. Glutenin Proteinlerinin SDS-PAGE Desenleri Üzerine Un Tipinin Etkisi

YMAGA bölgesinde 101, 94 ve 75 kDa civarındaki bantlarda en yüksek bant yoğunlukları Tip 850’de elde edilirken (3147, 1274 ve 2984, sırasıyla), en düşük bant yoğunlukları Tip 550 unda elde edilmiştir (2132, 851 ve 945, sırasıyla). 90 kDa civarındaki bantların yoğunlukları her üç tip unda da birbirine yakın bulunmuştur. 84 kDa civarında Tip 550 ve 650’deki bantların yoğunlukları birbirine yakın bulunurken (945 ve 1089, sırasıyla), Tip 850’de bant oluşumu gözlenmemiştir. DMAGA bölgesinde

40 ve 37 kDa civarındaki bantlarda en yüksek yoğunluk Tip 550'de (1587 ve 2064, sırasıyla), en düşük yoğunluk ise Tip 650'de (724 ve 532, sırasıyla) tespit edilmiştir. 32 kDa civarındaki bantın relatif yoğunluğu Tip 550 una ait örnekte en yüksek (6354) bulunurken Tip 650 ve Tip 850'de oldukça düşük (952 ve 595, sırasıyla) bant yoğunlukları kaydedilmiştir(Şekil 3.2).

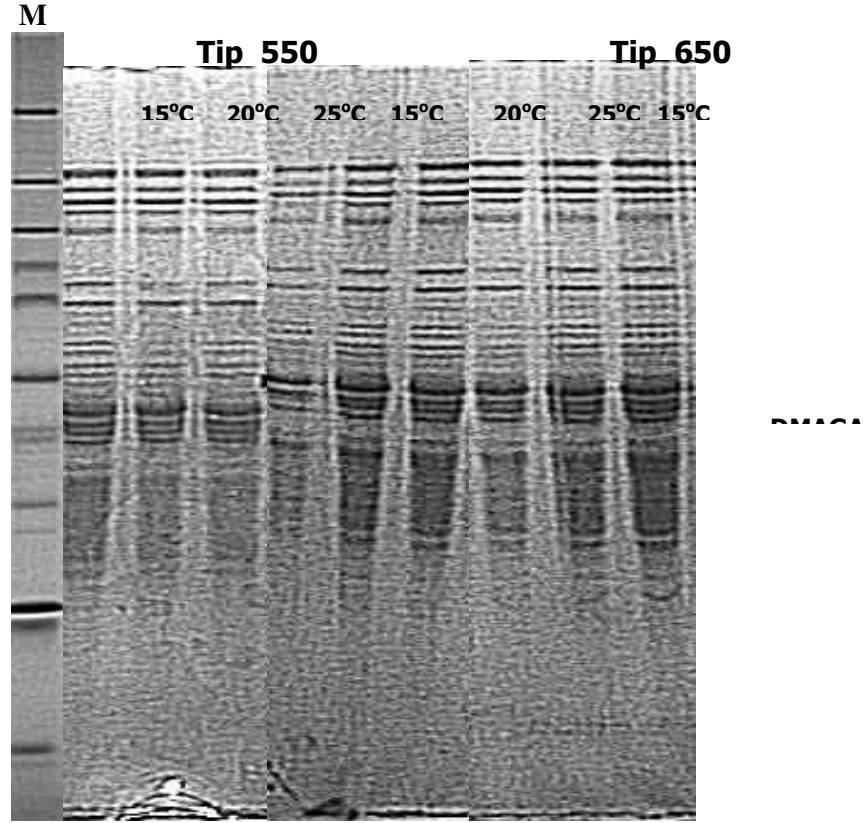
Genel olarak randıman arttıkça, YMAGA bölgesindeki bantların yoğunluklarının arttığı, DMAGA bölgesindeki bantların yoğunluklarının ise azaldığı dikkat çekmektedir.



Şekil 3.2. Farklı Tip Unlardan 25°C'de Ortalama Süre Yoğrularak Hazırlanan Hamurların Protein Bant Yoğunlukları

3.2.7.2. Yoğurma sıcaklığının etkisi

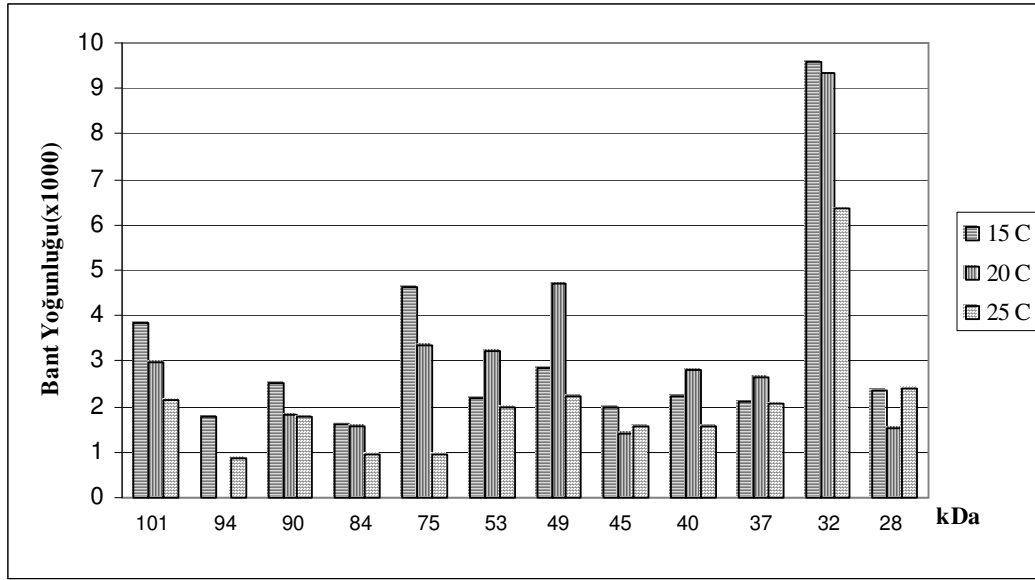
Farklı tip unlardan (Tip 550, 650 ve 850) farklı sıcaklıklarda (15, 20 ve 25°C) ortalama süre yoğrularak hazırlanan hamur örneklerine ait glutenin proteinlerinin elektroforetik özellikleri üzerine yoğurma sıcaklığının etkisi, SDS-PAGE yöntemi ile incelenmiş ve elde edilen elektroforegramlar Şekil 3.3'de, bant yoğunluklarına ait grafikler ise Şekil 3.4, 3.5 ve 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.3. Glutenin Fraksiyonunun SDS-PAGE Desenleri Üzerine Yoğurma Sıcaklığının Etkisi

Tip 550 undan ortalama süre yoğrularak hazırlanan hamurlara ait elektroforegram (Şekil 3.3) incelendiğinde, yoğurma sonu sıcaklık farklılıklarının relatif bant yoğunluklarında (Şekil 3.4) değişikliklere neden olduğu tespit edilmiştir. YMAGA bölgesindeki 101, 84 ve 75 kDa civarındaki bantlarda, en yüksek bant yoğunlukları 15 °C’de yoğrulan örneklerde saptanmıştır. En düşük değerler ise 25°C’de yoğrulan hamur örneklerinde elde edilmiştir. Bu durum, düşük sıcaklıkta yoğurma sırasında disülfid bağlarının oluşması sonucu YMAGA bölgesindeki proteinlerin bant yoğunluklarının arttığını ortaya koymaktadır. Yoğurma sıcaklığının artışı ile proteinlerin depolimerizasyonu sonucu bantların tamamen yok olmadığı ancak bant yoğunluklarının azaldığı görülmektedir. Bu konuda yapılmış araştırma olmadığından sonuçları tartışma olanağı bulunamamıştır. Ancak Başaran ve Göçmen’in (2003) yaptıkları bir çalışmada

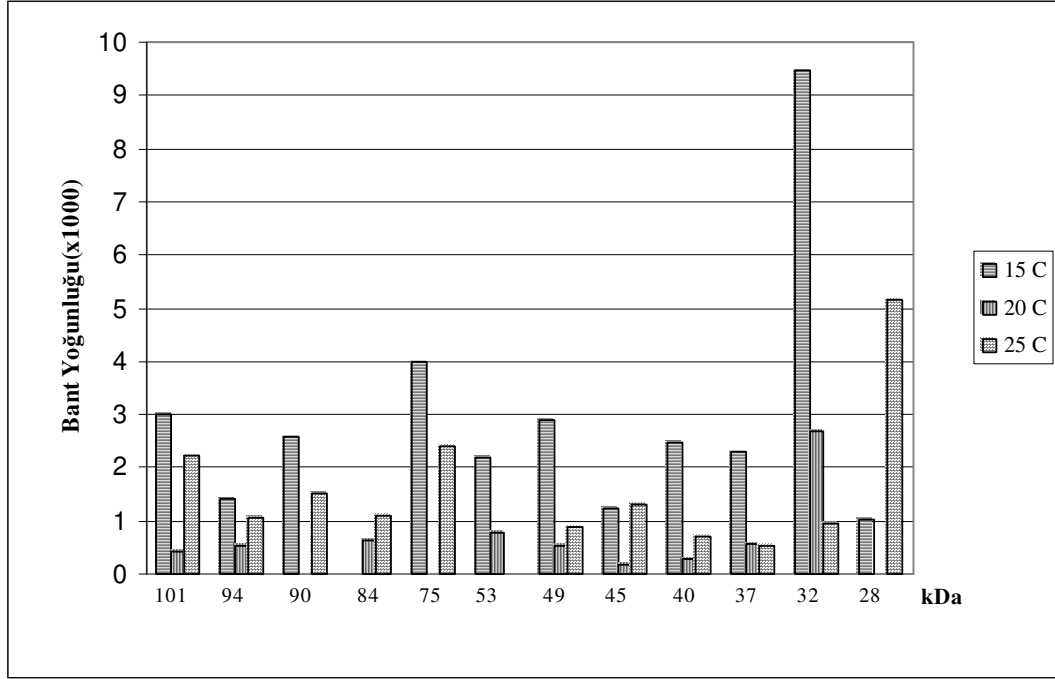
düşük yoğurma sıcaklığının hamur ve ekmek özellikleri üzerine olumlu etkide bulunduğu saptanmıştır. DMAGA bölgesinde ise 40 ve 37 kDa civarındaki bantlarda en yüksek relatif yoğunluklar (2817 ve 2636, sırasıyla) 20°C’de yoğrulan örneklerde, en düşük yoğunluklar (1587 ve 2064, sırasıyla) ise 25°C’de yoğrulanlarda elde edilmiştir. 25°C yoğurma sıcaklığının proteinler üzerine etkili olduğu ve bazı disülfid bağlarının kopması sonucu bant yoğunluklarının azaldığı söylenebilir.



Şekil 3.4. Tip 550 Undan Ortalama Süre Yoğrularak Hazırlanan Hamurların Protein Bant Yoğunlukları Üzerine Yoğurma Sonu Sıcaklıklarının Etkisi

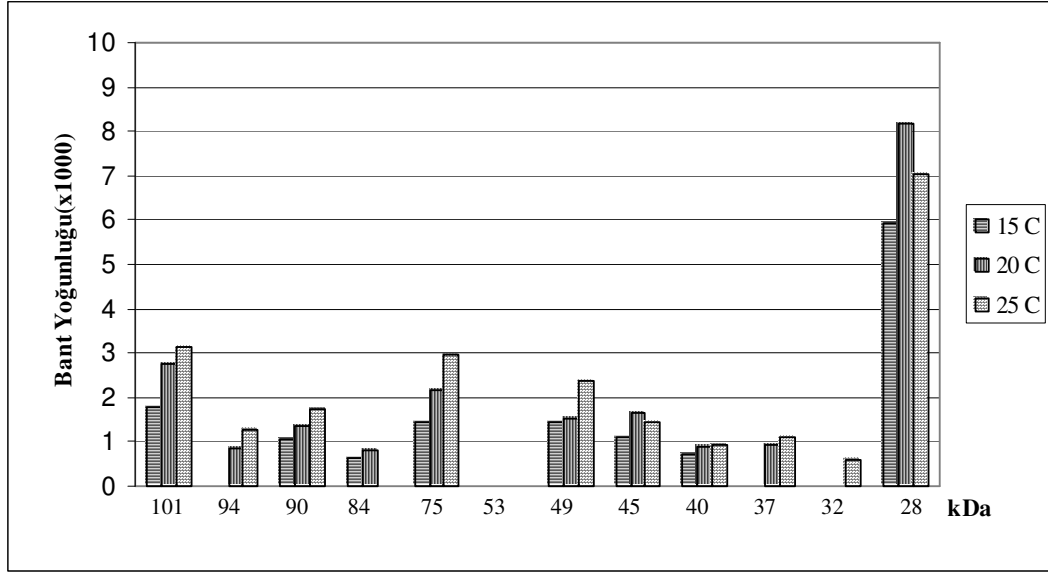
Tip 650 undan hazırlanan örneklerin elektroforegramları ve bant yoğunlukları incelendiğinde (Şekil 3.5), YMAGA’daki 101, 94, 90 ve 75 kDa civarındaki bantlarda en yüksek yoğunluklar (3001, 1422, 2586 ve 3996, sırasıyla), Tip 550 undan hazırlanan hamurlardakine benzer şekilde, 15°C’de yoğrulan örneklerde tespit edilmiştir. Düşük yoğurma sıcaklığının, disülfid bağı oluşumunu artırarak protein moleküllerinin birleşmesini sağladığı ve oluşan daha büyük moleküllerin de hamurun güçlenmesine katkıda bulunduğu söylenebilir. Bu durum farinograf ve ekstensograf sonuçlarıyla da desteklenmektedir. DMAGA bölgesinde de 40, 37 ve 32 kDa civarındaki bantlarda en yüksek relatif yoğunluklar (2478, 2312 ve 9455, sırasıyla) 15°C’de yoğrulan örneklerde

elde edilmiştir. 20 ve 25°C'de yoğrulan örneklerin aynı bantlarının yoğunlukları 15°C'ye göre oldukça düşük bulunmuştur(Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Tip 650 Undan Ortalama Süre Yoğrularak Hazırlanan Hamurların Protein Bant Yoğunlukları Üzerine Yoğurma Sonu Sıcaklıklarının Etkisi

Tip 850 undan ortalama süre yoğrularak hazırlanan hamurlara ait elektroforegram (Şekil 3.3) ve bant yoğunlukları (Şekil 3.6) incelendiğinde, Tip 550 ve 650 undan hazırlananlardan farklı bir durum dikkat çekmektedir. Bant yoğunluklarında genel olarak en yüksek değerler 25°C'de yoğrulan hamurlarda elde edilirken, en düşük değerler 15°C'de yoğrulan hamurlarda tespit edilmiştir. Bu durumda, düşük yoğurma sıcaklığının Tip 850 unda gluten proteinleri üzerine tam tersi etkili olduğu ve bazı disülfid bağlarının kopması sonucu bant yoğunluklarının azaldığı söylenebilir. Disülfid bağları kopması sonucu, protein moleküllerinin boyutları küçülmekte, bu da hamur elastikiyetini düşürmektedir(Lee ve ark.2002).



Şekil 3.6. Tip 850 Undan Ortalama Süre Yoğrularak Hazırlanan Hamurların Protein Bant Yoğunlukları Üzerine Yoğurma Sonu Sıcaklıklarının Etkisi

3.2.7.3. Yoğurma süresinin etkisi

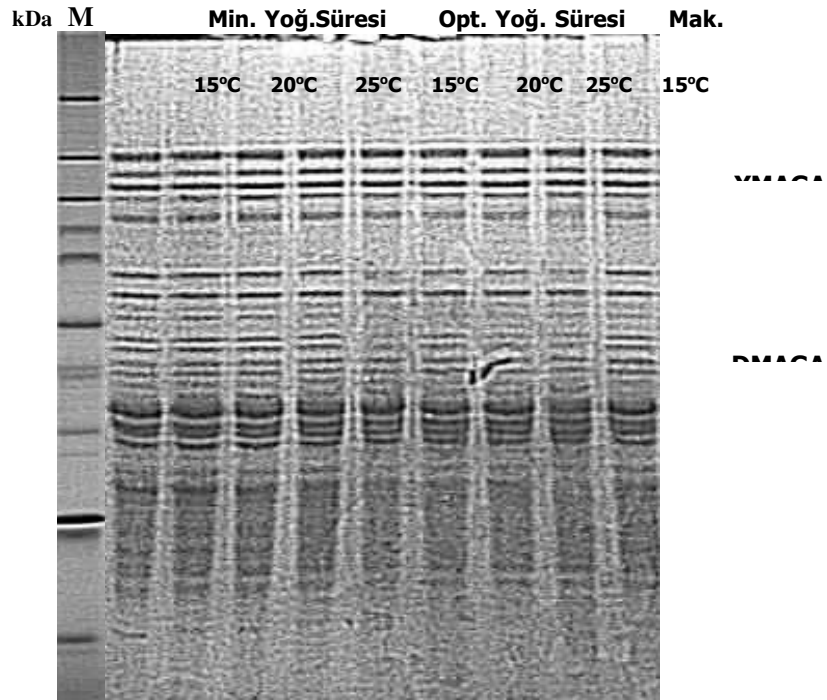
Farklı tip unlardan (Tip 550, 650 ve 850) 25°C'de farklı sürelerde (min., opt., maks.) yoğrularak hazırlanan hamur örneklerine ait glutenin proteinlerinin elektroforetik özellikleri, Şekil 3.7, 3.9 ve 3.11'de ve bant yoğunluklarına ait grafikler ise Şekil 3.8, 3.10 ve 3.12'de verilmiştir.

Tip 550 undan hazırlanan hamurlara ait Şekil 3.1'deki elektroforegram incelendiğinde, 15°C, 20°C ve 25°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip hamurların en az, ortalama ve en fazla yoğurma sürelerinin, relatif bant yoğunlukları üzerine etkili olduğu görülmektedir. 15 ve 20°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip ve en az, ortalama ve en fazla süre yoğurulmuş hamur örneklerinde, YMAGA'den 101, 94, 84, 75, 53 ve 49 kDa ve DMAGA bölgesinde de 40, 37 ve 32 kDa civarındaki bantlarda, yoğurma süresi en azdan ortalama süreye doğru uzadıkça, bantların yoğunlukları yükselmiş, ortalama süre aşıldığında ise bant yoğunluklarında düşme gözlenmiştir. En yoğun bantlar DMAGA bölgesindeki 32 kDa civarında tespit edilmiştir. 15 ve 20°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip örneklerde genel olarak, yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye çıkarılması ile bant yoğunlukları yükselmiştir. Bu durum, yoğurma sırasında disülfid bağlarının

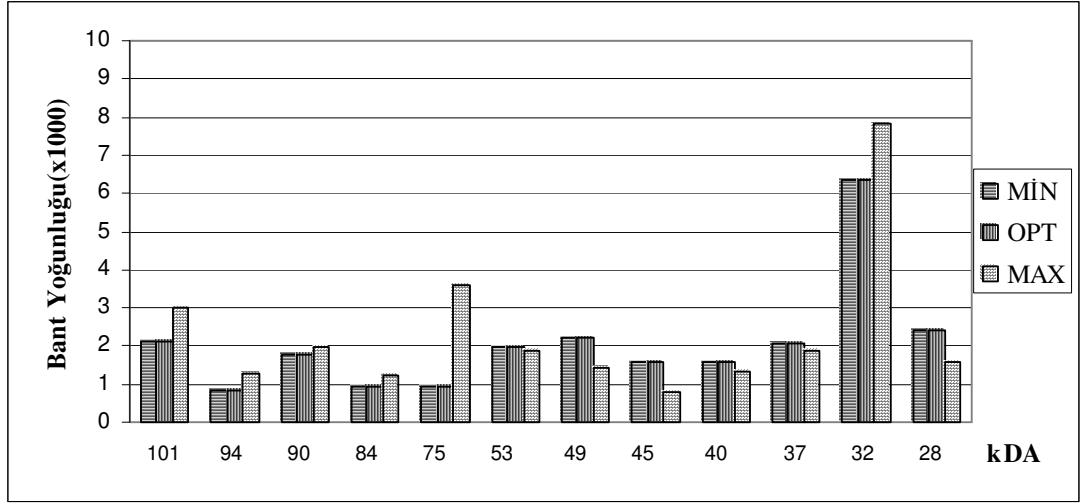
oluşması sonucu (Lee ve ark. 2002) özellikle YMAGA bölgesindeki proteinlerin bant yoğunluklarının arttığını göstermektedir. Yoğurma süresi en fazlaya çıkarıldığında ise bant yoğunluklarında düşme gözlenmiştir. Bu da ortalama yoğurma süresinin aşılması durumunda, proteinlerin depolimerizasyonu sonucu bantların tamamen yok olmadığını ancak bant yoğunluklarının azaldığını göstermektedir. Borneo ve Khan (1999) yaptıkları bir araştırmada yoğurma işleminin YMAGA'nin yoğunluklarında bir azalma meydana getirdiği belirlemiştir. Aşırı yoğurma, bazı disülfid bağlarının kopmasına (Lee ve ark. 2002; Puppo ve ark. 2005) ve dolayısıyla bant yoğunluklarının azalmasına neden olmaktadır. 25°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip örneklerde tam tersi durumlar gözlenmiştir. Örneğin, YMAGA bölgesindeki 101, 94, 90, 84 ve 75 kDa civarındaki bantların relatif yoğunlukları yoğurma süresinin en azdan en fazlaya çıkarılması ile artış göstermiştir. Aynı durum DMAGA bölgesindeki 32 kDa molekül ağırlığına sahip bant için de geçerlidir. Ancak, DMAGA bölgesindeki 45, 40 ve 37 civarındaki bantlarda farklı bir durum dikkat çekmektedir. Bu bantların yoğunluklarında yoğurma süresi uzaması sonucu azalma kaydedilmiştir. Lee ve ark. (2002) yaptıkları bir çalışmada, hamur gelişimi sırasında DMAGA'nin miktarının azaldığını tespit etmişlerdir. Sonuçlarımız bu çalışma ile paralellik göstermektedir.

Tip 650 undan hazırlanan hamurlara ait Şekil 3.3'deki elektroforegram incelendiğinde, 15°C, 20°C ve 25°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip olan ve en az, ortalama ve en fazla sürede yoğrulan hamurların glutenin bant yoğunlukları farklı bulunmuştur. Bu da yoğurma süresinin glutenin proteinlerinin bant yoğunluklarını etkilediğini göstermektedir. 15°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip ve en az, ortalama ve en fazla süre yoğrulmuş hamur örneklerinde (10, 13, 16, sırasıyla) YMAGA bölgesinde 90 kDa civarındaki bantın relatif yoğunluğu, yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye çıkarılması ile 1805'den 2586'ya çıkarken, en fazla süre yoğrulan örnekte bant yoğunluğu 1957'ye düşmüştür. Benzer durum yine aynı bölgede yer alan molekül ağırlığı 75 ve 49 kDa civarındaki bantlarla, DMAGA bölgesindeki 40 ve 37 kDa civarındaki bantlarda da gözlenmiştir. En az ve ortalama süre yoğrulmuş 10 ve 13 nolu hamur örneklerinde 85 kDa civarında bant gözlenmezken, en fazla süre yoğrulmuş hamurda (16 nolu hamur) oluşan bantın relatif yoğunluğu 1381 bulunmuştur. 20°C'de yoğrulan hamur örneklerinde, molekül ağırlığı 101, 94, 90, 75 ve 49 kDa civarındaki YMAGA bölgesindeki bantların relatif yoğunlukları, yoğurma süresinin en azdan

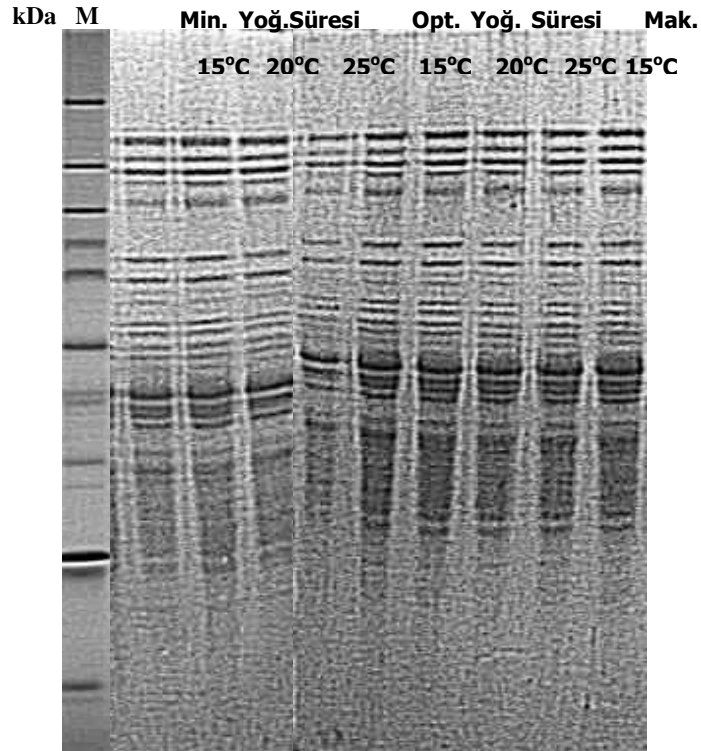
ortalama süreye çıkarılması azalırken, en fazla süre yoğrulanda yükselmiştir. 25°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip hamur örneklerinde, yoğurma süresinin en azdan en fazlaya doğru çıkarılması ile molekül ağırlığı 101, 94, 90, 84, 75 ve 40 kDa civarındaki bantların relatif yoğunluklarında azalma kaydedilmiştir. Ortalama ve en fazla yoğrulan hamur örneklerinde 53 kDa civarında bant gözlenmezken, en az süre yoğrulan hamurda bant oluşumu gözlenmiştir.



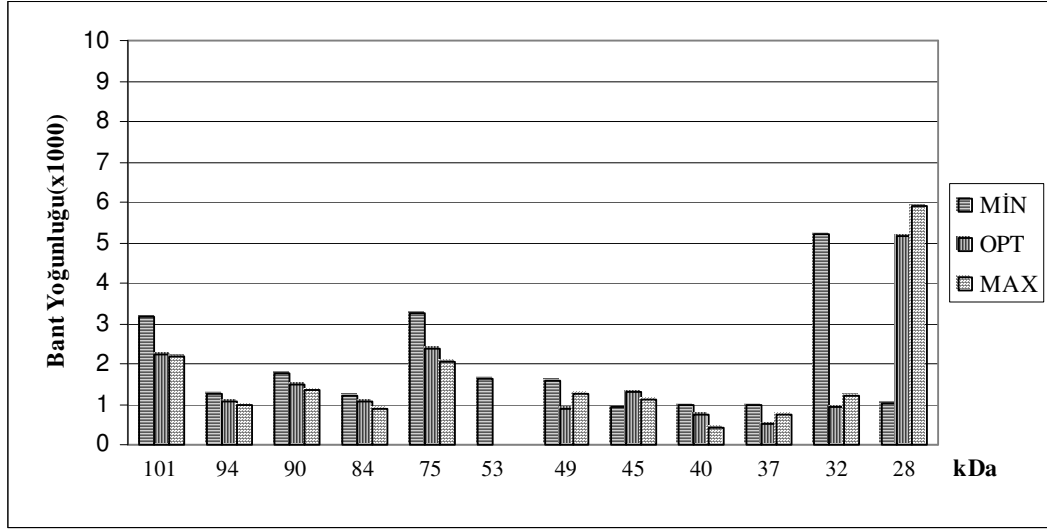
Şekil 3.7. Glutenin Fraksiyonunun SDS-PAGE Desenleri Üzerine Yoğurma Süresinin Etkisi (TİP 550)



Şekil 3.8. Tip 550 Undan 25°C'de Yoğrularak Hazırlanan Hamurların Protein Bant Yoğunlukları Üzerine Yoğurma Süresinin Etkisi



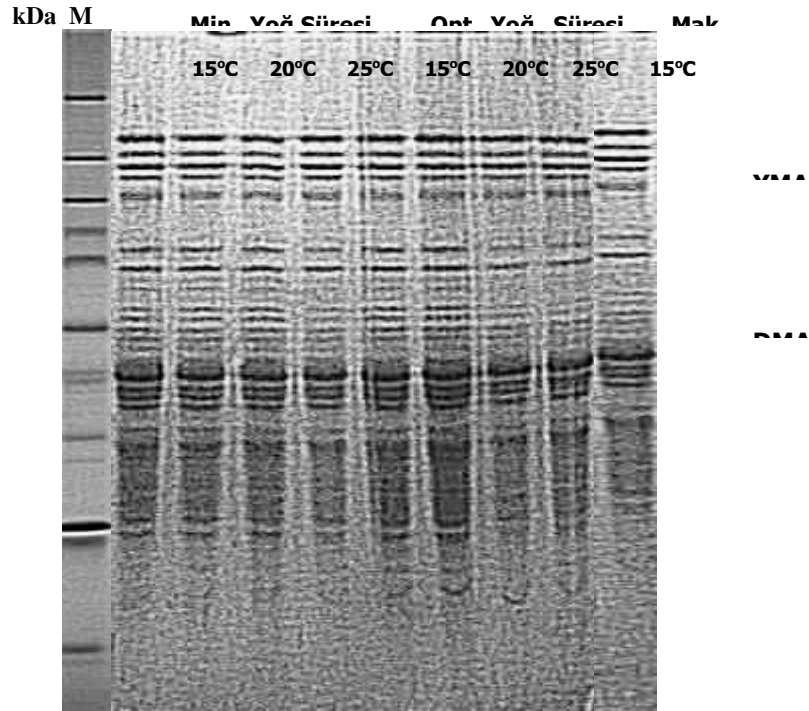
Şekil 3.9. Glutenin Fraksiyonunun SDS-PAGE Desenleri Üzerine Yoğurma Süresinin Etkisi (TİP 650)



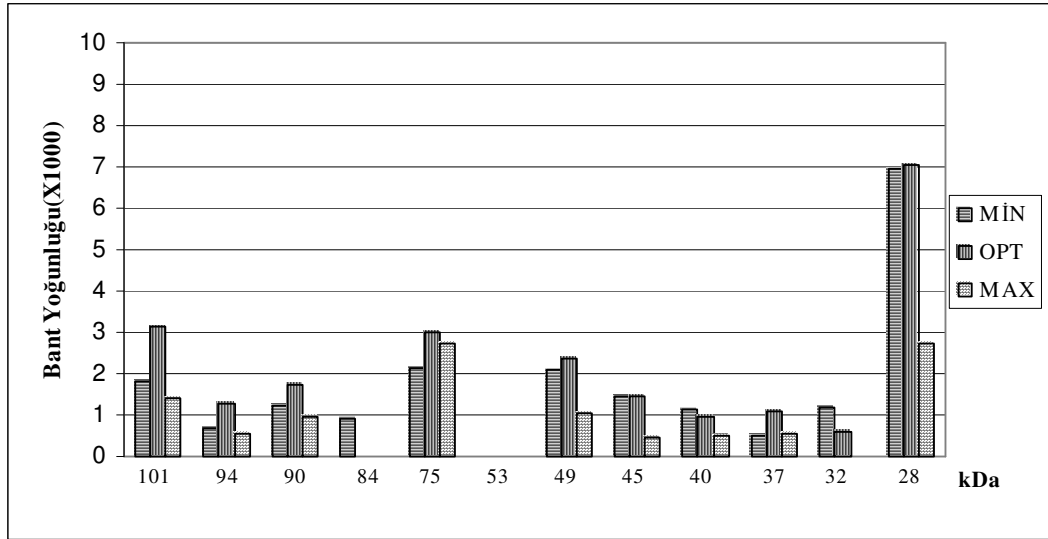
Şekil 3.10. Tip 650 Undan 25°C’de Yoğrularak Hazırlanan Hamurların Protein Bant Yoğunlukları Üzerine Yoğurma Süresinin Etkisi

Tip 850 ununa ait Şekil 3.3’deki elektroforegram incelendiğinde, 15°C, 20°C ve 25°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip olan ve en az, ortalama ve en fazla sürede yoğrulan hamurların glutenin bant yoğunluklarında farklılıklar kaydedilmiştir. 15°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip ve en az, ortalama ve en fazla süre yoğrulmuş hamur örneklerinde (19, 22, 25, sırasıyla) molekül ağırlığı 101 kDa civarındaki (YMAGA bölgesindeki) bantın relatif yoğunluğu, yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye çıkarılması ile 2675’den 1761’e düşerken, en fazla süre yoğrulan örnekte bant yoğunluğu 2084’e yükselmiştir. Benzer durum yine YMAGA bölgesindeki 90 ve 84 kDa civarındaki bantlarda da gözlenmiştir. En az yoğrulmuş 19 nolu hamur örneğinde, 94 kDa civarında bant gözlenmezken, ortalama ve en fazla süre yoğrulmuş hamurlarda (22, 25 nolu, sırasıyla) oluşan bantların relatif yoğunluğu sırasıyla 662 ve 667 bulunmuştur. Molekül ağırlığı 53 kDa civarında hiç bir örnekte bant oluşumu tespit edilmemiştir. Molekül ağırlığı 75 kDa civarındaki bantın relatif yoğunluğu, yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye çıkarılması ile 1101’den 1437’ye ve en fazla süreye çıkarılmasıyla da daha belirgin bir artışla 2262’ye yükselmiştir. 15°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip hamur örneklerinde yoğurma süresinin en azdan en fazla süreye doğru çıkarılması ile molekül ağırlığı 49 ve 45 kDa civarındaki bantların relatif yoğunluklarında ise azalma kaydedilmiştir. 20°C’de yoğrulan hamur örneklerinde, YMAGA bölgesindeki 101, 75, 45, 49 ve 40 kDa civarındaki bantların relatif yoğunluğu, yoğurma süresinin en azdan

ortalama süreye çıkarılması ile artış gösterirken, en fazla süre yoğrulan örnekte bant yoğunluğu düşmüştür. Hiçbir örnekte 53 kDa civarında bant gözlenmemiştir. 25°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip ortalama süre yoğrulan hamurlara ait bant yoğunlukları, en az ve en fazla süre yoğrulan hamurlardan farklı bulunmuştur. Yoğurma süresinin en azdan en fazlaya doğru çıkarılması ile molekül ağırlığı 101, 94, 90, 75, 49, ve 37 civarındaki bantların relatif yoğunluklarında azalma kaydedilmiştir. Ortalama süre yoğrulan hamur örneklerinde, 84 kDa civarında bant gözlenmezken, en az ve en fazla süre yoğrulan hamurlarda ise bant oluşumu gözlenmiş ve yoğunlukları sırasıyla 897 ve 1063 bulunmuştur. Hiç bir örnekte 53 kDa civarında bant gözlenmemiştir.



Şekil 3.11. Glutenin Fraksiyonunun SDS-PAGE Desenleri Üzerine Yoğurma Süresinin Etkisi (TİP 850)



Şekil 3.12. Tip 850 Undan 25°C’de Yoğrularak Hazırlanan Hamurların Protein Bant Yoğunlukları Üzerine Yoğurma Süresinin Etkisi

Genel olarak, yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye doğru uzatılması ile bant yoğunlukları yükselmiştir. Bu durum yoğurma sırasında disülfid bağlarının oluşması sonucu (Lee ve ark. 2002) özellikle YMAGA bölgesindeki proteinlerin bant yoğunluklarının arttığını ortaya koymaktadır. Yoğurma süresi en fazlaya çıkarıldığında ise bant yoğunluklarında düşme gözlenmiştir. Bu da ortalama yoğurma süresinin aşılması durumunda, proteinlerin depolimerizasyonu sonucu bantların tamamen yok olmadığını ancak bant yoğunluklarının azaldığını göstermektedir. Borneo ve Khan (1999) yaptıkları bir araştırmada yoğurma işleminin YMAGA’nin yoğunluklarında bir azalma meydana getirdiği belirlemiştir. Aşırı yoğurma, bazı disülfid bağlarının kopmasına (Lee ve ark. 2002; Puppo ve ark. 2005) ve hamur yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Bu durumda da gluten proteinlerinin bant yoğunlukları azalmaktadır. Aşırı yoğurma esnasında, özellikle YMAGA bölgesindeki proteinlerin disülfid bağları koptuğunda molekül boyutları küçülmekte bu da hamur elastikiyetini düşürmektedir. Tam tersi durumda ise yani hamur gelişimi sırasında, protein molekülleri disülfid bağıyla birleşmek suretiyle daha büyük molekülleri meydana getirmekte ve bu da hamurun güçlenmesine katkıda bulunmaktadır. Gelişmemiş hamur en zayıf yapı ve protein matriksine sahipken, gelişmiş hamur en kuvvetli yapı ve protein matriksine sahiptir.

Çünkü hamur gelişimi sırasında YMAGA'indeki artış, gluteninlerin daha küçük moleküllerle (DMAGA, gliadinler, albumin ve globulinler) disülfid bağları, hidrojen bağları ve hidrofobik etkileşimlerle bir araya gelerek interaksiyona girmesinden kaynaklanabilir(Lee ve ark. 2002).

4. SONUÇ

Glutenin fraksiyonu üzerine un randımanının etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan elektroforetik analizlerde, Tip 550, Tip 650 ve Tip 850 unlardan 25°C'de ortalama süre yoğrularak hazırlanan hamur örneklerine ait glutenin proteinlerinin bant yoğunluklarında bazı değişiklikler gözlenmiştir. YMAGA bölgesinde 101, 94 ve 75 kDa civarındaki bantlarda en yüksek yoğunluklar Tip 850'de elde edilirken, DMAGA bölgesinde 40 ve 37 kDa civarındaki bantlarda ise en yüksek yoğunluk, Tip 550 una ait örnekte tespit edilmiştir. Genel olarak randıman artışının YMAGA bölgesindeki bantların yoğunluklarında artışa, DMAGA bölgesindeki bantlarda ise yoğunluk azalışına sebep olduğu görülmektedir.

Yoğurma sıcaklığının her üç un tipinde de glutenin bant desenleri üzerine çok fazla etkili olmamasına rağmen, relatif bant yoğunluklarında farklılığa neden olduğu belirlenmiştir. Tip 550 ve 650 undan hazırlanan hamur örneklerinin elektroforegramlarında, YMAGA bölgesindeki bantlarda, en yüksek bant yoğunlukları 15°C'de yoğrulan hamur örneklerinde elde edilmiştir. YMAGA bölgesinde, en düşük değerler ise 20 ve 25°C'de yoğrulan hamur örneklerinde tespit edilmiştir. Bu durum, düşük sıcaklıkta yoğurma sırasında disülfid bağlarının oluşması sonucu YMAGA bölgesindeki proteinlerin bant yoğunluklarının arttığını ortaya koymaktadır. Disülfid bağı oluşumunun artışı, protein moleküllerinin birleşmesini sağlamakta ve oluşan daha büyük moleküller de hamurun güçlenmesine katkıda bulunmaktadır. Yoğurma sıcaklığının artışı ile proteinlerin depolimerizasyonu ve bazı disülfid bağlarının kopması sonucu bantların tamamen yok olmadığı ancak bant yoğunluklarının azaldığı söylenebilir. Tip 850 undan ortalama süre yoğrularak hazırlanan hamurlarda ise Tip 550 ve 650 undan hazırlananlara göre farklı bir durum dikkat çekmektedir. Hem YMAGA hem de DMAGA bölgesinde bant yoğunluklarında genel olarak en yüksek değerler, 25°C'de yoğrulan hamurlarda elde edilirken, en düşük değerler 15 ve 20 °C'de yoğrulan hamurlarda tespit edilmiştir. Bu durum, düşük yoğurma sıcaklığında Tip 850 undan hazırlanan hamurlarda yoğurma sırasında disülfid bağlarının teşekkül etmemesinden kaynaklanıyor olabilir.

Yoğurma sürelerinin de her üç un tipinde relatif bant yoğunluklarında farklılıklara neden olduğu belirlenmiştir.

Tip 550 undan 15°C ve 20°C'de hazırlanmış hamur örneklerinde, YMAGA ve DMAGA bölgesindeki bir çok bantın yoğunlukları, yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye çıkarılması ile artış gösterirken, ortalama süre aşıldığında bant yoğunluklarında düşme gözlenmiştir. En yoğun bantlar DMAGA bölgesindeki 32 kDa civarında tespit edilmiştir. Yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye çıkarılması ile bant yoğunluklarının artışı, yoğurma sırasında disülfid bağlarının oluşması sonucu özellikle YMAGA bölgesinde büyük protein moleküllerinin oluştuğunu göstermektedir. 25°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip örneklerde tam tersi durumlar gözlenmiştir. Özellikle, YMAGA bölgesindeki bantların çoğunun relatif yoğunlukları, ortalama yoğurma süresinin aşılması durumunda artış göstermiştir.

Tip 650 undan hazırlanan ve 15°C, 20°C ve 25°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip olan ve en az, ortalama ve en fazla sürede yoğrulan hamurların relatif bant yoğunlukları farklı bulunmuştur. Bu da yoğurma süresinin glutenin proteinlerinin bant yoğunluklarını etkilediğini göstermektedir. 15°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip ve en az, ortalama ve en fazla süre yoğrulmuş hamur örneklerinde YMAGA ve DMAGA bölgesindeki bantlarda genel olarak relatif yoğunluklar, yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye çıkarılması ile artarken, en fazla süre yoğrulanlarda düşme kaydedilmiştir. 20°C'de yoğrulan hamur örneklerinde, YMAGA bölgesindeki bantların relatif yoğunlukları, tam tersine yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye çıkarılması azalırken, en fazla süre yoğrulanda yükselmiştir. 25°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip hamur örneklerinde ise yoğurma süresinin en azdan en fazlaya doğru çıkarılması bantların relatif yoğunluklarında sürekli bir azalmaya neden olmuştur.

Tip 850 undan hazırlanmış ve 15°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip hamur örneklerinde YMAGA bölgesindeki bazı bantların relatif yoğunlukları, yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye çıkarılması ile düşerken, en fazla süre yoğrulan örneklerde yükselmiştir. En az yoğrulmuş hamur örneğinde, 94 kDa civarında bant gözlenmemiştir. Yoğurma süresinin en azdan en fazlaya doğru çıkarılması ile molekül ağırlığı 49 ve 45 kDa civarındaki bantların relatif yoğunluklarında ise azalma kaydedilmiştir. 20°C'de yoğrulan hamur örneklerinde, YMAGA bölgesindeki bazı bantların relatif yoğunluğu, yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye çıkarılması ile

artış gösterirken, en fazla süre yoğrulan örnekte bant yoğunluğu düşmüştür. 25°C yoğurma sonu sıcaklığına sahip ortalama süre yoğrulan hamurlara ait bant yoğunlukları, en az ve en fazla süre yoğrulan hamurlardan farklı bulunmuştur. Yoğurma süresinin en azdan en fazlaya doğru çıkarılması ile YMAGA bölgesindeki bazı bantların relatif yoğunluklarında azalma kaydedilmiştir. Ortalama süre yoğrulan hamur örneklerinde, 84 kDa civarında bant gözlenmemiştir. 15, 20 ve 25 °C'de yoğrulan örneklerin hiçbirinde 53 kDa civarında bant gözlenmemiştir.

Genel olarak tüm un tiplerinde yoğurma süresinin en azdan ortalama süreye doğru uzatılması ile relatif bant yoğunlukları yükselmiş, yoğurma süresi en fazlaya çıkarıldığında ise bant yoğunluklarında düşme gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- AAMODT, A., E.M. MAGNUS, E.M. FAERGESTAD. 2005a. Hearth bread characteristics: Effect of protein quality, protein content, whole meal flour, DATEM, proving time and their interactions. *Cereal Chemistry*, 82(3):290-301.
- AAMODT, A., E.M. MAGNUS, K. HOLLUNG, A.K. UHLEN, E.M. FAERGESTAD. 2005b. Dough and hearth bread characteristics influenced by protein composition, protein content, DATEM and their interactions. *Journal of Food Science*, 70(3): 214-221.
- AMINLARI, M., M. MAJZOBI. 2002. Effect of chemical modification, pH change and freezing on the rheological, solubility and electrophoretic pattern of wheat flour proteins. *Journal of Food Science*, 67(7): 2502-2506.
- ANGIOLONI, A., M.D. ROSA. 2005. Dough thermo-mechanical properties: influence of sodium chloride, mixing time and equipment. *Journal of Cereal Science*, 41: 327-331.
- ANONIM. 1960a. Int. Association for Cereal Chem. ICC Standard No:110.
- ANONIM. 1960b. Int. Association for Cereal Chem. ICC Standard No:104.
- ANONIM. 1960c. Int. Association for Cereal Chem. ICC Standard No:105.
- ANONIM. 1960d. Int. Association for Cereal Chem. ICC Standard No:106.
- ANONIM. 1960e. Int. Association for Cereal Chem. ICC Standard No:116.
- ANONIM. 1960f. Int. Association for Cereal Chem. ICC Standard No:107.
- ANONIM. 1960g. Int. Association for Cereal Chem. ICC Standard No:115.
- ANONIM. 1960h. Int. Association for Cereal Chem. ICC Standard No:114.
- ANONIM. 1999. Türk Gıda Kodeksi Buğday unu Tebliği: Tebliğ No: 99/1, Resmi Gazete, Sayı: 23614, Ankara.
- BASARAN, A., D. GOCMEN. 2003. The effects of low mixing temperature on dough rheology and bread properties. *European Food Research and Technology*, 217:138-142.
- BELITZ, H.D., W. GROSCH. 1999. *Food Chemistry*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany. p.636.

- BELTON, P.S. 2005. New approaches to study the molecular basis of the mechanical properties of gluten. *Journal of Cereal Science*, 41: 203-211.
- BLOKSMA, A.H. 1971. *Rheology and chemistry of dough in wheat chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemists. Inc. St. Paul Minnesota. 821 p.
- BORNEO, R., K. KHAN. 1999. Glutenin protein changes during breadmaking of flour spring wheats: Fractination by multistacking SDS gel electrophoresis and quantification with high-resolution densitometry. *Cereal Chemistry*, 76(5):718-726.
- COLLAR, C., P. ANDREV and M.A. MARTINEZ-ANAYA. 1998. Interactive effects of flour, starter and enzyme on bread dough machinability. *Z Lebensm Unters Forch A*, 207:133-139.
- DENG, Z.Y., J.C. TIAN, G.X. SUN. 2005. Influence of high molecular weight subunits on rheological behaviour and bread-baking quality of near-isogenic lines developed from Chinese wheats. *Plant Breeding*, 124: 428-431.
- DHINGRA, S., S. JOOD. 2004. Effects of flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of bread. *International Journal of Food Science and Technology*, 39: 212-222.
- DON, C., W.J. LICHTENDONK, J.J. PLIJTER, T.V. VLIET, R.J. HAMMER. 2005. The effect of mixing on glutenin particle properties: aggregation factors that affect gluten function in dough. *Journal of Cereal Science*, 41: 69-83.
- DONG, H., R.G. SEARS, T.S. COX, R.C. HOSENEY, G.L. LOOKHART, M.D. SHOGREN. 1992. Relationship between protein composition and mixograph and loaf characteristics in wheat. *Cereal Chem*, 69(2):132-136.
- ELGÜN, A., S. TURKER VE N. BILGIÇLI. 2001. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü. Konya Ticaret Borsası Yayın No:2, Konya. s. 112.
- FAERGESTAD, E.M., K.M. TRONSMO, A. AAMODT, F. BJERKE, E.M. MAGNUS, G. DINGSTAD, P. BAARDSETH. 2004. Effects of protein size distribution on the dough rheology and hearth bread characteristics baked at different processes and scales. *Food Chemistry and Toxicology*, 69(7): 524-535.
- GREFFEUILLE, V., J. ABECASSIS, N. BAROUH, P. VILLENEUVE, F. MABILLE, C.B. L'HELGOUAC, V.L. PELLERIN. 2006. Analysis of the milling

- reduction of bread wheat farina: physical and biochemical characterisation. *Journal of Cereal Science*, 45:97-105.
- GREENAWAY, W.T., M.H. NEUSTAD, L. ZELENY. 1965. A test for stinkbug damage in wheat. *Cereal Chem.*, 42: 577-579.
- HE, H. AND R.C. HOSENEY. 1992. Effect of the quantity of wheat flour protein on bread loaf volume. *Cereal Chemistry*, 69(1):17-19.
- HOSENEY, R.C. 1998. *Principles of Cereal Science and Technology*. American Association of Cereal Chemists Pres, St.Paul-MN/USA, 378p.
- HRUSKOVA, M., I. SVEC, O. JIRSA. 2006. Correlation between milling and baking parameters of wheat varieties. *Journal of Food Engineering*, 77: 439-444.
- IGREJAS, G., H.G. PINTO, V. CARNIDE, G. BRANLARD. 1999. The high and low molecular weight glutenin subunits and ω -gliadin composition of bread and durum wheats commonly grown in Portugal. *Plant Breeding*, 118: 297-302.
- JOOD, S., J.D. SCHOFIELD, A.A. TSIAMI, S. BOLLECKER. 2001. Effect of glutenin subfractions on breadmaking quality of wheat. *International Journal of Food Science and Technology*, 36: 573-584.
- KOKSEL, H., D. SIVRI, O. OZBOY, A. BASMAN, H.D. KARACAN. 2000. *Hububat Laboratuvarı El Kitabı*. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Ankara. 105 s.
- KONOPKA, I., L. FORMAL, D. ABRAMCZYK, J. ROTHKAEHL, D. RUTKIEWICZ. 2004. Statistical evaluation of different technology and rheological tests of Polish wheat varieties for bread volume prediction. *International Journal of Food Science and Technology*, 39: 11-20.
- KUKTAITE, R., H.LARSON, E. JOHANSSON. 2004. Variation in protein composition of wheat flour and its relationship to dough mixing behaviour. *Journal of Cereal Science*, 40: 31-39.
- KUKTAITE, R., H. LARSSON, S. MARTILLA, E. JOHANSSON. 2005. Effect of mixing time on gluten recovered by ultracentrifugation studied by microscopy and rheological measurements. *Cereal Chemistry*, 82(4): 375-384.
- KULP, K. and J.G. PANTE. 2000. *Handbook of Cereal Science and Technology*. Marcel Dekker, USA, p 363-368.

- LAEMMLI, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the end of bacteriophage T4. *Nature* 227:680-685.
- LAFFERTY, J., T. LELLEY. 2001. Introduction of high molecular weight glutenin subunits 5+10 for the improvement of the bread-making quality of hexaploid triticale. *Plant Breeding*, 120: 33-37.
- LEE, L., P.K.W. NG, J.F. STEEFFE. 2002. Biochemical studies of proteins in nondeveloped, partially developed and developed doughs. *Cereal Chemistry*, 79(5): 654-661.
- LEMELIN, E., G. BRANLARD, L. SALVO, V. LEIN, T. AUSSÉNAC, J. DAYDE. 2005. Bread making stability of wheat flours: relation between mixing properties and molecular weight distribution of polymeric glutenins. *Journal of Cereal Science*, 42: 317-326.
- LOPONEN, J., M. MIKOLA, K. KATINA, T. SONTAG-STROHM, H. SALOVAARA, 2004. Degradation of HMW Glutenins during wheat sourdough fermentations. *Cereal Chemistry*, 81(1) : 87-93.
- NG P. K.W., W. BUSHUK. 1987. Glutenin of marquis wheat as a reference for estimating molecular weights of glutenin subunits of by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis. *Cereal Chemistry*, 64 : 324-327.
- OZKAYA, H., B. OZKAYA. 2005a. Öğütme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara. s. 561-572
- OZKAYA, H., B. OZKAYA. 2005b. Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara. s. 122.
- POMERANZ, Y. and J.A. SHELLENBERGER. 1971. *Bread Science and Technology*. Westport, Connecticut. The Avi Publishing Co. INC.
- PUPPO, M.C., A. CALVELO, M.C. ANAN. 2005. Physicochemical and rheological characterization of wheat flour dough. *Cereal Chemistry*, 82(2): 173-181.
- ROUILLE, J., A.L. BAIL, P. COURCOUX. 2000. Influence of formulation and mixing conditions on breadmaking properties of French frozen dough. *Journal of food Engineering*, 43: 197-203.
- SAPIRSTEIN, H.D., P. DAVID, K.R. PRESTON, J.E. DEXTER. 2006. Durum wheat breadmaking quality: effects of gluten strength, protein composition,

- semolina particle size and fermentation time. *Journal of Cereal Science*, 45:150-161.
- SHEWRY, P.R., G.L. LOOKHART. 2003. Wheat Gluten Protein Analysis. American Association of Cereal Chemists, p. 31-41.
- SHI, Q., G. JACKOWSKI, 1998. One-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis. In Hames B D (ed) *Gel Electrophoresis of Proteins: A Practical Approach*, 3rd edn. Oxford University Press, Oxford, UK, pp 1-52.
- UNAL, S.S. 1991. *Hububat Teknolojisi*. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir. s. 78.
- UNLUTURK, A., F. TURANTAS. 1998. *Gıda Mikrobiyolojisi*. Mengi Tan Basımevi, İzmir. s. 375.
- UTHAYAKUMARAN, S., Y. LISTIOHADI, M. BARATTA, I.L. BATEY, C.W. WRIGLER. 2006. Rapid identification of the high-molecular-weight glutenin subunits. *Journal of Cereal Science*, 44:34-39.
- WIESER, H. 2007. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24:115-119.
- YETİM, H. 2002. *Enstrumental Gıda Analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum. s. 189-206.
- ZOTTA, T., P. PIRAINO, A. RICCIARDI, P.L.H. McSWEENEY. 2006. Proteolysis in model sourdough fermentations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 2567-2574.

TEŞEKKÜR

Araştırma konumun belirlenmesinden son aşamaya gelinceye kadar değerli bilgi ve yardımları ile bana yol gösteren ve desteğini esirgemeyen, tez danışmanı hocam Sayın Doç. Dr. Duygu GÖÇMEN'e, tez çalışmam sırasında bana her türlü yardımı sağlayan Sayın Yrd. Doç. Dr. Ozan GÜRBÜZ'e, çalışmamızda tüm laboratuvar imkanlarını kullanımımıza sunan, Bandırma Toru Un Fabrikası Ltd. Şirketi'ne ve Üretim ve Kalite Kontrol Sorumlusu Gıda Mühendisi Murat ÖZGENÇ'e, son olarak da desteklerini eğitim hayatım boyunca esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Lüleburgaz'da doğmuş, ilk, orta ve lise öğrenimini Lüleburgaz'da tamamlayarak, 1997 yılında Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başlamıştır.

2002 yılında bu bölümden mezun olmuş, 2003 yılında Lüleburgaz'da Eflani Un Gıda ve Tic. San. A.Ş.'de Sorumlu Yönetici olarak çalışmaya başlamıştır. 2005 yılında Uludağ Üniversitesi Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır. Halen, 2004 yılında göreve başladığı Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Karamürsel İlçe Tarım Müdürlüğünde Gıda Mühendisi olarak görev yapmaktadır.