

**T.C**  
**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARABUĞDAY (*Fagopyrum esculentum*) ÖĞÜTME ÜRÜNLERİNİN**  
**EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANILMA İMKANLARI**

**MAHMUT HAYALİ ATALAY**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Konya, 2009**

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## KARABUĞDAY (*Fagopyrum esculentum*) ÖĞÜTME ÜRÜNLERİNİN EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANILMA İMKANLARI

Mahmut Hayali ATALAY

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

2009,74 sayfa

Jüri: Prof. Dr. Adem ELGÜN  
Doç. Dr. Süleyman SOYLU  
Yrd. Doç. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

Bu araştırmada, karabuğday öğütme ürünleri (beyaz un, tam un ve kepek) %20 oranında buğday unu ile yer değiştirilerek, katkılı (sodyum stearyl 2-laktilat (SSL), transglutaminaz (TG) ve SSL+TG) ve katkısız olarak ekmek üretiminde kullanımı amaçlanmıştır. Karabuğday öğütme ürünleri (KÖÜ) ile paçal edilen unlardan hazırlanan hamurlarda reolojik, ekmeklerde ise teknolojik, kimyasal ve duyuşal özellikler belirlenmiştir. KÖÜ farinografda su absorpsiyonu ve gelişme süresini artırırken, stabilitenin düşmesine neden olmuştur. TG tek başına hamur direncini artırırken, SSL ile birlikte kullanıldığında sinerjistik etki göstererek direncin daha fazla yükselmesine neden olmuştur. KÖÜ'nin tamamı, beklenildiği gibi, ekmek hacmini, ekmek içi ve kabuk parlaklığını düşürmüştür. SSL+TG kombinasyonu, ekmek hacmi, 72. saat ekmek içi yumuşaklığı, kabuk ve iç rengini geliştirici etki göstermiştir. Karabuğday kepeği ikamesi, ekmeklerin kül, protein, selüloz, yağ ve mineral madde miktarlarını en fazla artırmış, karabuğday tam unu kullanımı bu özellikler açısından karabuğday kepeğini takip etmiştir. Ekmek hamurunun işleme özelliği ve ekmeklerin teknolojik, besinsel ve duyuşal özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, karabuğday tam unu ile SSL+TG kullanımının en uygun kombinasyonu verdiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Karabuğday, karabuğday unu, karabuğday kepeği, SSL, transglutaminaz, ekmek

## ABSTRACT

### Master Thesis

## UTILIZATION POSSIBILITIES OF BUCKWHEAT (*Fagopyrum esculentum*) MILLING PRODUCTS IN BREAD MAKING

Mahmut Hayali ATALAY

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering  
Supervisor : Asist. Prof. Nermin BİLGİÇLİ

2009, 74 page

Jury: Prof. Adem ELGÜN  
Assoc. Prof. Süleyman SOYLU  
Assist. Prof. Nermin BİLGİÇLİ

In this research, buckwheat milling products (white flour, whole flour and bran) were replaced whit wheat flour at 20% ratio, and used in bread making with and without additives (sodium stearyl 2-lactylate (SSL), transglutaminase (TG) and SSL+TG). Rheologic properties of doughs and technologic, chemical and sensory properties of breads were determined. Buckwheat milling product (BMP) increased the farinograph water absorption and development time, but decreased stability. TG increased resistance of the doughs, and combination of TG and SSL showed synergistic effect on dough resistance. As expected, all BMP reduced bread volume, crust and crumb lightness. Combination of SSL and TG improved bread volume, 72<sup>nd</sup> hours crumb softness, crust and crumb color. Buckwheat bran substitution increased ash, protein, cellulose, fat and mineral values of the breads and whole buckwheat flour substitution followed buckwheat bran in terms of chemical properties. To take into account handling properties of dough and technological, nutritional and sensory properties of breads, the best combination were found as buckwheat whole flour and SSL+TG usage.

**Keywords:** Buckwheat, buckwheat flour, buckwheat bran, SSL, transglutaminase, bread

## **TEŐEKKÜR**

Bu araŐtırmanın planlanmasından yazımına kadar yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Nermin BİLGİÇLİ ve Prof. Dr. Adem ELGÜN 'e sonsuz teŐekkürlerimi sunarım. AraŐtırmanın yürütülmesinde ve laboratuvar çalıŐmalarında beni yönlendiren ve manevi desteğini her zaman hissettiğim ArŐ.Gör. M. KürŐat Demir ve laboratuvar çalıŐmalarında yardımlarını esirgemeyen S.Ü. Gıda Mühendisliği Bölümündeki tüm araştırma görevlilerine teŐekkürü bir borç bilirim.

Bu araŐtırmanın yürütülmesindeki katkılarından dolayı, Konya Ticaret Borsası Laboratuvarı çalıŐanlarına ve Borsa yönetimine teŐekkürü bir borç bilirim.

Tezimin sonuçlanmasına kadar bana desteklerini hiç eksiltmeyen aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Konya, 2009

Mahmut Hayali ATALAY

## İÇİNDEKİLER

1.GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1. Karabuğday .....	3
2.1.1. Karabuğdayın kimyasal bileşimi.....	3
2.1.1.1. Karabuğday proteinleri.....	4
2.1.1.2. Karabuğday karbonhidratları.....	5
2.1.1.3. Karabuğday lipitleri.....	6
2.1.1.4. Karabuğday mineralleri.....	6
2.1.1.5. Karabuğday vitaminleri.....	7
2.1.1.6. Karabuğdayın fonksiyonel bileşikleri.....	8
2.1.1.7. Karabuğday unu üretimi ve hububat ürünlerinde kullanımı.....	8
2.2. Transglutaminaz.....	11
2.3. Yüzey Aktif Maddeler.....	14
3. MATERYAL VE METOT.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.2. Metot.....	17
3.2.1. Deneme planı.....	17
3.2.2. Ekmek denemeleri.....	18
3.2.3. Laboratuar analizleri.....	18
3.2.3.1. Un ve hamur analizleri.....	18
3.2.3.2. Kimyasal analizler.....	19
3.2.3.3. Renk tayini.....	19
3.2.3.4. Duyusal analizler.....	20
3.2.3.5. İstatistiksel değerlendirme.....	20
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	21
4.1. Analitik Sonuçlar.....	21
4.2. Araştırma Sonuçları.....	24
4.2.1. Hamur reolojik özellikleri.....	24
4.2.1.1. Farinogram özellikleri.....	24
4.2.1.1.1. Su absorpsiyonu.....	24
4.2.1.1.2. Gelişme süresi.....	27
4.2.1.1.3. Hamur stabilitesi.....	29
4.2.1.1.4. Yumuşama derecesi.....	31
4.2.1.2. Ekstensogram özellikleri.....	32
4.2.1.2.1. Ekstensogram enerjisi.....	32

4.2.1.2.2. Uzamaya direnç.....	35
4.2.1.2.3. Uzayabilirlilik.....	36
4.2.1.2.4. Maksimum direnç.....	37
4.2.2. Ekmek özellikleri.....	38
4.2.2.1. Ağırlık, hacim ve spesifik hacim.....	38
4.2.2.1.1. Ağırlık.....	38
4.2.2.1.2. Hacim.....	40
4.2.2.1.3. Spesifik hacim.....	43
4.2.2.2. Simetri ve gözenek yapısı.....	44
4.2.2.2.1. Simetri.....	44
4.2.2.2.2. Gözenek yapısı.....	45
4.2.2.3. Ekmek içi sertlik.....	47
4.2.2.4. Renk.....	48
4.2.2.4.1. Kabuk rengi.....	48
4.2.2.4.1.1. Kabuk parlaklığı (L).....	49
4.2.2.4.1.2. Kabuk kırmızılığı (a).....	52
4.2.2.4.1.3. Kabuk sarılığı (b).....	52
4.2.2.4.2. Ekmek içi rengi.....	53
4.2.2.4.2.1. Ekmek içi parlaklığı (L).....	54
4.2.2.4.2.2. Ekmek içi kırmızılığı (a).....	55
4.2.2.4.2.3. Ekmek içi sarılığı (b).....	56
4.2.2.5. Kimyasal özellikler.....	57
4.2.2.5.1. Su.....	57
4.2.2.5.2. Kül.....	59
4.2.2.5.3. Protein.....	59
4.2.2.5.4. Selüloz.....	60
4.2.2.5.5. Yağ.....	60
4.2.2.5.6. Mineral maddeler.....	60
4.2.2.6. Duyusal özellikler.....	61
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	64
6. KAYNAKLAR.....	65

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 4.1.	Buğday unu ve karabuğday öğütme ürünlerinin bazı fiziksel, kimyasal analiz sonuçları ve renk değerleri.....	21
Çizelge 4.2.	Ekmek üretiminde kullanılan un paçallarına ait bazı fizikokimyasal analiz sonuçları.....	23
Çizelge 4.3.	Ekmek hamurlarına ait Farinogram değerleri.....	24
Çizelge 4.4.	Ekmek hamurlarının Farinogram özelliklerine ait varyans analiz sonuçları.....	25
Çizelge 4.5.	Ekmek hamuru Farinogram özellikleri üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	25
Çizelge 4.6.	Ekmek hamurlarına ait Ekstensogram değerleri.....	33
Çizelge 4.7.	Ekmek hamurlarının Ekstensogram özelliklerine ait varyans analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4.8.	Ekmek hamuru Ekstensogram özellikleri üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	34
Çizelge 4.9.	Ekmek örneklerine ait ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri..	39
Çizelge 4.10.	Ekmek örneklerinin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.11.	Ekmek örneklerinin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	40
Çizelge 4.12.	Ekmek örneklerine ait simetri, gözenek ve sertlik değerleri.....	45
Çizelge 4.13.	Ekmek örneklerinin simetri, gözenek ve sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	45
Çizelge 4.14.	Ekmek örneklerinin simetri, gözenek ve sertlik değerleri üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	46
Çizelge 4.15.	Ekmek örneklerinin kabuk ve iç renk değerleri.....	49
Çizelge 4.16.	Ekmek örneklerinin kabuk rengi değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.17.	Ekmek örneklerinin ekmek içi rengi değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	50
Çizelge 4.18.	Ekmek örneklerinin kabuk ve iç renk değerleri üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	51
Çizelge 4.19.	Farklı un paçallarından hazırlanan ekmeklere ait bazı kimyasal analiz sonuçları.....	58
Çizelge 4.20.	Ekmek örneklerinin bazı kimyasal analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	58
Çizelge 4.21.	Ekmek örneklerinin bazı mineral madde değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	58
Çizelge 4.22.	Ekmek örneklerinin bazı kimyasal analiz değerleri (%) üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	58

Çizelge 4.23. Ekmek örneklerinin bazı mineral madde değerleri (mg/100g) üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	59
Çizelge 4.24. Ekmek örneklerine ait duyuşal analiz sonuçları.....	62
Çizelge 4.25. Ekmek örneklerinin bazı duyuşal analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	62
Çizelge 4.26. Ekmek örneklerinin duyuşal analiz değerleri üzerine etkili un paçalı değişkenine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları..	62



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1.	Hamur su absorpsiyonu üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu.....	27
Şekil 4.2.	Hamur gelişme süresi üzerine etkili” un paçalı ve katkı” interaksyonu.....	29
Şekil 4.3.	Hamur stabilitesi üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu...	30
Şekil 4.4.	Hamur enerjisi üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu.....	34
Şekil 4.5.	Hamur direnci üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu.....	36
Şekil 4.6.	Ekmek hacmi üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu.....	41
Şekil 4.7.	Ekmek spesifik hacmi üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu.....	44
Şekil 4.8.	Kabuk parlaklığı (L) üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu.....	51
Şekil 4.9.	Kabuk sarılığı (b) üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu	53
Şekil 4.10.	Ekmek içi parlaklığı (L) üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu.....	55
Şekil 4.11.	Ekmek içi sarılığı (b) üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu.....	56

## 1. GİRİŞ

Tahıl ve tahıl ürünleri toplumumuzun beslenmesinde önemli bir yer tutmakta olup, günlük enerji ve protein ihtiyacının büyük bir kısmı tahıl ve ürünlerinden, özellikle de ekmekten karşılanmaktadır. Ülkemizde günlük kişi başına tüketilen ekmek miktarı ortalama 331 gr olup (Anon. 2008a), ekmek tüketimi açısından Dünya ülkeleri arasında üst sıralarda yer almaktadır. Rafine beyaz buğday unundan üretilen beyaz ekmek, tek başına beslenmede yetersiz kaldığından, zenginleştirmek, fortifiye etmek ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla farklı katkı maddelerinin kullanıldığı pek çok araştırmaya konu olmaktadır.

Karabuğday, *Polygonaceae* familyasına ait hububat benzeri ancak bileşim bakımından farklı bir üründür. Karabuğday, bitkisel ürünler arasında dengeli amino asit kompozisyonu ile özellikle buğday ununda eksikliği görülen lizin amino asidinin tamamlanması açısından çok önemli bir kaynaktır. Ayrıca karabuğdayın, mineral ve vitamin kompozisyonu rafine buğday ununa göre daha zengin olup, karabuğdayın yapısında bulunan fonksiyonel bileşikler (lif, rutin, quersetin, fagopyratol, squalen, omega-6 ve steroller) başta kanser, kalp hastalıkları ve şeker olmak üzere pek çok hastalık riskinin düşürülmesinde önemli rol oynamaktadır. Karabuğdayın kendine has tat ve lezzeti, katıldığı ürünün aromatik profilini ve lezzetini geliştirip, artırmaktadır (Marshall ve Pomeranz 1982; Wijngaard ve Arendt 2006).

Karabuğday, buğdaydan farklı olarak gluten içermemektedir. Karabuğday unu, gluten içermeyen diğer hububat unları, ya da nişastaları ile birlikte kullanılarak, çölyak hastaları için yeni diyet ürünlerinin geliştirilmesinde, Dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Karabuğday kendine has tat ve aromasıyla bu tür ürünler için de önemli bir çeşitlilik kaynağıdır.

Ülkemizde karabuğdayın üretimine yönelik çalışmalar 2007 yılında Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Merkezi ve Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü ile ortaklaşa olarak başlatılmış olup, şu an yurt içindeki karabuğday talebi, bazı firmaların yurt dışından ithal ettiği karabuğdayı ambalajlayarak iç piyasaya sunmaları ile karşılanmaktadır.

Glutensiz ürünler ve protein kalitesi düşük unlardan üretilen hububat ürünlerinin tekstürel ve duyuşsal özelliklerini geliştirmek amacıyla çeşitli katkı maddeleri ve enzimler kullanılmaktadır. Transglutaminaz (TG) özellikle ekmek yapımına uygun olmayan düşük kaliteli buğday ve diğler hububat unlarında kullanıldığında, ekmek hamuru özelliklerini, ekmek hacim ve tekstürünü, kabuk ve iç rengini geliştirci etkide bulunan bir enzimdir (Larre ve ark. 2000; Başman ve ark. 2002b; Renzetti ve ark. 2008). Bu etki, TG'ın proteinlerin yapısındaki glutaminil ve lizil grupları arası kovalent çapraz bağların oluşumunu katalizlemesinden kaynaklanmaktadır (Başman ve ark. 2003). TG, hububat ürünlerinin yanı sıra baklagil, et ve süt ürünlerinde fonksiyonel özellikleri geliştirmek amacıyla kullanılabilir. TG bu ürünlerde proteinlerin modifikasyonu yolu ile termal stabilite, jel oluşturma kabiliyeti, su tutma kapasitesi, emülsifikasyon özellikleri ve besinsel değler üzerinde etkili olmaktadır (Kurt ve Zorba 2004).

SSL (sodyum stearyl 2-laktilat), fırın ürünlerinde sıklıkla kullanılan bir yüzey aktif madde olup, higroskopik özellikleri yok denecek kadar az, yağda-su tipi emülsiyonlarda emülsiyon teşkil edici lipofilik karaktere sahiptir. Bu özelliklerinden dolayı, ekmek hacmini, ekmek içyapısını ve ekmek rengini olumlu yönde etkilemektedir (Elgün ve Ertugay 1995). Özellikle yağ oranı yüksek hububat ürünlerinden üretilen ekmeklerde en fazla tercih edilen yüzey aktif maddedir.

Ekmek formülasyonuna ilave edilen buğday dışındaki hububat unları gibi, karabuğday öğütme ürünleri de başta unun kalitatif özellikleri olmak üzere hamur ve ekmek özelliklerine zarar vermektedir. Bu araştırmada un paçalına ilave edilen karabuğday öğütme ürünlerinden kaynaklanan bu olumsuz etkiyi telafi etmek üzere SSL ve TG katkısı ile un, hamur ve ekmek özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1. Karabuğday

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench), ilk olarak orta ve kuzeydoğu Asya'da yetiştirilmeye başlanmış, sonraları Rusya üzerinden Avrupa'ya ve tüm dünyaya yayılmıştır (Taira 1974; Marshall ve Pomeranz 1982). Dünya üzerinde en yaygın olarak üretilen karabuğday türü *Fagopyrum esculentum* Moench, dir. *Fagopyrum tartaricum* Gaertner ve *Fagopyrum emarginatum* kısmen yaygın olan diğer türlerdir (Wijngaard ve Arendt 2006).

Karabuğday tohumları üçgen piramit şeklindedir. Tohum kabukları parlak veya mat, kahverengi, siyah veya gri renktedir. Kabuğu soyulmuş karabuğday tanelerine "groat" denilmekte ve kimyasal kompozisyonu ve iriliği itibariyle buğdaya benzerlik göstermektedir (Obendorf ve ark. 1991; Edwardson 1995).

Karabuğdayın en dikkat çeken özellikleri; yüksek besin değeri, gluten içermemesi, çevre şartlarına karşı dayanıklılığı ve kötü ekolojilerde yetişebilmesidir (Taira 1974).

#### 2.1.1. Karabuğdayın kimyasal bileşimi

Karabuğday tanesi dış kabuk, meyve kabuğu (testa), aleuron tabakası, merkez endosperm ve embriyo olmak üzere 5 kısımdan oluşmaktadır. Karabuğday tanesinin her kısmının kimyasal kompozisyonu farklılıklar göstermektedir. Dış kabuk kısmı, çok fazla miktarda lifli madde içerirken, meyve kabuğuda tanin miktarı yüksektir. Merkezi endosperm çoğunlukla nişasta bakımından zengin ve bir miktar protein içerirken, embriyo kısmı protein ve ham lif bakımından oldukça zengindir (Anon. 2009).

### 2.1.1.1. Karabuğday proteinleri

Karabuğday tanesi ortalama olarak %10-12.5 oranında protein içermektedir (Li ve Zhang 2001). Karabuğday öğütme ürünleri (KÖÜ)'nden olan karabuğday beyaz unu (KBBU)'nun protein içeriği %10.3-10.6, karabuğday kepeği (KBK)'nin ise %21.6-25.3 arasında değişmektedir (Bonafaccia ve ark. 2003). Steadman ve ark. (2001) ise, KBBU, karabuğday tam unu (KBTU) ve KBK için protein değerlerini sırası ile %4.3-6.5, %12.3 ve %35.5-39.3 arasında rapor etmişlerdir. Protein miktarlarındaki bu değişkenlik, karabuğday türü, öğütme çeşidi ve un randımanındaki farklılıklara bağlanabilir. Ancak tüm araştırmalarda ortak olarak vurgulanan KBK'nin yüksek protein içeriği oldukça dikkat çekicidir.

Karabuğday, protein bakımından bitki aleminde en yüksek biyolojik değere sahip kaynaklar arasındadır (Marshall ve Pomeranz 1982). Tahılda, majör depo proteinler prolaminler iken karabuğdayda esas olarak globulinler bulunmaktadır (Wijngaard ve Arendt 2006). Karabuğday tanesi %64.5 oranında globulin, %12.5 albumin, 8.0 glutelin ve az bir miktarda (%2.9) prolamin içermektedir (Ikeda ve ark. 1991). Karabuğday, buğdayın aksine gluten içermemesinden dolayı çölyak hastalarının diyetleri için alternatif bir hammaddedir (Wijngaard ve Arendt 2006).

Karabuğday, dengeli amino asit kompozisyonu ve yüksek elzem amino asit içeriğinden dolayı gıda diyetlerinde önemli bir yere sahiptir. Karabuğday proteinleri, özellikle yüksek lizin içeriğinden dolayı, buğday, arpa, mısır, çavdar gibi tahıl çeşitlerinden daha yüksek biyolojik değere sahiptir (Süzer 2007). Karabuğday, tahıl proteinlerine göre daha yüksek oranda arjinin, aspartik asit ve triptofan, daha az oranda glutamik asit ve prolin içerir (Marshall ve Pomeranz 1982).

Karabuğdayın tam ve rafine unlarının proteinlerinde bulunan lizin, histidin, arjinin, aspartic asit, triyonin, serin, glutamik asit, prolin, glisin, alanin, valin, metiyonin, isolösin, lösin, trozin, fenil alenin miktarları (%) sırasıyla, 5.9 ve 5.7; 2.6 ve 2.7, 10.0 ve 7.9; 11.4 ve 10.5; 3.8 ve 4.1; 4.6 ve 4.7; 19.3 ve 17.6; 3.8 ve 5.1; 6.2 ve 6.2; 4.4 ve 4.5; 4.9-5.4; 2.8 ve 2.8; 3.7 ve 4.2; 6.2 ve 7.0; 2.1 ve 2.9; 4.8 ve 4.8 olarak bildirilmiş olup, tam unda protein oranı %16.4 iken, rafine unda %7.4 olarak rapor edilmiştir (Marshall ve Pomeranz 1982).

### 2.1.1.2. Karabuğday karbonhidratları

Karabuğday tanesi, %67.8-70.1 oranında toplam karbonhidrat içeriğine sahiptir. Nişasta, karabuğdayın temel karbonhidrat bileşeni olup toplam karbonhidratın %54.5'ünü oluşturur (Li ve Zhang 2001; Steadman ve ark. 2001). Karabuğday nişastasının kimyasal yapısı tahıl nişastasından farklıdır. Literatürde, KÖÜ içindeki nişasta oranının, %10.2-75.5 arasında değiştiği ve öğütme randımanına bağlı olarak nişasta içeriğinin büyük farklılık gösterdiği rapor edilmektedir (Steadman ve ark. 2001).

Karabuğday nişastası 4-15 µm çapında (Marshall ve Pomeranz 1982) yuvarlak yada poligenal şekildedir (Wijngaard ve Arendt 2006). Karabuğday nişastasının su bağlama kapasitesi %109.9 olup bu değer buğday ve mısır nişastasından çok daha yüksektir (Qian ve ark. 1998). Ayrıca karabuğday nişasta taneciği boyutunun küçük ve yüzeyinin porlu olmasından dolayı, alfa amilaz hassasiyeti buğday ve mısır nişastasındakinden yüksek olup, çok hızlı bir şekilde düşük molekülü şekerlere parçalanabilmektedir (Marshall ve Pomeranz 1982; Qian ve ark. 1998).

Karabuğday aynı zamanda %0.65-0.76 indirgen şeker, %0.79-1.16 oligosakkarit, %0.1-0.2 nişasta olamayan polisakkarit içerir (Mazza 1993). Bunlara ek olarak karabuğday önemli besinsel lif içeriği ve dirençli nişasta tipine sahip olup, vücutta daha yavaş sindirilmekte ve karabuğdayla üretilen ürünler düşük glisemik indekse sahip olmaktadır. Beyaz buğday unu ile üretilen ekmeğin glisemik indeksi 100 kabul edildiğinde, %50 KBBU ikamesiyle hazırlanan ekmeklerde glisemik indeks değeri 66.2'ye düşmektedir (Skrabanja ve ark. 2001).

KÖÜ'nden KBBU, KBTU ve KBK'nın toplam besinsel lif, çözümlü ve çözünmez lif içerikleri çeşitli araştırmalara konu olmuş ve bu öğütme ürünlerinin toplam besinsel lif miktarı sırasıyla, 1.7- 2.9 g/100g, 7.0 g/100g ve 13.4-16.6 g/100g, çözümlü besinsel lif içerikleri sırasıyla, 1.4-2.5 g/100g, 4.8 g/100g ve 10.2-11.2 g/100g, çözünmez lif içerikleri ise sırasıyla, 0.3 g/100g, 2.2 g/100g ve 3.2-5.8 g/100g olarak belirlenmiştir (Steadman ve ark. 2001).

### 2.1.1.3. Karabuğday lipitleri

Tahıl ve tahıl benzeri ürünlerde, az miktarda lipit bulunmasına rağmen önemli fizyolojik role sahiptir (Chapkin 2000). Karabuğday tanesi toplam % 1.5-6.5 arasında lipit içerir. Karabuğdayda, lipitler yoğun olarak embriyoda bulunurken, merkezi endospermde miktar oldukça azalır (Dorrell 1971). Steadman ve ark. (2001) KBBU, KBTU ve KBK için, toplam lipit içeriklerini sırasıyla, %0.6-1.4, %3.8 ve %10.9- 12.6 arasında rapor etmişlerdir.

Karabuğday tanesinin embriyosu daha çok doymamış yağ içerirken, tohum kabuğu ise yüksek miktarda doymuş yağ asidine sahiptir (Dorrell 1971). Karabuğdayda yenilebilir kısmın, her 100 gramı, lipit olarak 0.46 gr doymuş yağ asidi ve 1.66 gr doymamış yağ asidi içerir (Campbell ve Clayton 1997).

Linoleik asit, karabuğday da en fazla miktarda bulunan yağ asidi olup daha çok tohum kabuğunda konsantre olmuştur (Chapkin 2000). Karabuğday yağ asitlerinin yaklaşık % 95'i palmitik, oleik, linoleik ve linolenik yağ asitlerinden oluşmaktadır (Belova ve ark. 1971; Lockhart ve Nesheim 1978). Bonafaccia ve ark. (2003) ise karabuğday tanesinin yağ asidi içeriğini, %15.6 palmitik asit, %37.0 oleik asit, %39.0 linoleik asit, %1.0 linolenik asit, %1.8 araşidonik asit, %2.3 ekosenoik asit ve %1.1 behenik asitten oluştuğunu ve doymamış yağ asidi miktarının, doymuş yağ asidi miktarına oranının 3.87 olduğunu belirlemiştir.

### 2.1.1.4. Karabuğday mineralleri

Karabuğdayın mineral kompozisyonu çeşit ve yetiştirme koşullarına göre farklılık göstermekte olup, genel olarak pirinç, sorgum, mısır, buğday ve diğer tahıllardan daha zengin mineral içeriğine sahiptir (Wijngaard ve Arendt 2006). Özellikle Mg, Zn, K, P, Cu, Fe ve Mn miktarı yüksektir (Mazza 1988). Kavuzu soyulmuş karabuğday tanesinde 565 mg/100g K, 490 mg/100g P, 267 mg/100g Mg, 19.7 mg/100g Ca, 3.03 mg/100g Fe, 2.92 mg/100g Zn, 1.64 mg/100 g Mn bulunur (Steadman ve ark. 2001).

Mineral maddeler buğdayda olduğu gibi, karabuğdayın da dış tabakalarında lokalize olduğundan KBTU ve KBK yüksek oranda mineral içeriğine sahiptir

(Marshall ve Pomeranz 1982; Wijngaard ve Arendt 2006). KBK, 1416.3-1702.0 mg/100g K, 1353.3-1800.0 mg/100g P, 591.0-690.3 mg/100g Mg, 32.0-76.0 mg/100g, 6.0-10.6 mg/100g Fe, 7.3-10.6 mg/100g Zn, 4.6-5.8 mg/100g Mn, 2.4-3.2 mg/100g B, 1.0-1.5 mg/100g Cu, 0.3-0.9 mg/100g Al, 0.6-0.8 mg/100g Ni, 0.04-0.3 mg/100g Mo, 0.00-0.02 mg/100g Co, 0.00-0.01 mg/100g ve Cd, 0.00-0.04 mg/100g Cr içeriği ile unlu mamüller için çok önemli bir mineral kaynağıdır (Steadman ve ark. 2001).

KBK bu zengin mineral bileşiminin yanı sıra, yüksek oranda fitik asit içeriğine sahiptir. Fitik asit mineralleri bağlayarak biyoyararlılıklarını düşüren antibesinsel bir madde olarak tanımlanmasına rağmen, son zamanlarda antioksidan özelliği nedeniyle dikkat çekmektedir (Marshall ve Pomeranz 1982). KBBU, KBTU ve KBK'inde ortalama fitik asit miktarları %1.94-3.80, %11.70 ve %34.99-38.99 olarak rapor edilmiştir (Steadman ve ark. 2001).

#### **2.1.1.5. Karabuğday vitaminleri**

Karabuğday 0.21 mg/100g Vitamin A, 0.46mg/100g Vitamin B<sub>1</sub>, 0.14mg/100g Vitamin B<sub>2</sub>, 1.80 mg/100g Vitamin B<sub>3</sub>, 1.05 mg/100g Vitamin B<sub>5</sub>, 0.73mg/100g Vitamin B<sub>6</sub>, ve 5.46 mg/100g Vitamin E içeriğine sahip olup, karabuğday B grubu vitaminler ve E vitamini açısından önemli bir kaynaktır (Aufhammer 2000; Gabroska ve ark. 2002; Bonafaccia ve ark. 2003).

Karabuğdayın yapısında yüksek oranda bulunan B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub> vitaminleri sinir sistemi ve yağ metabolizmasında önemli bir yer tutar. Günde 100 gr karabuğday tüketimi ile yetişkin bir insanın günlük Vitamin B<sub>1</sub> ihtiyacının % 40'ı karşılanır (Udesky 1992; Süzer 2007).

Ayrıca karabuğday tanesi, buğday, arpa, yulaf ve çavdardan daha yüksek oranda tokoferol miktarına (5.46 mg/100g) sahiptir ve tokoferollerin tüm formlarını ihtiva eder (Wijngaard ve Arendt 2006).



### 2.1.1.6. Karabuğdayın fonksiyonel bileşikleri

Karabuğday, önemli rutin ve quersetin kaynağıdır. Bu flavanoid maddeler yüksek antioksidan aktiviteye sahip önemli fitokimyasallardır. Rutin pek çok tahıl ve baklagilde bulunmamasına rağmen karabuğdayda % 4-6 gibi yüksek oranda bulunur (Süzer 2007). Özellikle karabuğdayın kabuk kısmında rutin ve quersetin miktarı yüksektir (Oomah ve Mazza 1996). Steadman ve ark. (2001), KBBU, KBTU ve KBK'nin rutin içeriklerini, 0.060-0.071 g/kg, 0.254 g/kg ve 0.465-0.503 g/kg olarak belirlerken, aynı örneklerdeki quersetin miktarlarını sırasıyla, 0.000-0.001 g/kg, 0.002 g/kg ve 0.001-0.009 g/kg olarak rapor etmişlerdir. Skrabanja ve ark. (2004) KBBU ve KBK'inde sırasıyla %0.1-1.7 ve %1.4-6.0 oranlarında tanin içeriğinin mevcut olduğunu belirlemişlerdir.

Antioksidan aktivitenin yanı sıra, karabuğdaydaki fonksiyonel bileşenlerin, yüksek kan basıncının düşürülmesi, kolesterolün azaltılması, damarlarda esnekliğin ve dayanıklılığın artırılması, kalp hastalığı riskinin düşürülmesi, ayrıca fagopyratol bileşeni ile de kan şekerinin kontrolü, safra taşı oluşumunun engellenmesi ve kanser riskinin azaltılması gibi insan sağlığı üzerinde önemli etkileri mevcuttur (Marshall ve Pomeranz 1982; Wijngaard ve Arendt 2006).

### 2.1.1.7. Karabuğday unu üretimi ve hububat ürünlerinde kullanımı

Karabuğday unu üretimi iki farklı şekilde yapılmaktadır. Birinci yöntem tohum kabuğu ayrıldıktan sonra tanenin öğütülmesi, ikinci ise karabuğday tanesinin doğrudan öğütülüp, daha sonra kabuğun elenerek ayrılması metodudur. Karabuğdayın, buğdaya benzer bir prosesle valsli değirmende öğütülmesi ile %60-80 oranında un verimi elde edilebilmektedir (Marshall ve Pomeranz 1982). Farklı randımanlarda elde edilen karabuğday unlarının kimyasal kompozisyonları farklılık göstermekte olup; genel olarak protein içeriği %4.6-11.9, yağ miktarı %0.5-1.7, kül miktarı %0.6-1.7 ve nişasta miktarı %70.4-91.7 arasında değişmektedir (Skrabanja ve ark. 2004).

KÖÜ pek çok unlu mamulün formülasyonunda diğer hububat unları ile karıştırılarak kullanılabilir. KÖÜ, farklı ülkelerde, noodle, erişte, ekmek,

makarna, kek, krep, pankek, kahvaltılık tahıl, dondurma külahları ve bisküvi üretiminde kullanılabilir. Gluten içermemesinden dolayı, özellikle çölyak hastaları için üretilen ürünlerin formülasyonlarında önemli bir hammadde olarak yer almaktadır. Ayrıca, fonksiyonel ve diyetetik amaçlı ürünlerin üretiminde de karabuğdaya yer verilmektedir (Robinson 1980; Marshall ve Pomeranz 1982).

Literatürde, KÖÜ'nin hamur ve ekmek özellikleri üzerine etkisi ile ilgili yapılan çalışmalar sınırlı olup, bunlar aşağıda özetlenmiştir.

Chung ve Kim (1998) buğday ununa %30 oranında KBBU ilave ederek hazırladığı ekmek hamurlarının, farinograf ve ekstensograf özelliklerini incelemiş ve bazı katkı maddelerinin hamur reolojisi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda KBBU içeren hamurların, farinogramda gelişme süresi ve stabilite, ekstensogramda direnç, uzayabilirlik ve enerji değerlerinin, %100 buğday unu ile hazırlanan şahit hamurlarına göre düştüğünü; katkı maddesi olarak kullanılan, gluten, guar gam ve ksantan gamdan, hamur özelliklerini geliştirme açısından, glutenin etkili katkı maddesi olduğunu belirlemişlerdir.

Kim ve ark. (2000a) %30 oranına kadar KBBU'nu buğday ununa katarak hazırladıkları ekmek hamurlarında, artan KBBU oranına bağlı olarak farinografda stabilite, ekstensografda direnç, uzayabilirlik ve enerji değerlerinin düştüğünü; vital gluten, askorbik asit ya da hidrokispropil metil selüloz gibi katkı maddelerinin kullanımı ile hamur reolojik özelliklerini geliştirdiğini rapor etmişlerdir.

Klave (2004) ekmek hamuruna %30 oranına kadar ilave edilen KBBU'nun hamur özelliklerine etkisini araştırdığı çalışmada, karabuğday ilavesi ile hamurların yumuşama derecelerinin yükseldiğini ve ekstensogram direncinin düştüğünü belirlemiştir. Ayrıca kuvvetli buğday ununa ilave edilen %20 KBBU'nun un paçalını orta kuvvette bir una dönüştürdüğünü ifade etmiştir.

KBTU'nun hamur özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise, %0-40 arasında KBTU buğday unu ile paçal edilerek ekmek hamuru hazırlamada kullanılmıştır. Artan oranlardaki karabuğday ilavesi hamurların farinogram su absorpsiyonu ve gelişme süresini artırırken, ekstensogramda direnci düşürmüştür (Bonjanska ve ark. 2009).

KBBU'nun ekmek özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, Chung ve Kim (1998) buğday ununa %30 KBBU katılarak hazırlanan un

paçallarından üretilen ekmeklerin, ekmek içi ve kabuk parlaklığının (L) ve sarılığının (a) buğday unundan üretilen kontrol ekmeklerine göre azaldığını belirlemişlerdir. Aynı çalışmada, %30 KBBU kullanılan ekmeklere gluten ya da gum ilavesi ile ekmek hacimlerinin arttığı, duyuşsal ve tekstürel özelliklerinin geliştiğini ifade etmişlerdir.

Choi ve Chung (2007) buğday ununa %45 oranına kadar KBBU ilave ederek yaptıkları ekmeklerin sertliğinin KBBU ilavesiyle arttığını ve duyuşsal özellikler bakımından %30 KBBU kullanılarak hazırlanan ekmeklerin en fazla beğenildiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca, yüksek KBBU katılma oranlarında ekmeklerin iç renklerinin koyulaşarak, sarılık ve kırmızılık değerlerinin yükseldiği de belirlenmiştir.

Karabuğday ekmeklerinde, meydana gelen kalite düşüşlerini önlemek için daha önce belirtilen vital gluten ve gum gibi katkıların yanı sıra, peynir altı suyu, ya da süt katkılması ile kaliteli ekmeklerin üretilebileceği de literatürde yer almaktadır (Haber 1980). Kim ve ark. (1999) da KBBU ikamesi ile yapılan ekmek denemelerinde 100 ppm askorbik asit ve % 0.5 oranında SSL ilavesiyle ekmek hacmi ve ekmek içi yapısını önemli düzeyde geliştirdiğini rapor etmişlerdir.

Lin ve ark. (2009) karabuğdayca zenginleştirilmiş ekmeklerin duyuşsal özelliklerinin aroma ve ağız hissiyatı bakımından arttığını ve karabuğday ilavesinin aynı zamanda ekmeklerin antioksidan kapasitesini yükselttiğini bildirmişlerdir.

Karabuğday, Uzakdoğuda yaygın olarak erişte üretiminde kullanılmaktadır. Japonya da üretilen karabuğday eriştelerinde (soba noodle) %10-50 oranında KBBU kullanılmaktadır (Taira 1974). Bu tür eriştelerin bileşimi genellikle %70 sert buğday unu, %30 KBBU ve %28 sudan oluşmaktadır (Udesky 1992).

Duarte ve ark. (1996) %5-30 oranlarında KBBU ve KBTU'nu durum buğdayı unu ile karıştırarak spagetti üretiminde kullanmışlar ve karabuğday miktarı arttıkça lisen oranının yükseldiğini, KBBU'nda %30, KBTU'nda %15 katılama oranından sonra tekstür ve aromanın değiştiğini tespit etmişlerdir.

Manthey ve ark. (2004), spagetti üretiminde %30 oranına kadar KBK kullanmışlardır. Spagettiye katılan KBK oranı arttıkça pişme kayıplarının arttığını, 90 C°'de kurutma ile mekanik direnç ve pişme özellikleri bakımından iyi sonuçların elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Karabuğdayın çok sınırlı bir kullanım alanı da bisküvi üretimi olup, Liang and Ming (2006) farklı oranlarda KBBU'nu, maya, şeker, yağ, yumurta, süt tozu, tuz, su ve aroma maddeleri ile karıştırıp 28 °C de 2.5 saat fermente ettirerek kabul edilebilir renk, tekstür, aroma ve yüksek besinsel değere sahip bisküvi üretimini gerçekleştirmişlerdir. Vomberger ve Gostencnik (2005) iki farklı KBBU'nu hiç buğday unu ilave etmeksizin bisküvi üretiminde kullanmış ve kabul edilebilir sonuçlar elde etmişlerdir.

## 2.2. Transglutaminaz

Transglutaminaz enzimi (EC 2.3.2.13), çeşitli hayvan dokularında, bitkilerde ve mikroorganizmalarda bulunmakla beraber, canlılarda çeşitli biyolojik aktivitelerin gerçekleştirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Im ve ark. 1997; Kuraishi ve ark. 2001). İlk olarak domuz karaciğerinden elde edilen transglutaminaz (TG) enzimi, günümüzde ticari olarak *Streptovercticillium mobaraense*'den üretilmektedir (Kurt ve Zorba 2004).

TG enzimi, geniş bir pH aralığında aktivite göstermekte olup (4-9), optimum pH aralığı 4 ile 8 arasındadır. Optimum aktivite sıcaklığını 50–60 °C' de gösterirken, 70°C'de kısa sürede aktivitesini yitirmektedir. Buna karşılık donma noktasına yakın sıcaklıklarda bile sınırlı olsa aktivitesi gösterebilmektedir (Motoki ve Seguro 1998).

TG'm katalizlediği 3 farklı reaksiyon bulunmaktadır. Bunlardan ilki, protein ya da peptide bağlı glutaminin yapısında bulunan  $\gamma$ -karboksiamid ile primer aminler arasındaki açıl transfer reaksiyonları; ikincisi, proteinlerin yapısındaki glutaminil ve lizil arası çapraz kovalent bağlar oluşturması; üçüncü reaksiyonu ise uygun primer aminler bulunmadığında ya da lizinin amino gruplarının kimyasal ajanlarla bloke olması durumunda su alıcı olarak kullanılması (acceptor) ve transglutaminazın deamidasyon tepkimesi ile glutaminil–glutamil dönüşümünün sağlandığı reaksiyondur (Zhu ve ark. 1995; Kuraishi ve ark. 1996, 2001; Motoki ve Seguro 1998; Gerrard 2002; Başman ve ark. 2002c).

Protein içeren gıdalarda lizin çapraz kovalent bağları hızlı bir şekilde ve diğer reaksiyonlardan daha önce oluşmakta ve ortamda TG tarafından kullanılabilir

glutamin ve lizin tükenene kadar reaksiyon devam etmektedir (Kuraishi ve ark. 1996; Kuraishi ve ark. 2001).

TG, katalizlediği spesifik reaksiyonlar sonucunda, proteinlerin fonksiyonel özelliklerini geliştirerek su tutma kabiliyetlerini, emülsiyon stabiliteelerini, vizkozitelerini ve bazı emülsiyon özelliklerini geliştirmektedir (Kuraishi ve ark. 1996).

TG, baklagil globulinleri, buğday gluteni, yumurta proteinleri, aktin, miyozin, fibrin, süt kazeinleri,  $\alpha$ -laktalbumin ve  $\beta$ -laktoglobulin gibi birçok gıda proteinini substrat olarak kullanabildiğinden, süt, et, soya fasülyesi ve buğday gluteni gibi proteinlerin çapraz bağlanmasını katalizleyebilmektedir (Ikura ve ark. 1980; Motoki ve Nio 1983; Kurth ve Rogers 1984; Han ve Damodaran 1996; Motoki ve Seguro 1998; Köksel ve ark. 2001).

Renzetti ve ark. (2008) tarafından 6 farklı glutensiz un (kahverengi pirinç, karabuğday, mısır, yulaf sorgum ve teff) üzerinde yapılan çalışmada, karabuğday ve kahverengi pirincin TG için çok uygun substratlar olduğu belirtilmiştir.

TG'ın hububat ürünlerinde kullanımına yönelik pek çok araştırma yapılmış olup TG'ın hamur ve ekmek özellikleri üzerine etkisi ile ilgili araştırmalar aşağıda özetlenmiştir.

Hamur reolojik özellikleri üzerine yapılan çalışmalar, TG'ın hamur direncini artırırken, elastikiyetini azaltmasına odaklanmıştır. Başman ve ark. (2003), soya unu ve buğday unu karışımından elde edilen hamurlara ilave edilen TG'ın hamur direncini arttırıcı, hamur uzayabilirliğini düşürücü etkisi olduğunu rapor etmişlerdir. Başman ve ark. (2002a), başka bir araştırmalarında, %0.5 oranına kadar un paçalına ilave edilen TG'ın farinograf su kaldırma kapasitesini düşürürken, hamur gelişme süresi ve stabilite değerlerini arttırdığını rapor etmişlerdir. Buna karşılık daha yüksek miktarlarda (%1-1.5) ilave edilen TG'ın bütün değerleri düşürdüğünü ifade etmişlerdir.

Gerrard ve ark. (1998) ve Larre ve ark. (2000), TG'ın gluten proteinlerinin polimerizasyonu ile hamur elastikiyeti ve hamur işleme kalitesini olumlu yönde etkilediğini rapor etmişlerdir.

Köksel ve ark. (2001) yüksek miktarda süne kıvımlı zararına uğramış un paçallarına ilave edilen TG'in süne kıvımlı enzimleri tarafından hidrolize edilmiş hamurun yapısını yeniden oluşturma özelliğine sahip olduğunu belirtmiştir.

Buğday unu proteinlerine TG ve glukozoksidazın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, yaş glutene TG ve glukozoksidaz ilave edilmiş ve TG ilaveli hamurlar daha az yapışkan ve daha fazla uzayabilirlikte iken; glukozoksidaz ilaveli olanlar daha fazla yapışkan ve daha az uzayabilirliğe sahip bulunmuştur (Rosell ve ark. 2003).

Ribotta ve ark. (2008), buğday ununa %10 oranında soya unu katarak yaptıkları ekmek denemelerinde, ilave edilen diğer katkılara göre TG'in hamur reolojik özellikleri ve ekmek içi gözenek yapısına önemli etkide bulunduğunu rapor etmişlerdir.

Renzetti ve ark (2008) karabuğday ilaveli ekmek hamurlarında TG kullanımının hamurun deformasyona karşı direncini ve elastikiyetini artırdığını, 10 U/g TG ilavesinin hamurun pseudoplastik davranışını geliştirici etkisinin olduğunu rapor etmişlerdir.

Ancak yüksek miktarlarda kullanılan TG'in düşük miktarlarda kullanılan oranlarına göre, hamuru kuvvetlendirmenin aksine hamur yapısını ve kalitesini bozucu etkide bulunduğu literatürde yer almaktadır (Bauer ve ark. 2003).

TG'in ekmek özellikleri üzerine olan etkisi genellikle tekstürel bozuklukların giderilmesi ve ekmek hacminin artırılması yönünde olmaktadır (Gerrard ve ark. 1998; Gerrard ve ark. 2000; Başman ve ark. 2002a; Tseng ve Lai 2002).

Başman ve ark. (2002a), düşük miktarda kullanılan TG'nin ekmek kalitesi, ekmek içi ve ekmek kabuğu karakteristiklerini iyileştirdiğini ancak yüksek miktarlarda kullanılan TG'nin ekmek özellikleri üzerine zarar verici etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Başman ve ark. (2002b) yaptığı başka bir çalışmada, zayıf karakterli buğday ununda, düşük seviyede kullanılan TG'in ekmek içi sertliği üzerinde önemli bulunduğunu, ancak artan seviyelerde kullanılan TG'in ekmek içi sertlik değerlerini artırdığını rapor etmişlerdir. Ekmek içi sertliğindeki artışı, fazla miktarda oluşan çapraz bağların çok kuvvetli bir hamur oluşturmaya bağlanabileceğini söylemişlerdir.

Collar ve ark. (2005), beyaz ve tam unlarda TG ile birlikte amilolitik aktiviteye sahip enzim kullanılması durumunda, ekmek kalitesi ve bayatlamamanın

yavaşlatılması konusunda sinerjistik etki gösterdiklerini ve bu etkinin beyaz unda tam una göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Ribotta ve ark. (2008), %0.63 SSL, %0.0046 heksoz oksidaz ve %0.081 TG ile iyi bir katkı optimizasyonu sağlanarak, soya unu - buğday unu miskinden kabul edilebilir kalitede ekmeğe üretilbileceğini rapor etmişlerdir.

TG'ın, son zamanlarda gluten içermeyen un sistemlerinde ve glutensiz ekmeğe üretiminde protein, ağı üzerinde önemli kalite iyileştirici özelliğinden dolayı kullanılması da yaygınlaşmaktadır (Renzetti ve ark. 2008).

### 2.3. Yüzey Aktif Maddeler

Yüzey aktif maddeler, apolar gövdelerine ek olarak polar gruplar içerdiğinden, polar ve apolar maddelerin birbiri içerisinde homojen olarak dağılmasını ve çeşitli kimyasal bağlarla birbirlerine bağlanmasını sağlarlar (Pomeranz 1987).

Yüzey aktif maddelerin genel olarak gıda sistemlerindeki işlevleri, emülsiyon kararlılığı sağlamak, nişasta ile karışımlar oluşturarak nişasta içeren ürünlerin tekstürünü geliştirmek ve raf ömrünü uzatmak, gluten proteinleriyle kompleks oluşturarak buğday unu hamurlarının reolojik özelliklerini iyileştirmek ve yağ kökenli ürünlerin kıvam ve tekstürünü geliştirmektir (Krog 1971).

Yüzey aktif maddeler ekmeğe yapımında mekanizmaları itibariyle hamur güçlendiriciler ve bayatlamayı geciktiriciler olmak üzere iki ana grup altında toplanmaktadır (Elgün ve Ertugay 1997; Ravi ve ark. 2000). Hamur güçlendirici olarak kullanılan başlıca yüzey aktif maddeler mono ve digliseritlerin diasetil tartarik asit esterleri (DATEM), sodyum steorol 2-laktilat (SSL), kalsiyum steorol 2-laktilat (CSL) dir.

Yüzey aktif maddelerin, hamuru iyileştici özellikleri iki yolla olmaktadır. Birincisi, yüzey aktif maddelerin moleküllerinin gluten proteinleriyle yaptıkları hidrofobik ve/yada hidrofilik gruplar sonucu birbirleriyle interaksiyona girmesiyle etki göstermesidir. İkinci yol ise, hamurda yağ-su emülsiyonu oluşturmasıyla etki göstermeleridir. Lipit molekülleriyle proteinin polar ve polar olmayan kısımları ile stabil bir hava-su interfazı oluşturmalarıdır (Krog 1981).

Yüzey aktif maddeler ekmek hamurunda gluten gelişimini teşvik edici, yağla suyun emülsiyon oluşturma gücünü artırıcı ve suyun hamurda tutulmasını sağlayıcı, protein–nişasta, protein–yağ komplekslerinin oluşumunu sağlayıcı, yoğurma toleransını artırıcı, hamurun gaz tutma yeteneğini artırıcı ve buna bağlı olarak ekmek hacmini artırıcı, ekmek içi sertliğini ve yapışkanlığını azaltıcı, bayatlamayı geciktirici etkilere sahiptirler (Özkaya ve Özkaya 1992; Özer ve Atlan 1995).

Yüzey aktif maddeler içinde SSL hidroskobik özellikleri yok denecek kadar az, yağda-su tipi emülsiyonlarda emülsiyon teşkil edici lipofilik karakterde bir maddedir. Özellikle fırın ürünlerinde kullanım düzeyine bağlı olarak kaliteyi artırıcı ve una soya gibi özellikle yağ içeriği fazla olan ve ürünün besin değerini artırıcı katkıların ilavesini mümkün kılmaktadır. Soya unu ile beraber diğer katkıların gluten gibi öz teşkil etme yeteneği olmamasından dolayı ekmekçilik kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle bu katkılarla beraber SSL in birlikte kullanılması ekmekçilik kalitesi açısından olumsuzlukları iyileştirirken, ekmek hacmi, ekmek iç yapısı ve ekmek rengini olumlu yönde etkilemektedir (Ercan 1987; Elgün ve Ertugay 1995).

Literatürde SSL'in hamur ve ekmek özellikleri üzerine etkisini konu alan pek çok araştırma mevcut olup, bu araştırmalar SSL'in lipofilik özelliği ile yağlı ürünlerde daha etkin bir performans göstermesinden dolayı, genellikle yağ içeriği yüksek kepek ve soya ürünlerinin ekmekte kullanımını üzerinde yoğunlaşmıştır.

Gomez ve ark. (2004), yüzey aktif maddelerin ekmek hamuru üzerine etkisini araştırdıkları denemelerinde, eklenen SSL in su kaldırma kapasitesini düşürdüğünü ve kullanım oranı arttıkça su kaldırmanın daha fazla düştüğünü rapor etmişlerdir. Aynı çalışmada, hamur gelişme süresi artan SSL konsantrasyonuna bağlı olarak artış göstermiştir. Ravi ve ark. (2000), ise SSL'in ekmek hamurunun gelişme süresini etkilememesine karşın, stabilite değerini arttırdığını ve yoğurma tolerans sayısını azalttığını rapor etmişlerdir. Hamur reolojisi üzerine yapılan başka bir çalışmada, Indrani ve Rao (2003), buğday ununa SSL ilavesiyle üretilen parotta ekmeğin kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada, ilave edilen SSLin farinograf su kaldırma kapasitesini değiştirmedikçe ancak farinograf stabilitesini, volarimetre değerini ve ekstensograf enerjisini arttırdığını rapor etmişlerdir.



SSL'in ekmek hacmi ve tekstürü üzerinde tek başına ya da diğer katkı maddeleri ile birlikte olumlu etkisini konu alan çeşitli araştırmalar mevcuttur. Lai ve ark. (1989), % 14 oranında buğday kepeği içeren un paçalından yapılan ekmeklere, % 2 SSL ilave edilmesi durumunda kontrol ekmekleriyle aynı hacime sahip ekmek üretilebileceğini bildirmişlerdir. Başka bir araştırmada, Silaula ve ark. (1989) ise, 10-20 ppm potasyum bromat ve % 0.5- 1.0 SSL'in ekmek hacmini geliştirici etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Sosulski ve Wu (1988) da potasyum bromat ve SSL'nin kuru gluten ilavesine gerek olmaksızın kepekli ekmeklerin özelliklerini iyileştirdiğini, potasyum bromatın ekmek hacmini arttırırken SSL'in tekstürü iyileştirerek daha tekdüze bir gözenek dağılımı sağladığını bildirmişlerdir.

SSL'in ekmek sertliği üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, buğday ununa % 30 oranında sorgum unu ilavesi ile hazırlanan ekmeklerde, % 0.5 oranında DATEM ve SSL kullanımı ile ekmek içi karakteristiğinin geliştiği, bunun sonucu olarak da ekmek sertliğinin düştüğü rapor edilmiştir (Balla ve ark. 1999). Ancak Ribotta ve ark. (2008) yüksek oranlarda SSL kullanımının ekmek içi por yapısını negatif yönde etkilediğini, sertlik ve çignenebilirlik üzerine SSL in negatif lineer etkisi olduğunu belirlemişlerdir.

Rao ve Rao (1991), kepekli ekmeklerin niteliklerinin iyileştirilmesinde diğer katkı maddeleri ile birlikte % 0.5 SSL kullanımının yararlı olduğunu belirtirken, Sidhu ve ark. (1999), lif içeriği yüksek ekmeklerde % 0.5 oranında SSL kullanımı ile ekmek kalitesinin arttığını rapor etmişlerdir. Bir başka araştırmada da Shogren ve ark. (1981), ekmekte kepek ilavesi ile meydana gelen olumsuz etkinin; vital gluten ile birlikte yüzey aktif maddelerden DATEM, SSL ya da lesitinden herhangi birisinin kullanılmasıyla önlenebileceğini belirlemişlerdir.

### **3. MATERYAL VE METOT**

#### **3.1. Materyal**

Ekmek denemelerinde, piyasadan sağlanan kuvvetli Tip 550 buğday unu (Ova Un Fabrikası, Konya), rafine sofrata tuzu ve günlük olarak temin edilen taze yaş maya kullanılmıştır.

Tane halindeki karabuğday (kavuzsuz) Yar Gıda, Antalya'dan temin edilerek, kabuk soyucu (Seed buro 109 W/C, Seedburo Equipment, Chicago, ABD) vasıtasıyla kepek tabakası ayrılıp, karabuğday kepeği (KBK) elde edilmiştir. Soyulmuş karabuğday taneleri laboratuvar tipi çekiçli değirmende (Perten-3100 Laboratuvar Değirmeni, Perten Instruments, AB, Huddinge, İsveç) öğütülerek (<500 µ) karabuğday beyaz unu (KBBU) elde edilmiştir. Karabuğday tam unu (KBTU) üretimi için karabuğday taneleri herhangi bir ön işleme tabi tutulmaksızın çekiçli değirmende %100 randımanla tam una öğütülmüştür (<500 µ).

Ekmek denemelerinde katkı olarak, sodyum stearol 2-laktilat (Palsgaard A/S, Juelsminde, Denmark), transglutaminaz (AB Enzymes GMBH, Darmstadt, Germany), askorbik asit (HBI, Shanghai, China) ve fungal alfa amilaz (60000 SKB, Novazym, Poland) kullanılmıştır.

#### **3.2. Metot**

##### **3.2.1. Deneme planı**

Ekmek üretiminde, Tip 550 buğday unu (BU) ve buğday ununa yer değiştirme esasına göre %20 oranında ilave edilen KBK, KBTU ve KBBU kullanılmıştır. Ekmek denemeleri, iki tekerrürlü olarak katkısız ve katkılı (sodyum stearol 2-laktilat, transglutaminaz ve sodyum stearol 2-laktilat + transglutaminaz kombinasyonu) olarak (4 x 4) x 2 faktöriyel deneme desenine göre yürütülmüştür (Düzgüneş ve ark. 1987).

### 3.2.2. Ekmek denemeleri

Ekmek pişirme denemelerinde, direkt ekmek pişirme metodu (AACC 10-10, Anon. 1990), Türk usulü ekmek yapım yöntemine modifiye edilerek ekmek yapımında kullanılmıştır. 100 gram un esasına göre; %3 maya, %1.5 tuz ve farinografda elde edilen su kaldırma değerinin 2 puan üzeri su kullanılarak ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. 75 ppm askorbik asit ve 25 ppm fungal alfa amilaz sabit katkı olarak tüm ekmek denemelerinde kullanılmıştır. Hamur bileşenleri olgun hamur elde edilene kadar yoğrularak, elde edilen hamurlar 30°C’de %85 nispi nemde 30+30 dakika kitle fermantasyonuna tabi tutulmuşlardır. Ekmek hamuru havalandırılıp şekillendirildikten sonra 50 dakika dinlendirilip, 230°C’de ki fırında (Arçelik ARMD-580, İstanbul, Türkiye) 15 dakika süreyle pişirilmiştir.

Üretilen ekmekler fırından çıkarıldıktan sonra ağırlıkları tartılmış, hacimleri ölçülmüştür. Ekmeklerin spesifik hacim değerleri ekmek hacminin ekmek ağırlığına oranlanması ile hesaplanmıştır (Elgün ve ark. 2005). 24 saat sonra bütün ekmeklerin, ekmek içi gözenek yapısı ve simetri değerleri belirlenmiş, diğer duyuşsal özellikler teknolojik özellikler bakımından üstün bulunan SSL+TG katkılı ekmek örneklerinde yapılmıştır.

Ekmek içi sertlik ölçümü için, ekmek paralellerinden biri 24 saat, diğeri 72 saat sonra polietilen torbasından çıkarılarak testere ağızlı bıçak ile özel yapılmış kalıbı içinde 20 mm kalınlığında 5 dilime kesilmiştir. Orta dilimin iki yanında kalan dilimlerin dışa bakan yüzeylerinden, biyolojik test cihazı kullanılarak, 5mm’lik baskı derinliğinde Aydın ve Öğüt (1991)’e göre sertlik değeri (Newton/cm<sup>2</sup>) belirlenmiştir.

### 3.2.3. Laboratuvar analizleri

#### 3.2.3.1. Un ve hamur analizleri

BU ve KÖÜ’nde un granülasyonu değerleri Elgün ve ark. (2005)’nin metoduna göre, 500, 212, 140 µ’luk elekler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Un paçallarının yaş gluten ve gluten indeks tayini AACC 38-12’ye göre yapılmıştır (Anon. 1990). Zeleny sedimentasyon testi ICC-Standart No.116 metoduna göre

belirlenmiştir (Anon. 1981). Ekmek hamurlarında, Farinograf ve Ekstensograf analizleri ise AACC 54-21 ve AACC 54-10'a göre gerçekleştirilmiştir (Anon. 1990).

### 3.2.3.2 Kimyasal analizler

Ekmek üretiminde kullanılan un paçalları ve elde edilen ekmek örneklerinde su ve kül tayini AACC 44-19 ve ICC 104-1 standart metotları kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Anon. 1990; Anon. 1981). Kül tayini, örnekler kül fırınında (Nobertherm, Controller B170 MB1, Lilienthal, Germany)  $900 \pm 20^{\circ}\text{C}$ 'de yakılarak gerçekleştirilmiştir. Protein tayini Kjeldahl metoduna (AACC 46-12) göre yapılmış olup, BU'nda 5.70, KÖÜ'nde ise 6.25 faktörü kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır (Anon. 1990). Örneklerin ham selüloz miktarlarının belirlenmesinde AACC 32-10 metodu, ham yağ miktarlarının belirlenmesinde ise AACC 30-25 metodu kullanılmıştır (Anon. 1990). Un paçallarının nişasta miktarı tayini Ewers metodu kullanılarak AOAC, 14.032'e göre gerçekleştirilmiştir (Anon. 1980).

Un ve ekmek örneklerdeki Ca, Mg, P, Fe ve K miktarları ICP-OES (inductively-coupled plasma spectrometer) cihazında (Vista Series, Varian International, AG, İsviçre) tayin edilmiştir (Skujins 1998). 0.5 g kuru örnek 5 ml  $\text{HNO}_3$  + 3 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  kullanılarak mikrodalga yakma sisteminde (Milestone, USA) yağ yakma metoduyla yakılmış, elde edilen süzüklerde mineral madde içerikleri belirlenmiştir.

### 3.2.3.3. Renk tayini

Hammadde ve ekmek örneklerindeki renk değerleri Minolta CR 400 (Minolta Camera. Co., Ltd., Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Renk sıkalası; L değeri [(0)Siyah – (100)beyaz ], a değeri [(+ )kırmızı, (-)yeşil] ve b değeri [(+) sarı, (-) mavi]] olarak kullanılmıştır.

#### **3.2.3.4. Duyusal analizler**

Ekmeklerin duyusal değerlendirmesi, Selçuk Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde görevli 30-55 yaşları arasındaki 10 kişi tarafından gerçekleştirilmiştir. Ekmek içi gözenek yapısı ve simetri değerleri tüm ekmek örneklerinde belirlenirken, tat-koku, renk, acı tat, çiğneme özelliği ve genel beğeni değerleri, yalnızca teknolojik özellikler bakımından daha üstün bulunan SSL+TG kombinasyonu ile üretilen ekmeklerde belirlenmiştir. Duyusal özellikler, 1-5 arasındaki skala (1-çok kötü, 2-kötü, 3-orta, 4-iyi ve 5-çok iyi) kullanılarak değerlendirilmiştir.

#### **3.2.3.5. İstatistiksel değerlendirme**

Araştırma sonucunda elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş olup, farklılıkları istatistiki olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. İstatistiki analiz sonuçları tablolar halinde özetlenmiş, önemli bulunan interaksiyonlar ise şekiller üzerinde gösterilmiştir (Düzgüneş ve ark. 1987).

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Analitik Sonuçlar

Ekmek üretiminde hammadde olarak kullanılan buğday unu (BU), karabuğday beyaz unu (KBBU), karabuğday tam unu (KBTU) ve karabuğday kepeği (KBK) örneklerine ait un granülasyonu değerleri, kimyasal analiz sonuçları ve renk değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

BU ve karabuğday öğütme ürünleri (KÖÜ)’nden 500µ elek üzerinde kalan en iri materyalin miktarı (%0.1-0.5) oldukça az olup, değerler istatistiki olarak farksız bulunmuştur. KBK’nin partikül boyutlarının yüksek oranda 500-212µ aralığına denk geldiği, bunu sırasıyla BU, KBT ve KBBU’nun izlediği görülmüştür (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.1. Buğday unu ve karabuğday öğütme ürünlerinin bazı fiziksel, kimyasal analiz sonuçları ve renk değerleri\* \*\***

Parametre	BU	KBBU	KBTU	KBK
Un granülasyonu(%)				
>500µ	0.2±0.14 a	0.4±0.28 a	0.5±0.14 a	0.1±0.0 a
500-212µ	65.9±0.14 b	45.5±1.41 d	55.7±0.99 c	78.2±1.13 a
212-140 µ	29.2±1.13 c	44.9±0.14 a	40.4±0.57 b	20.0±0.85 d
<140 µ	4.9±0.14 b	9.2±0.42 a	3.4±0.14 c	1.7±0.14 d
Kimyasal analizler				
Su (%)	10.30±0.03 a	10.28±0.02 a	10.41±0.03 a	9.16±0.13 b
Kül (%)***	0.44±0.01 d	0.55±0.00 c	1.68±0.01 b	4.10±0.01 a
Protein (%)****	12.12±0.04 b	8.95±0.14 d	11.53±0.15 c	25.17±0.06 a
Selüloz (%)	0.49±0.02 d	0.60±0.02 c	2.09±0.01 b	6.63±0.04 a
Yağ (%)	0.84±0.03 d	1.26±0.06 c	2.66±0.05 b	6.00±0.03 a
Nişasta (%)	71.30±0.42 a	70.35±0.58 a	65.70±0.57 b	38.95±0.44 c
Mineral madde (mg/100g)				
Ca	22.7±0.27 c	10.7±0.28 d	24.9±0.22 b	33.7±0.39 a
Mg	40±0.29 d	52±0.95 c	233±2.05 b	476±1.77 a
P	126±4.53 c	121±4.94 c	399±3.04 b	968±3.96 a
Fe	0.90±0.01 c	0.75±0.07 d	1.72±0.03 b	5.90±0.04 a
K	158±1.06 d	232±2.90 c	480±4.74 b	888±1.20 a
Renk değerleri				
L	92.98±0.07 a	85.95±0.32 b	77.01±0.33 c	73.67±0.21 d
A	-0.89±0.04 d	1.11±0.06 c	3.20±0.08 b	4.03±0.03 a
B	9.52±0.08 d	13.16±0.15 c	15.78±0.20 b	16.41±0.06 a

\* Satır içinde aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

\*\* BU: Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

\*\*\* Kimyasal analiz sonuçları kuru madde üzerinden verilmiştir.

\*\*\*\* Buğday ununda N x 5.7, karabuğday öğütme ürünlerinde N x 6.25 faktörü kullanılmıştır.

KBBU 212-140 $\mu$  boyutlardaki partikülleri en fazla içeren öğütme ürünü olup, bunu sırasıyla KBTU, BU ve KBK izlemiştir. 140 $\mu$  dan küçük partikül büyüklüğüne sahip fraksiyonlar en fazla KBBU'nda, en az KBK'nde belirlenmiştir. Tüm örnekler içinde genel olarak, KBBU en ince partikül iriliğine sahip olurken, bunu sırasıyla KBTU ve BU izlemiştir. KBK incelenen tüm örnekler içinde en kaba granülasyona sahip örnek olmuştur.

Tip 550 BU ve KÖÜ'nde kül miktarı %0.44-4.10 arasında değişmiş olup, KBK en yüksek kül değerini vermiştir (Çizelge 4.1). Bu sonuçlardan, karabuğday tanesinin, buğday tanesinde olduğu gibi dış tabakalarında yüksek kül içeriğine sahip olduğu görülmektedir. KÖÜ'nin kül içeriği öğütme randımanından çok yüksek oranda etkilenmekte olup, Steadman ve ark. (2001) KBBU, KBTU ve KBK için kül değerlerin %0.6-1.0, %2.4 ve %7.0-7.4 arasında olduğunu rapor etmişlerdir.

Ekmek üretiminde kullanılan ana hammaddelerin protein değerleri incelendiğinde, KBK'nin BU ve KBTU'ndan yaklaşık 2 kat fazla protein içeriğine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1). KBBU ve KBTU'nun protein içerikleri Marshall ve Pomeranz (1982)'in belirlediği protein değerlerine benzerlik gösterirken, KBK'nin protein değeri Steadman ve ark. (2001) tarafından verilen protein değerleri ile uyumlu bulunmuştur.

KÖÜ arasında karabuğday tanesinin en dış tabakalarını oluşturan KBK en yüksek selüloz (% 6.63) ve yağ (% 6.00) içeriğine sahip olurken, iç tabakalardan elde edilen KBBU'yu düşük selüloz (%0.60) ve yağ (%1.26) değerleri ile dikkat çekmektedir. Bütün örnekler arasında BU en düşük selüloz ve yağ içeriğine sahip un olmuştur (Çizelge 4.1). Skrabanja ve ark. (2004) KBBU ve KBK için yağ içeriklerini sırasıyla, % 0.5-1.7 ve %5.4-9.7 arasında olduğunu rapor etmişlerdir.

Nişasta miktarı açısından, BU ve KBBU'nun istatistiki olarak diğer örneklerden daha yüksek oranda nişasta içeriğine sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.1). KBK'nin ise beklendiği şekilde en düşük nişasta (%38.95) miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Skrabanja ve ark. (2004) KBBU ve KBK için nişasta miktarını sırasıyla %70.4-91.7 ve %20.3- 42.6 arasında, Steadman ve ark. (2001) KBBU, KBTU ve KBK için nişasta değerlerini sırasıyla, %75.5, %54.5 ve %17.8 olarak belirlemişlerdir.

Ekmek üretiminde hammadde olarak kullanılan un örneklerine ait mineral madde (Ca, Mg, P, Fe ve K) değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. İstatistiki olarak KBK en yüksek mineral içeriğine sahip olup, bunu KBTU takip etmiştir. KBBU, Ca ve Fe içeriği bakımından tüm örnekler arasında en düşük değere sahip olmuştur. KÖÜ’nin mineral madde değerleri, kül değerlerinde olduğu gibi öğütme randımanından ve karabuğday çeşidinden oldukça fazla etkilenmekte olup, KBBU, KBTU ve KBK için elde edilen mineral madde değerleri Steadman ve ark. (2001) tarafından belirlenen değerlere benzerlik göstermektedir.

Ekmek ana hammaddesi olarak kullanılan BU, KBBU, KBTU ve KBK’ne ait renk değerleri (L, a ve b) Çizelge 4.1’de verilmiştir. İstatistiki olarak, KBK’nin en yüksek kırmızılık (a) ve sarılık (b) en düşük parlaklık (L) değerine sahip olduğu görülmektedir. BU beklenildiği gibi en yüksek parlaklık, en düşük sarılık ve kırmızılık değerlerine sahip hammadde olmuştur. Karabuğdayın koyu kabuk rengi ve yoğun pigmentasyonu, özellikle kepek ve tam un örneklerinde koyuluğu, sarılık ve kırmızılığı artırıcı özellik göstermiştir.

Ekmek üretiminde kullanılan BU ve %20 oranında KBBU, KBTU ve KBK ile yer değiştirilen üç ayrı un paçalarına ait yaş gluten, gluten indeks ve Zeleny sedimentasyon testi sonuçları Çizelge 4.2 de verilmiştir. Gluten içermeyen KÖÜ buğday unu ile paçal edildiğinde, doğal olarak gluten miktar ve kalitesini ifade eden parametrelerin düşmesine neden olmuştur.

**Çizelge 4.2. Ekmek üretiminde kullanılan un paçalarına ait bazı fizikokimyasal analiz sonuçları<sup>\*,\*\*</sup>**

Parametre	%100 BU	%20 KBBU	%20 KBTU	%20 KBK
Yaş gluten (%)	30.80±0.28 a	24.45±0.07 b	24.65±0.07 b	24.78±0.04 b
Gluten indeks (%)	96.75±1.06 a	93.85±0.21 b	94.00±0.00 b	93.75±0.35 b
Z. sedimentasyon (cc)	39.25±0.35 a	34.20±0.28 b	33.00±0.00 b	32.50±0.71 b

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

\*\* BU: Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği



## 4.2. Araştırma Sonuçları

### 4.2.1. Hamur reolojik özellikleri

#### 4.2.1.1. Farinogram özellikleri

Farklı un paçalları ve un katkıları kullanılarak hazırlanan ekmek hamurlarının farinogram değerleri Çizelge 4.3'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4'de, un paçalı ve katkı faktörlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.5'de verilmiştir.

##### 4.2.1.1.1. Su absorpsiyonu

Farklı un paçalları ve un katkıları kullanılarak hazırlanan ekmek hamurlarının su absorpsiyon değerleri %63.8-84.1 arasında değişmiş olup (Çizelge 4.3), un çeşidi ve katkı faktörleri su absorpsiyonu değerleri üzerinde  $p<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.3. Ekmek hamurlarına ait Farinogram değerleri\***

Un paçalı**	Katki***	Su absorpsiyonu (%)	Gelişme süresi (dakika)	Stabilite (dakika)	Yumuşama derecesi (BU)
%100 BU	Şahit	63.8±0.14	2.45±0.35	15.10±0.14	40±5.66
	SSL	64.1±0.00	2.10±0.14	18.85±0.07	58±12.02
	TG	64.2±0.00	2.20±0.14	15.30±0.07	30±4.24
	SSL+TG	63.9±0.14	2.35±0.21	18.65±0.07	47±8.48
%20 KBBU	Şahit	84.1±0.43	10.45±0.35	9.85±0.64	4±0.00
	SSL	81.6±0.07	11.50±0.71	10.70±0.85	17±1.41
	TG	83.5±0.07	10.35±0.21	9.50±1.56	3±2.12
	SSL+TG	81.5±0.00	13.35±0.21	10.90±0.28	6±4.24
%20 KBTU	Şahit	82.2±0.35	10.75±0.64	9.15±0.49	2±0.71
	SSL	78.1±0.71	13.65±0.49	15.25±0.35	8±4.24
	TG	81.2±0.07	10.30±0.85	9.60±0.14	3±1.41
	SSL+TG	77.9±0.07	12.85±0.07	12.85±0.49	10±0.71
%20 KBK	Şahit	73.8±0.71	2.85±0.21	4.50±0.28	36±7.78
	SSL	71.9±0.49	3.25±0.21	12.70±0.42	34±2.82
	TG	73.6±0.78	3.35±0.49	7.65±0.07	27±2.82
	SSL+TG	71.6±0.49	2.90±0.57	11.65±0.21	27±2.12

\* Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

\*\* BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

\*\*\* SSL: Sodyum stearol 2-laktilat, TG: Transglutaminaz

Un paçalı faktörüne göre, BU ile hazırlanan ekmek hamurları en düşük su absorpsiyonunu verirken, KÖÜ'nin ilavesi ile su absorpsiyonunu artırmış ve en yüksek absorpsiyon değeri KBBU kullanımı ile elde edilmiştir (Çizelge 4.5). KBBU'nun yüksek su absorpsiyon değeri, un partikül boyutlarının diğer unlardan çok daha küçük olması (Çizelge 4.1) ve muhtemelen karabuğday nişastasının yüzeyinde çok fazla sayıda por bulunmasına bağlı spesifik yüzey genişliğinden kaynaklanmıştır (Marshall and Pomeranz 1982). Wijngaard ve Arendt (2006) karabuğday nişastasının %109.9 oranında su tutma kapasitesine sahip olduğunu ve bunun buğday nişastasının su tutma kapasitesinden yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. KBTU ve KBK örneklerinin un partikül boyutları KBBU'na göre artış göstermiş (Çizelge 4.1) ve artan partikül boyutuna bağlı azalan bir su absorpsiyon

**Çizelge 4.4. Ekmek hamurlarının Farinogram özelliklerine ait varyans analiz sonuçları\***

VK	SD	Su absorpsiyonu		Gelişme süresi		Stabilite		Yumuşama derecesi	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Un paçalı (A)	3	556.0	3609.2**	215.6	1175.8**	96.5	334.4**	2747.2	111.8**
Katkı (B)	3	10.5	67.9**	3.6	19.9**	41.8	144.6**	251.7	10.3**
A X B	9	1.7	10.7**	1.9	10.2**	4.2	14.5**	58.8	2.4 ns
Hata	16	0.15		0.18		0.29		24.6	

\*\* p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.5. Ekmek hamuru Farinogram özellikleri üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları\***

Faktör	n	Su absorpsiyonu (%)	Gelişme süresi (dakika)	Stabilite (dakika)	Yumuşama derecesi (BU)
<b>Un paçalı**</b>					
%100 BU	8	63.9 d	2.3 d	16.9 a	43.6 a
%20 KBBU	8	82.7 a	11.4 a	10.2 c	7.4 c
%20 KBTU	8	79.8 b	11.9 a	11.7 b	5.5 c
%20 KBK	8	72.7 c	3.1 b	9.1 d	30.8 b
<b>Katkı***</b>					
Şahit	8	75.9 a	6.6 b	9.7 c	20.3 b
SSL	8	73.9 b	7.6 a	14.4 a	29.1 a
TG	8	75.6 a	6.6 b	10.5 b	15.6 b
SSL+TG	8	73.7 b	7.9 a	13.5 a	22.3 ab

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

\*\* BU: Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

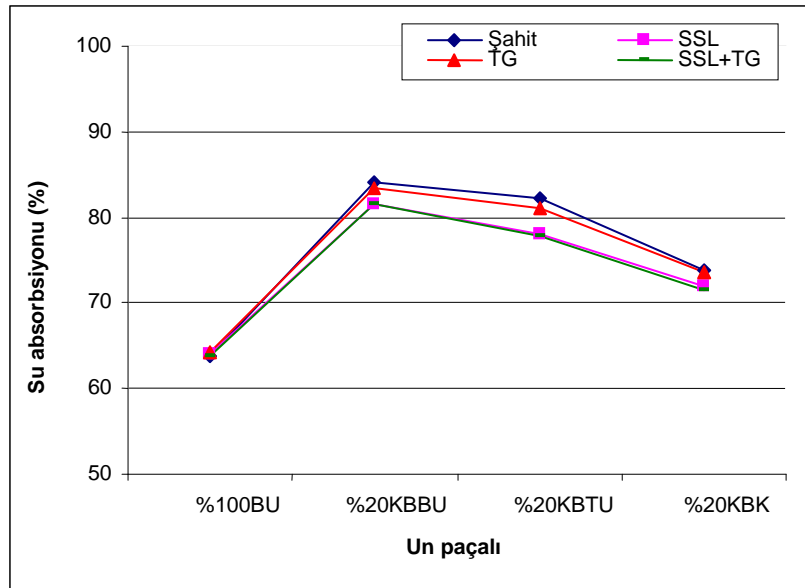
\*\*\* SSL: Sodyum stearol 2-laktilat, TG: Transglutaminaz

eğilimi belirlenmiştir. Burada partikül boyutlarının artmasına bağlı olarak spesifik yüzey alanının azalması su absorpsiyonunun düşmesinde etkili olmuştur.

Klave (2004) %25 KBBU kullanarak hazırladığı ekmek hamurunun su absorpsiyonunun BU ile hazırlanan şahit hamurun su absorpsiyonundan %17 daha fazla olduğunu ve bu artışın, karabuğday ilaveli hamurlarda su absorbe etme yeteneği yüksek, selülozik materyal, lif ve mineral maddelerin artışından kaynaklandığını belirtmiştir. Choi ve Chung (2007) BU'na %30 oranında KBBU katarak yaptığı denemelerde, su absorpsiyon gücünün şahide (BU) göre arttığını rapor etmiştir. Bojnanska ve ark (2009) KBTU'nun yüksek oranlarda kullanıldığında, hamurun su absorpsiyonunu artırdığını belirtirken, Gül (2007) % 20 oranında kullanılan buğday kepeğinin, benzer şekilde ekmek hamurlarının su absorpsiyonunu %58.4'den %64.4'e yükselttiğini rapor etmiştir.

Katkı faktörüne ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, katkı olarak tek başına TG ilavesi, katkısız şahit hamura eşdeğer su absorpsiyon değeri verirken, SSL in tek başına ya da TG ile birlikte kullanımı durumunda su absorpsiyonu, şahit örnekler göre istatistiki olarak düşmüştür ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.5). Literatürde BU'na farklı oranlarda SSL ilavesi ile su absorpsiyonunun düştüğü rapor edilmiştir (Ravi ve ark. 2000; Gomez ve ark. 2004).

Hamur su absorpsiyonu üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonundan izlenebileceği gibi (Şekil 4.1), BU kullanılarak hazırlanan ekmek hamurlarının su absorpsiyon değerlerini ilave edilen katkı maddeleri çok fazla değiştirmezken, özellikle KBTU içeren hamurlarda SSL'in tek başına yada TG ile kombinasyon halinde su absorpsiyonunu düşürdüğü açık bir şekilde görülmektedir. KBTU'nun yağ oranının KBBU ve BU'dan yüksek olması (Çizelge 4.1), SSL'in KBTU'ndan hazırlanan hamurlarda daha etkili olmasında önemli bir faktör olabilir. SSL içerdęi polar ve polar olmayan kısımlarla su ile yağ arasındaki yüzeye absorbe olarak emülsiyon oluşumunu desteklediğinden (Ünal 1980), KBTU ile hazırlanan hamurlarda su absorpsiyonu üzerinde daha etkili bulunmuştur. Ancak yağ oranı daha yüksek KBK'ni (Çizelge 4.1) içeren hamurlarda, katkı kullanımı su absorpsiyonunu çok hafif düşürmüş olup, burada su absorpsiyonu üzerinde etkili birincil faktörün kepeğın su tutma kapasitesi olması nedeni ile katkıların etkisi sınırlı kalmış olabilir. KÖÜ ile hazırlanan hamurlarda, TG'ın tek başına kullanıldığı durumda, şahit



**Şekil 4.1 Hamur su absorpsiyonu üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu (BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği, SSL: Sodyum stearyl 2-laktilat, TG: Transglutaminaz)**

hamurlara göre su absorpsiyonunda azda olsa bir düşüş görülmektedir (Şekil 4.1). Başman ve ark. (2002b) kuvvetli ve zayıf buğday unlarına ilave ettikleri artan oranlardaki TG’ın su absorpsiyonunu azalttığını ifade ederken, bazı araştırmacılar TG’ın çeşitli unlarda su absorpsiyonunu artırdığını tespit etmiş olup, su absorpsiyonunu artırıcı mekanizmayı bir hipotezle ortaya koymaya çalışmışlardır. TG’ın oluşturduğu çapraz bağlar ile gluten proteininin yapısını değiştirerek su tutma kapasitesini artırdığını, bunun da proteindeki glutamin residülerinin glutamik asit residülerine hidrolizi ile glutenin hidrofilik özelliğinin artırmasından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir (Gerrard ve ark. 1998; Lorenzen ve ark. 2002).

#### 4.2.1.1.2. Gelişme süresi

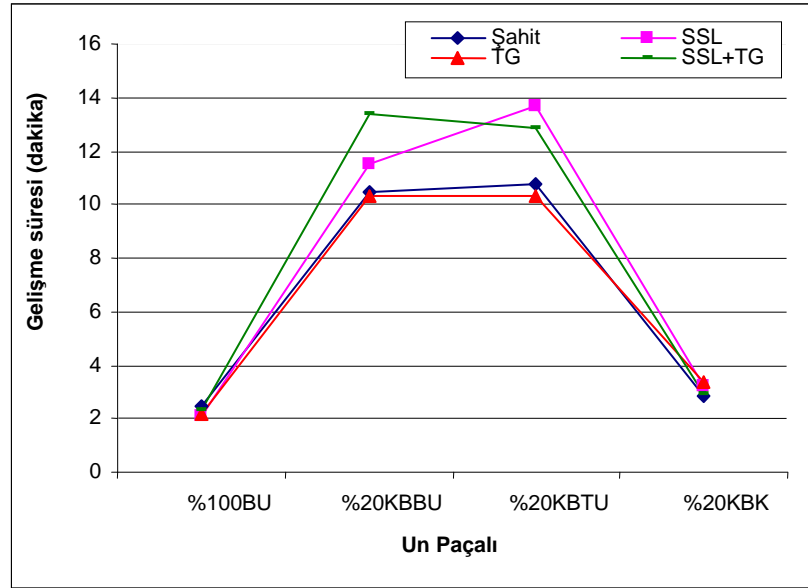
Gelişme süresi hamurun, yoğurmanın en etkin olduğu noktaya gelmesi için gereken suyu alma hızıdır (Gül 2007). Tüm örnekler için, gelişme süresi değerleri 2.10-13.65 dakika arasında değişmiştir (Çizelge 4.3). Un paçalı ve katkı faktörleri gelişme süresi değeri üzerinde  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Un paçalı faktörüne ait, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, BU ile hazırlanan hamurların gelişme süresi en düşük bulunurken, bunu artan

değerlerle KBK ve KBBU ya da KBTU içeren hamurla izlemiştir (Çizelge 4.5). KÖÜ'nin ilave edildiği hamurlarda gelişme süresini uzatması, BU'na göre su absorpsiyonunun daha uzun sürede vukubulmasına, dolayısıyla hamur oluşumunun gecikmesine bağlanabilir (Klave 2004). Ayrıca, KBBU, KBTU ve KBK ikameli unların selülozik materyal (Çizelge 4.1) ve pentozan (Wijngaard ve Arendt 2006) içeriğinin BU'na göre yüksek olması, unun suyu çok daha yavaş absorbe etmesine neden olmuştur. Su absorpsiyonu daha yüksek olan KBBU ve KBTU'ndan hazırlanan hamurlarında, BU hamurlarına göre gelişme süresinde 5 katlık bir artış belirlenmiştir. Klave (2004) %20'lik KBBU ilavesi ile gelişme süresinde yaklaşık 2 katlık bir uzama olduğunu, artan KBBU oranıyla gelişme süresinin daha da uzadığını bildirmiştir. KÖÜ ve buğday kepeğinin hamurun gelişme süresini artırdığına dair pek çok araştırma olmasına (Kim ve ark. 1996; Özer 1998; Özkaya 1999; Gül 2007; Bojnanska ve ark. 2009) karşın bir kaç çalışmada kepek ilavesi ile su absorpsiyonunun düştüğü rapor edilmiştir (Lai 1989; Özboy 1992)

Ekmek formülasyonlarında kullanılan katkılar, hamur gelişme süresi üzerinde önemli ( $p < 0.01$ ) etkide bulunmuş olup, SSL'in tek başına ya da TG ile kombine kullanımında gelişme süresi artmıştır (Çizelge 4.4 ve 4.5). TG tek başına kullanıldığında ise katkısız şahit hamura eşdeğer gelişme süresi değeri vermiştir.

Gelişme süresi üzerine etkili “un paçalı x katkı” interaksiyonu incelendiğinde, şahit ve TG ilaveli hamurların benzer trendler izlediği, SSL in tek başına KBTU ile hazırlanan hamurlarda, SSL+TG nin KBBU'dan hazırlanan hamurlarda daha yüksek gelişme süresi verdiği görülmektedir (Şekil 4.2). SSL lipofilik bir karaktere sahip olması nedeniyle, özellikle yağlı ürünlerde, su ile yağ arasındaki ara yüzeylerde absorbe edilerek emülsiyon oluşturmada, hamurun yoğrulması sırasında gluten proteinleriyle kompleks oluşturup, hamur yapısını kuvvetlendirmesi ile hamur gelişme süresine etki etmektedir (Stauffer 1990; Gomez ve ark. 2004). KBBU ve KBTU'nun BU'ndan daha yüksek yağ oranına (Çizelge 4.1) sahip olması SSL'in bu ürünlerde gelişme süresini uzatmasına sebep olmuştur. Ancak yağ oranı çok daha yüksek KBK ilaveli hamurlarda gelişme süresi üzerinde SSL ya da TG etkili faktörler olarak gözükmemektedir (Şekil 4.2). KBK ikameli örneklerde BU hamurlarından yüksek ancak diğer KÖÜ'ü içeren hamurlardan oldukça düşük gelişme süresi değerleri elde edilmiştir. Daha önce bahsedildiği gibi KBK ilaveli hamurlarda,



**Şekil 4.2. Hamur gelişme süresi üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksiyonu (BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği, SSL: Sodyum stearyl 2-laktilat, TG: Transglutaminaz)**

diğer KÖÜ’ne göre daha düşük su absorpsiyonunun belirlenmiş olması (Çizelge 4.5) bu örneklerde daha düşük gelişme süresine ihtiyaç duyulmasına neden olmuş olabilir. Klave (2004) su absorpsiyonu ile gelişme süresi arasında pozitif ilişkiyi belirlemiştir.

#### 4.2.1.1.3. Hamur stabilitesi

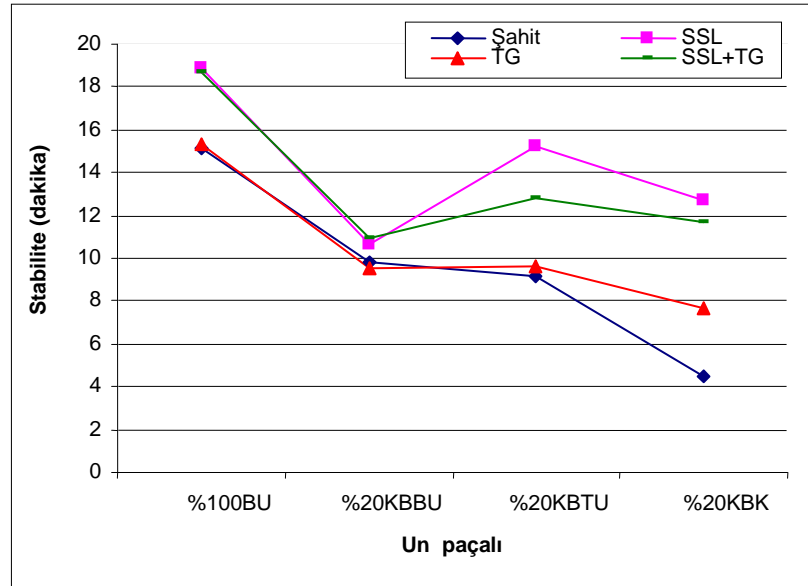
Farklı un paçallarından hazırlanan ekme hamurlarının stabilite değerleri 4.5-18.85 dakika arasında değişmiş olup (Çizelge 4.3); un paçalı ve katkı faktörleri stabilite değerleri üzerinde önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Un paçalı faktörüne göre, KÖÜ’nin tamamı hamur stabilitesini düşürmüştü ve KBK ilavesi en düşük stabilite değerinin elde edilmesine neden olmuştur (Çizelge 4.5). KÖÜ içinde artan kül ve selülozik materyal ve seyrelen gluten miktarları (Çizelge 4.1) stabilite değerinin de düşmesine neden olmuştur. Hamur stabilitesi üzerinde en etkili faktörlerin başında unun gluten miktarı ve kalitesi gelmektedir (Pylar 1988; Elgün ve Ertugay 1995). Una ilave edilen KBK çok yüksek protein içeriğine rağmen gluten içermemesi nedeni ile gluten ağının oluşumunu engellediğinden, hamur stabilitesini düşürmektedir. KBBU ve KBTU da aynı sebeple

BU'na göre stabiliteyi düşürmüştür. KBK ilaveli unda stabilitenin daha düşük olması, KBK parçacık boyutunun diğer öğütme ürünlerinden daha büyük (Çizelge 4.1) olması nedeni ile gluten molekülleri arasındaki mesafeyi diğer öğütme ürünlerine göre daha fazla artırması ve buna bağlı olarak da gluten ağının oluşumunu sınırlamasına bağlanabilir (Gül 2007).

Ekmek formülasyonlarında kullanılan katkıların tamamı ve kombinasyonları katkısız şahit ekmeklere göre stabiliteyi artırmış, SSL ve SSL+TG kombinasyonu en yüksek stabilite değerlerini vermiştir (Çizelge 4.5). SSL, yağda-su emilsiyonu oluşturarak hamuru kuvvetlendirerek stabilitesinin artmasına neden olmuştur. Indrani ve Rao (2003) buğday ununa ilave edilen SSL ve diğer yüzey aktif maddelerin hamurun farinograf stabilitesini arttırdığını ortaya koymuşlardır. Ravi ve ark. (2000) buğday ununa ilave ettikleri SSL, DATEM gibi katkıların hamurun gelişme süresine etkisi olmazken, stabilitesini arttırdığını belirtmişlerdir.

Hamur stabilitesi üzerine etkili “un paçalı x katkı” interaksiyonunda (Şekil 4.3), KBTU ve KBK kullanılarak hazırlanan hamurlarda SSL ve SSL+TG stabiliteyi aynı öğütme ürünlerinin şahitlerine göre artırırken, KBK'nin kullanıldığı hamurlarda TG tek başına da şahit ekmeğe göre hamur stabilitesini artırmıştır.



**Şekil 4.3 Hamur stabilitesi üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksiyonu (BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği, SSL: Sodyum stearol 2-laktilat, TG: Transglutaminaz)**

KBK'nin yüksek protein muhteviyatı nedeniyle TG'ın bu un paçalında protein molekülünde yeni çapraz bağların oluşumunu katalizleyerek, proteini kuvvetlendirdiği ve hamurun stabilitesini arttırdığı düşünülebilir. Buradaki en anlamlı sonuç, katkısız şahide göre SSL katkılı KBTU paçalının, KBBU'na göre daha yüksek stabilite göstermesidir. Buradan KBTU'nun yüksek yağ içeriğinin SSL ile birlikte stabilite üzerinde sinerjistik etkide bulunduğu sonucuna varılabilir. KBK daha yüksek yağ içeriğine rağmen, daha önce bahsedilen stabilite üzerindeki olumsuz etkisinden dolayı, KBTU'nu içeren örneklere göre düşük stabilite değerleri vermiştir.

#### **4.2.1.1.4. Yumuşama derecesi**

Farklı un paçallarından hazırlanan ekmek hamurlarının yumuşama derecesi değerleri 2-58 BU arasında değişmiştir (Çizelge 4.3). Un paçalı ve katkı faktörleri yumuşama derecesi değerleri üzerinde  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, KÖÜ ikamesi ile hamurların yumuşama derecesi değerleri azalmış ve en düşük değerler KBBU ve KBTU kullanımı ile elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Yumuşama derecesi fazla olan hamurların fermentasyona ve mekanik işlemlere karşı dayanıklılıkları azalmaktadır (Pylar 1988). Bu çalışmada, KBBU ve KBTU katkılı hamurların çok düşük yumuşama derecesine sahip olması, gelişme sürelerini çok geç (11.4-11.9 dakika) tamamlamalarından kaynaklanmış olup, 10. dakikada belirlenen bir parametre olan yumuşama derecesi değeri, bu un tiplerinde daha gelişme tamamlanmadan elde edilen değerlere denk gelmektedir. Bu nedenle KBBU ve KBTU katkılı unlarda yumuşama derecesi değerlerini kullanarak, hamurun dayanıklılığı konusunda yorum yapmak mümkün olmamaktadır.

KBK ikameli hamurlarda gelişme süresi, ortalama 3.1 dakika ile sınırlı kaldığından, makul yumuşama derecesi değerleri elde edilmiş olup, bu değer BU ile hazırlanan örneklerden düşük bulunmuştur. Ancak, Klave (2004) buğday unu ile hazırlanan kontrol örneğinde 50 BU olan yumuşama derecesinin %20 KBBU ikamesi ile 110 BU ya yükseldiğini ve kuvvetli buğday ununa göre orta kuvvette bir una dönüştüğünü rapor etmiştir. Farklı oranlarda KÖÜ'nin kullanıldığı diğer



çalışmalarda da karabuğday ilavesi ile yumuşama derecesinin arttığı bildirilmektedir (Chung ve Kim 1998; Kim ve ark. 2000a).

#### **4.2.1.2. Extensogram özellikleri**

Farklı un paçalları ve un katkıları ile hazırlanmış olan ekmek hamurlarının ekstensogram değerleri Çizelge 4.6'da, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de, ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.8'de verilmiştir.

##### **4.2.1.2.1. Ekstensogram enerjisi**

BU dan hazırlanan hamurlarda enerji değeri 133.5-135.0 cm<sup>2</sup> arasında değişirken, KÖÜ'nin kullanıldığı hamurlarda bu değer 47.0-81.0 cm<sup>2</sup> arasında bulunmuştur (Çizelge 4.6). Un paçalı ve katkı faktörleri enerji değerleri üzerinde  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, un paçalında KÖÜ'nin kullanımını hamur enerjisini düşürmüştür (Çizelge 4.8). Bu sonuç seyreden gluten miktarına bağlı beklenen bir durum olup, bir çok araştırmacı tarafından (Ünal 1980; Kim ve ark. 1996; Chung ve Kim. 1998; Özkaya 1999; Kim ve ark. 2000a; Gül 2007) glutenin seyrelmesine bağlı enerji düşüşleri bildirilmiştir. KÖÜ içinde enerji değerleri KBBU < KBTU < KBK şeklinde artış göstermiştir. Öğütme ürünlerinde aynı sıralama ile yağ artışının olduğu Çizelge 4.1'de görölmektedir. Unlardaki lipit fraksiyonları, protein ve karbonhidratlarla teşkil ettikleri interaksyonlar sonucu hamur oluşmasında önemli bir role sahiptir. Serbest polar lipitlerin glutenle yaptıkları interaksyonları, gliadin proteinine hidrofobik bağlarla glutenin proteinine ise hidrofilik bağlarla bağlanması sonucu ortaya çıkmaktadır. Böylece polar lipitlerin gliadin ve glutenin proteinlerine bağlanması, hamurun gluten ağını kuvvetlendirici, hamur direncini arttırıcı ve hamurun gaz tutma kapasitesini arttırıcı özelliğini geliştirmektedir (Elgün ve Ertugay 1995). KÖÜ içinde yağca daha zengin olan KBK nın diğerlerinden daha fazla enerji değerleri göstermesi, bu olaya bağlanabilir.

**Çizelge 4.6. Ekmek hamurlarına ait Ekstensogram değerleri\***

Un paçalı**	Katkı***	Enerji (cm <sup>2</sup> )	Uzamaya direnç (BU)	Uzayabilirlik (mm)	Maximum direnç (BU)
% 100 BU	Şahit	135.0±2.83	1051.0±0.00	101.0±1.41	1051.0±0.00
	SSL	133.5±2.12	1051.0±0.00	93.0±4.24	1051.0±0.00
	TG	134.5±4.95	1051.0±0.00	99.0±1.41	1051.0±0.00
	SSL+TG	134.0±1.41	1050.5±0.71	93.5±2.12	1051.0±0.00
% 20 KBBU	Şahit	47.0±2.83	521.5±14.85	75.5±0.71	482.5±10.61
	SSL	64.5±2.12	769.0±24.04	74.5±3.54	769.0±24.04
	TG	47.5±4.95	524.0±22.63	73.0±1.41	553.5±43.13
	SSL+TG	63.0±2.83	768.5±4.95	72.0±2.83	793.0±9.90
% 20 KBTU	Şahit	56.5±2.12	570.0±39.60	77.0±4.24	608.5±4.95
	SSL	71.0±1.41	815.0±21.21	76.0±2.83	824.0±16.97
	TG	55.0±1.41	662.5±27.58	75.5±3.54	679.5±7.78
	SSL+TG	70.5±0.71	927.5±21.92	72.5±2.12	924.0±26.87
% 20 KBK	Şahit	70.5±2.12	741.0±22.63	73.5±2.12	785.0±9.89
	SSL	81.0±2.83	942.0±19.80	73.5±0.71	952.0±8.48
	TG	69.0±1.41	773.5±28.10	73.5±0.71	832.0±22.62
	SSL+TG	79.5±3.54	970.5±13.44	72.0±0.00	976.5±7.78

\* Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

\*\* BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

\*\*\* SSL: Sodyum stearyl 2-laktilat TG: Transglutaminaz

**Çizelge 4.7. Ekmek hamurlarının Ekstensogram özelliklerine ait varyans analiz sonuçları**

VK	SD	Enerji		Uzamaya direnç		Uzayabilirlik		Maksimum direnç	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Un paçalı (A)	3	10221.0	1362.8**	242627.6	644.8**	1026.4	167.6**	238594.7	850.9**
Katkı (B)	3	281.7	37.6**	827573.5	219.9**	25.5	4.16*	74960.5	267.3**
A X B	9	42.4	5.7**	11013.5	29.3**	6.6	1.1ns	10137.7	36.1**
Hata	16	7.5		376.3		6.1		280.4	

\* p< 0.05 düzeyinde önemli, \*\* p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Kullanılan katkılardan, SSL hamur enerjisini olumlu etkileyerek, enerjinin artmasına neden olmuştur (Çizelge 4.8). SSL, TG ile kombinasyon halinde kullanıldığında da şahitten yüksek enerji değeri elde edilmiş, ancak aralarında sinerjistik bir etki belirlenmemiştir. SSL katkılı hamurlardaki enerji artışı, SSL'in emülsiyon oluşumunu destekleyici etkisi ile, hamurun yoğrulması sırasında gluten proteinleri ile kompleks oluşturup, hamur yapısını kuvvetlendirmesinden kaynaklanmaktadır (Ünal 1980). Indrani ve Rao (2003) buğday ununa ilave edilen SSL ve diğer yüzey aktif maddelerin hamur enerjisini arttırdığını belirtmişlerdir.

Hamur enerjisi üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu (Şekil 4.4) incelendiğinde, BU’na göre KÖÜ’nin ekstensogram enerji değerini önemli düzeyde düşürdüğü görülmektedir. Ancak, SSL ya da SSL+TG kombinasyonunun hamur özelliklerini iyileştirmede etkili olduğu gözlenmektedir. Yağca zengin olan KBTU ve KBK’nın SSL ile birlikte performans artışı gösterdiği görülmektedir (Şekil 4.4).

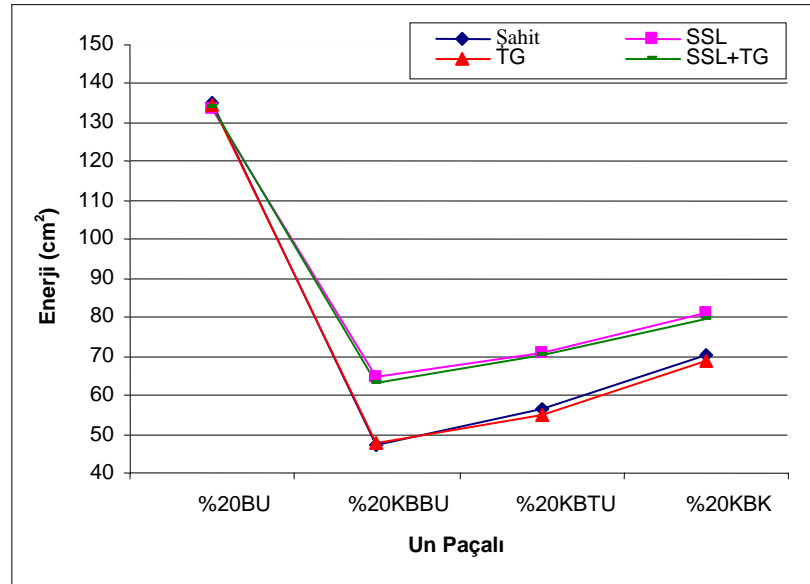
**Çizelge 4.8. Ekmek hamuru Ekstensogram özellikleri üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları\***

Faktör	n	Enerji (cm <sup>2</sup> )	Uzamaya direnç (BU)	Uzayabilirlik (mm)	Maximum direnç (BU)
<b>Un paçalı**</b>					
%100 BU	8	134.25 a	1050.9 a	96.62 a	1051.0 a
%20 KBBU	8	55.50 d	645.8 d	73.75 b	649.5 d
%20 KBTU	8	63.25 c	743.8 c	75.25 b	759.0 c
%20 KBK	8	75.00 b	860.1 b	73.12 b	886.4 b
<b>Katkı***</b>					
Şahit	8	77.25 b	724.3 c	81.75 a	731.8 d
SSL	8	87.50 a	894.3 a	79.25 ab	899.0 b
TG	8	76.50 b	752.8 b	80.25 ab	779.0 c
SSL+TG	8	86.75 a	929.3 a	77.50 b	936.1 a

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

\*\* BU: Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

\*\*\* SSL: Sodyum stearol 2-laktilat, TG: Transglutaminaz



**Şekil 4.4 Hamur enerjisi üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu (BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği, SSL: Sodyum stearol 2-laktilat, TG: Transglutaminaz)**

#### 4.2.1.2.2. Uzamaya direnç

Hamur örneklerinin uzamaya direnç değerleri 521-1051 BU arasında değişmiş olup (Çizelge 4.6), un paçalı ve katkı faktörleri, uzamaya direnç değeri üzerinde önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.7).

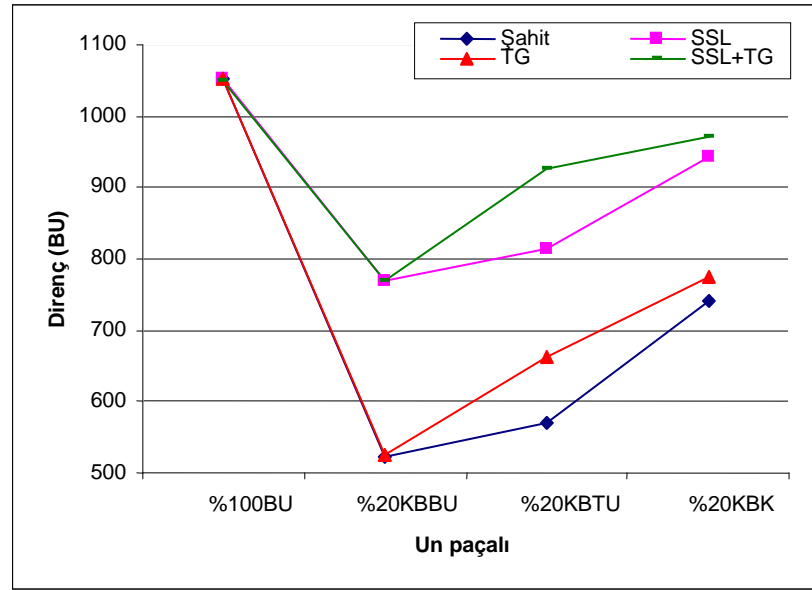
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.8), KÖÜ hamur direncinin düşmesine neden olmuştur. Seyrelen gluten oranına bağlı olarak enerji değerindeki düşüş, beraberinde direnç değerini de düşürmüştür. KÖÜ farkı oranlarda un paçalarında kullanılması ile elde edilen hamurların direnç değerlerinin düştüğü çeşitli araştırmalarda ortaya konmuştur (Chung ve Kim 1998; Kim ve ark. 2000a; Bonjanska ve ark. 2009).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları katkı faktörüne göre incelendiğinde, hamur formülasyonlarında kullanılan katkı maddelerinin hem bireysel hem de kombinasyon halinde şahide göre direnci artırdıkları görülmektedir (Çizelge 4.8).

TG amino asitler veya peptitler arasında izopeptit bağlarını katalizleyip, molekül içi ve moleküller arası çapraz bağlar oluşturarak gluteni kuvvetlendirdiğinden, hamur direncini artırması beklenen bir durumdur (Kurt ve Zorba 2004). Başman ve ark. (2003) farklı oranlarda arpa ve soya unları ilave ederek hazırladıkları un paçalarında TG kullanımı ile hamur direncinin arttığını, Ribotta ve ark. (2008) TG ile direnç arasında pozitif lineer bir etkinin bulunduğunu rapor etmişlerdir.

SSL'in hamur direncini artırıcı mekanizması ise, yağ ve su molekülleri arasına absorbe olup, hamurun reolojik özelliklerini geliştirerek, hamur direncini artırmasından kaynaklanmakta olup, SSL'in etkili bir hamur kuvvetlendiricisi olduğu literatürde yer almaktadır (Elgün ve Ertugay 1995). Yapılan birçok araştırmada SSL ilave edilmiş unlarda hamur reolojik özelliklerinin geliştiği ortaya konmuştur (Lai ve ark. 1989; Silaula ve ark. 1989; Balla ve ark. 1999; Kim ve ark. 1999; Ravi ve ark. 2000; Başman ve ark. 2002b; Indrani ve Rao. 2003; Gomez ve ark. 2004; Ribotta ve ark. 2008).

Şekil 4.5'deki "un paçalı x katkı" interaksyonunun gidişi incelendiğinde, BU'nun oldukça kuvvetli bir un olmasından dolayı, ekstensografta ölçülebilen en yüksek direnç değeri olan 1051 BU'nun üzerindeki değerler tespit edilememiş olup,



**Şekil 4.5 Hamur direnci üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu (BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği, SSL: Sodyum stearol 2-laktilat, TG: Transglutaminaz)**

bu nedenle katkıların etkinliği konusunda yorum yapılamamıştır. TG’in özellikle KBK ve KBTU ilaveli hamur örneklerinde direnci sahide göre daha fazla artırdığı görülmektedir. Moore ve ark. (2006) TG nin etkinliğinin proteinin kaynağına, miktarına ve enzim düzeyine bağlı olduğunu, Renzetti ve ark. (2008) karabuğdayın TG için çok uygun bir substrat olduğunu rapor etmişlerdir. KBBU, karabuğday proteinini diğer öğütme ürünlerine oranla çok daha düşük seviyede ihtiva ettiğinden, KBTU ve KBK’nın TG için daha uygun substratlar olduğu kanaatine varılmıştır. Tüm KÖÜ içinde KBK ile daha yüksek direnç değerlerinin elde edilmesinin sebebi de, muhtemelen daha yüksek yağ içermesindedir (Çizelge 4.1).

#### 4.2.1.2.3. Uzayabilirlik

Farklı un paçaları ve un katkıları ile hazırlanmış olan ekmek hamurlarının uzayabilirlik değerleri, 72.0-101.0 mm arasında bulunmuştur (Çizelge 4.6). Uzayabilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre, un paçalı  $p<0.01$  ve katkı  $p<0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Un paçalı faktörüne ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiş olup, KÖÜ'nin ilavesi ile hamurların uzayabilirliği BU'dan hazırlanan hamurların uzayabilirliğine göre düşmüş, farklı KÖÜ'nin ilavesi ile kendi aralarında uzayabilirlik değerleri açısından istatistiki bir fark oluşmamıştır. KÖÜ'nde glutenin bulunmayışı ve buğday unu ile %20 oranında yer değiştirildiğinde unun gluten miktarının seyrelmiş olması sonucu, hamurun iskeletini oluşturan gluten ağı zayıflamış, doğal olarak da hamurun uzayabilirliğini düşürmüştür. Bu durum beklenen bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Çeşitli KÖÜ ve farklı hububat kepekleri ile katkılanarak hazırlanan hamurlarının uzayabilirlik değerinin düştüğü bir çok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Kim ve ark. 1996; Chung ve Kim. 1998; Kim ve ark. 2000a; Choi ve Chung 2007; Gül 2007).

Kullanılan katkılardan SSL+TG kombinasyonu şahit hamurlara göre uzayabilirlik değerini biraz düşürmüştür ( $p<0.05$ ). SSL gluten proteini ile kompleks oluşturarak, TG ise proteinlerin çapraz bağlarını artırarak hamurun direncini yükseltmektedir. Ancak bu katkılar uzama üzerine etkili olamamışlar, buna karşılık hamur direncini arttırarak özellikle SSL için enerji artışına sebep olmuşlardır. Başman ve ark. (2002b) buğday ununa artan miktarlarda TG ilavesinin, gluten kalitesi düşük ve gluten kalitesi yüksek iki farklı buğday çeşidinden elde edilen unlarda, uzamaya karşı direnci artırırken uzayabilirlik değerini düşürdüğünü rapor etmişlerdir.

#### **4.2.1.2.4. Maksimum direnç**

Tip 550 BU'ndan hazırlanan hamurlarda maksimum direnç değeri 1051 BU olarak bulunurken, KÖÜ'nin kullanıldığı hamurlarda bu değer 482.5-976.5 BU arasında değişmiştir (Çizelge 4.6). Un paçalı ve katkı faktörleri maksimum direnç değeri üzerinde  $p<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, hamur örneklerinin maksimum direnç değerleri, uzamaya direnç değerleri ile paralellik göstermiş olup, KÖÜ'nin tamamı maksimum direnç değerini düşürürken, kullanılan katkı maddelerinden SSL+TG katkısız şahit örneklere göre en fazla direnç artışına neden olmuştur (Çizelge 4.8). KÖÜ'nin maksimum direnç üzerindeki olumsuz, katkı

maddelerinin ise olumlu etkilerinin sebepleri uzamaya direnç başlığı altında açıklanan sebeplerle aynı olup ilgili başlık altında belirtilmiştir.

#### **4.2.2. Ekmek özellikleri**

##### **4.2.2.1. Ağırlık, hacim ve spesifik hacim**

Farklı un paçalı ve un katkıları kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerine ait ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri Çizelge 4.9’da, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir. Ekmek özellikleri üzerinde etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.11’de özetlenmiştir.

##### **4.2.2.1.1. Ağırlık**

Yalnız Tip 550 BU ile hazırlanan ekmeklerin ağırlık değerleri 142-145 g arasında değişirken, % 20 oranında KBBU, KBTU veya KBK ikamesi ile hazırlanan ekmeklerde ağırlık değeri 159-170 g arasında bulunmuştur (Çizelge 4.9). %20 oranında BU ile yer değiştirilerek ekmek formülasyonuna ilave edilen ve gluten içermeyen KÖÜ ekmek ağırlığını artırmıştır.

Varyans analiz sonuçlarına göre ekmek ağırlığı değeri üzerinde un paçalı ve katkı  $p<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Un paçalı faktörüne göre, BU ile hazırlanan ekmekler en düşük ekmek ağırlığını verirken, % 20 oranında KBBU ve KBTU ikamesi ile hazırlanan ekmekler en yüksek ekmek ağırlığını vermiştir (Çizelge 4.11). KÖÜ’nin farinografta su absorpsiyonunu arttırdığı, BU’dan hazırlanan hamurlarda %63.9 olan su absorpsiyonu değerlerinin, KÖÜ ikamesi ile %71.6-84.1 arasında değiştiği Çizelge 4.3 de görülmektedir. Daha önce sebebi açıklanan su absorpsiyonundaki bu artış, ekmek ağırlığı ve verimini de etkileyerek, BU ile hazırlanan ekmekte ortalama 143.7 g olan ekmek ağırlığını, KÖÜ ikamesinde 166.9 g’a kadar yükseltmiştir. Ekmek verimi açısından olumlu olan ağırlık artışı, ekmek içinde kalan suyun mikrobiyal bozulmayı hızlandırıcı etkisinden dolayı ekmek kalitesini olumsuz yönde

etkilemektedir (Elgün ve Ertugay 1995). Diğer taraftan da ekmeğin iyi kabarmadığının, yani içinin boşaltmadığının göstergesidir.

Katkı faktörüne ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde, un katkıları arasında SSL hem tek başına hem de TG ile kombinasyon halinde kullanıldığında ekmek ağırlığını katkısız şahit örneğe göre düşürmüştür. TG tek başına kullanıldığında ise şahit örneğe eşdeğer ağırlıkta ekmek vermiştir (Çizelge 4.11). Bu sonuçlar SSL katkısı ile ekmeğin daha iyi kabarıp içini boşalttığı göstermektedir.

**Çizelge 4.9. Ekmek örneklerine ait ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri\***

Un paçalı**	Katkı***	Ağırlık (g)	Hacim (cc)	Spesifik hacim (cc/g)
% 100 BU	Şahit	145±0.85	739±4.24	5.1±0.00
	SSL	143±0.99	852±5.66	5.9±0.07
	TG	144±0.71	760±8.49	5.3±0.07
	SSL+TG	142±0.57	860±7.07	6.1±0.07
%20 KBBU	Şahit	170±1.27	573±2.83	3.4±0.01
	SSL	165±0.71	680±7.07	4.1±0.06
	TG	168±1.13	575±5.66	3.4±0.01
	SSL+TG	165±1.70	680±6.79	4.1±0.00
%20 KBTU	Şahit	167±0.99	548±4.24	3.3±0.01
	SSL	164±0.85	670±5.66	4.1±0.01
	TG	166±0.99	561±9.90	3.4±0.04
	SSL+TG	164±1.56	660±8.49	4.0±0.01
%20 KBK	Şahit	162±0.28	462±5.66	2.8±0.03
	SSL	159±1.84	640±4.24	4.0±0.02
	TG	164±0.71	470±9.90	2.9±0.05
	SSL+TG	160±0.99	650±2.83	4.1±0.01

\* Sonuçlar iki tekrerrün ortalamasıdır.

\*\* BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

\*\*\* SSL: Sodyum stearyl 2-laktilat, TG: Transglutaminaz

**Çizelge 4.10. Ekmek örneklerinin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerlerine ait varyans analiz sonuçları**

VK	SD	Ağırlık		Hacim		Spesifik hacim	
		KO	F	KO	F	KO	F
Un paçalı (A)	3	903.06	766.93**	91748.33	2145.91**	7.76	4907.88**
Katkı (B)	3	24.26	20.60**	42167.33	986.26**	2.01	1271.34**
A X B	9	1.94	1.64ns	899.89	21.05**	0.03	20.74**
Hata	16	1.180		42.755		0.002	

\*\* p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz



**Çizelge 4.11. Ekmek örneklerinin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları\***

Faktör	n	Ağırlık (g)	Hacim (cc)	Spesifik hacim (cc/g)
<b>Un paçalı**</b>				
%100 BU	8	143.7 c	802.8 a	5.59 a
%20 KBBU	8	166.9 a	627.0 b	3.76 b
%20 KBTU	8	165.1 a	609.8 c	3.69 c
%20 KBK	8	161.3 b	555.5 d	3.45 d
<b>Katkı***</b>				
Şahit	8	161.0 a	580.5 c	3.65 c
SSL	8	151.7 b	710.5 a	4.55 a
TG	8	160.5 a	591.5 b	3.73 b
SSL+TG	8	157.8 b	712.5 a	4.57 a

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p < 0.05$ ).

\*\* BU: Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

\*\*\* SSL: Sodyum stearyl 2-laktilat, TG: Transglutaminaz

Daha önce verilerin farinograf su absorpsiyonu değerleri incelendiğinde, TG katkılı örnekler katkısız şahit una eşdeğer, SSL in yalnız yada TG ile kombinasyon halinde kullanılması ile katkısız şahit hamurdan daha düşük su absorpsiyonu değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.3). SSL'in hamur su absorpsiyonunu düşürmesinin yanı sıra, ekmek hacmini artırıcı etkisi aşağıda açıklanmış olup, SSL katkısı kullanılan ekmeklerde hacim artışına bağlı olarak ekmek içinden buharlaşarak ayrılan su, ağırlığın azalarak ekmek veriminin düşmesine neden olmuştur. Hem düşük hamur su absorpsiyonu, hem de artan ekmek hacmi SSL ve SSL + TG katkılı ekmeklerde, ağırlık değerinin düşmesine sebep olmuştur (Çizelge 4.11).

#### 4.2.2.1.2. Hacim

Tip 550 BU ile hazırlanan ekmeklerin ortalama hacim değeri, 739-860 cc, arasında değişirken, % 20 oranında KBBU, KBTU veya KBK ikamesi ile hazırlanan ekmeklerde bu değer 462-680 cc arasında bulunmuştur (Çizelge 4.9). KÖÜ ekmek hacminde önemli bir azalmaya neden olmuştur. Kim ve ark. (2000b) BU'na %20 oranında ilave edilen KBBU'nun, ekmek hacmini BU'dan hazırlanan şahit ekmeğe göre %2.3 düşürdüğünü rapor etmiştir. Choi ve Chung (2007) ise %30 KBBU ilavesinde ekmek hacmindeki bu düşüşün %10.2 olduğunu belirlemişlerdir.

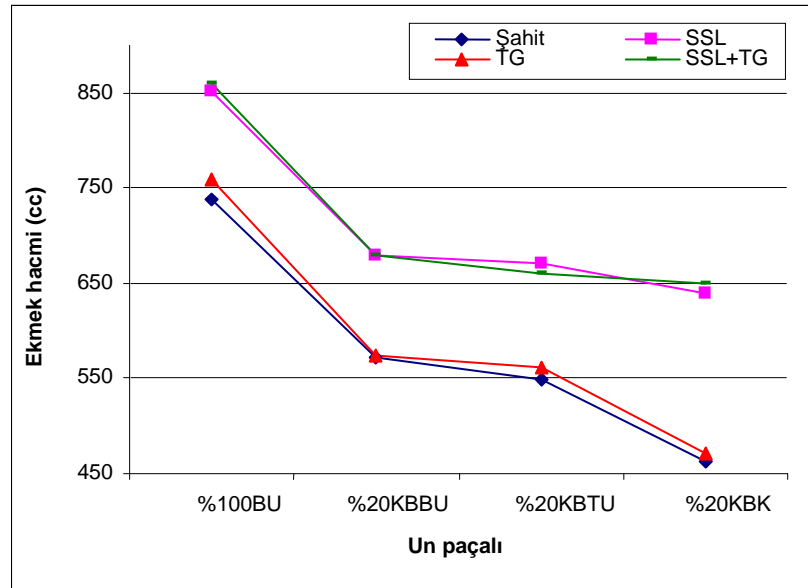
Varyans analiz sonuçlarına göre ekmek hacmi üzerinde un paçalı ve katkı faktörleri  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Un paçalı faktörüne ait Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre, BU'nun en yüksek hacim değerini verdiği bunu sırasıyla KBBU, KBTU ve KBK ikameli unlardan hazırlanan ekmeklerin hacimlerinin izlediği görülmektedir (Çizelge 4.11).

Formülasyonda kullanılan katkı çeşidine göre ekmek hacmi değerleri incelendiğinde ise, şahit ekmeklere göre katkı kullanılan tüm ekmeklerin daha yüksek ekmek hacmi verdiği, özellikle SSL ve SSL+TG kombinasyonunun ekmek hacmini en fazla artırıcı etkide bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4.11).

Ekmek hacmi üzerine etkili “un paçalı x katkı” interaksyonuna göre, tüm un paçaları için SSL ve SSL+TG kombinasyonunun ekmek hacmini olumlu etkilediği, özellikle yağ oranı yüksek KBK ilave edilerek üretilen ekmeklerde SSL ve SSL+TG kombinasyonu şahit ve sadece TG kullanılarak hazırlanan ekmeklere göre çok daha fazla hacim artışına neden olduğu görülmektedir (Şekil 4.6).

Yüzey aktif maddeler proteinin hidrofobik yüzeyine bağlanarak hamurda gluten proteinlerinin agregasyonunu destekler, protein ağını kuvvetlendirerek daha yüksek ekmek hacmi sağlarlar (Kamel ve Ponte 1993). Bu nedenle SSL'in kullanıldığı tüm formülasyonlarda ekmek hacmi yüksek bulunmuştur.



**Şekil 4.6. Ekmek hacmi üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksiyonu (BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği, SSL: Sodyum stearol 2-laktilat, TG: Transglutaminaz)**

Özellikle yağ oranı yüksek KBK ilavesi ile hazırlanan ekmeklerde SSL'in hacim üzerindeki olumlu etkisi daha fazla bulunmuş olup, bunun sebebi, lipofilik özelliğe sahip SSL in özellikle yağlı ürünlerde su ile yağ arasındaki ara yüzeylerde absorbe edilerek, bu iki sıvının emülsiyon oluşturmasını desteklemesi, hamurun yoğrulması sırasında gluten proteinleri ile bir kompleks oluşturup, hamur yapısını kuvvetlendirmesidir (Ünal 1980).

SSL in farklı tip, çeşit ve randımandaki unlardan hazırlanan ekmeklerin hacmini artırdığı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Chung ve Tsen 1975; Tamstorf ve ark. 1986; Ravi ve ark. 2000; Indrani ve Rao 2003; Gomez ve ark. 2004; Ribotta ve ark. 2008).

Chang ve ark. (1999) 30:70 oranında KBBU:BU paçalı kullanarak hazırladıkları ekmeklerde SSL kullanımı ile ekmek hacminin yaklaşık %5 arttığını bildirmişlerdir. Bu çalışmamızda ise SSL ilavesi ile ortalama %22.5'lük hacim artışı elde edilmiştir. Diğer taraftan TG'in BU ve KÖÜ ikameli unlardan hazırlanan ekmeklerin hacmi üzerindeki etkisi çok sınırlı kalmıştır. Başman ve ark. (2002b) ekmek yapımına uygun olmayan zayıf buğday unundan TG kullanarak yaptıkları araştırmada, %0.5 TG kullanımının ekmek hacmini önemli seviyede artırdığını, bunun artan çapraz bağ sayısına bağlı olarak zayıf glutenin kuvvetliye çevrilmesi ile hamur reolojik özelliklerin gelişmesinin bir sonucu olabileceğini vurgulamışlardır. Renzetti ve ark. (2008) karabuğday ununun TG için en uygun substrat olduğunu ve TG'in hamurun pseudoplastik davranışlarını geliştirerek ekmeğin yapısal özelliklerini geliştirdiği belirtmiştir

Şekil 4.6 incelendiğinde, tüm KÖÜ'nin ekmek hacmini düşürdüğü, özellikle KBK'nin ekmek hacmi üzerinde en olumsuz etkiye sahip olduğu görülmektedir. Ekmek hacmi üzerinde en etkili parametre olan gluten bileşeni, %20 oranında KBK ikamesi ile seyrelmekte ve ekmek hacmi düşmektedir. Benzer şekilde buğday kepeğinin ekmek hacmini azaltıcı etkisi pek çok çalışmada ortaya konmuş olup (Pomeranz 1988; Pylar 1988 Elgün ve ark. 1995; Özkaya 1999; Gül 2007), buğday ununa ilave edilen kepek, gluten ağının gelişimini engelleyerek zayıflatmakta, dolayısıyla hamurun gaz tutama kapasitesi ve elastikiyetinin azalmasına ve ekmeklerin hacminin düşük olmasına neden olmaktadır (Özer 1998). Gan ve ark. (1989) kepek partiküllerinin nişasta-gluten ağına da zarar verdiğini ve gaz

hücrelerinin genleşmesini sınırladığını bildirmişlerdir. Gül (2007) BU'na %20 oranında buğday kepeği ve mısır kepeği ilave ederek hazırladığı ekmeklerin hacimlerinin şahit örneğe göre sırasıyla % 34 ve % 48.5 oranında azaldığını rapor etmiştir. Buğday kepeğinde, selülozun gluteni seyreltici etkisinin yanında, özellikle ruşeymdeki indirgen özellik gösteren glutathion mevcudiyeti de ekmek hacmini olumsuz yönde etkilemektedir (Pomeranz 1988; Pylar 1988; Sievert ve ark. 1990).

#### 4.2.2.1.3. Spesifik hacim

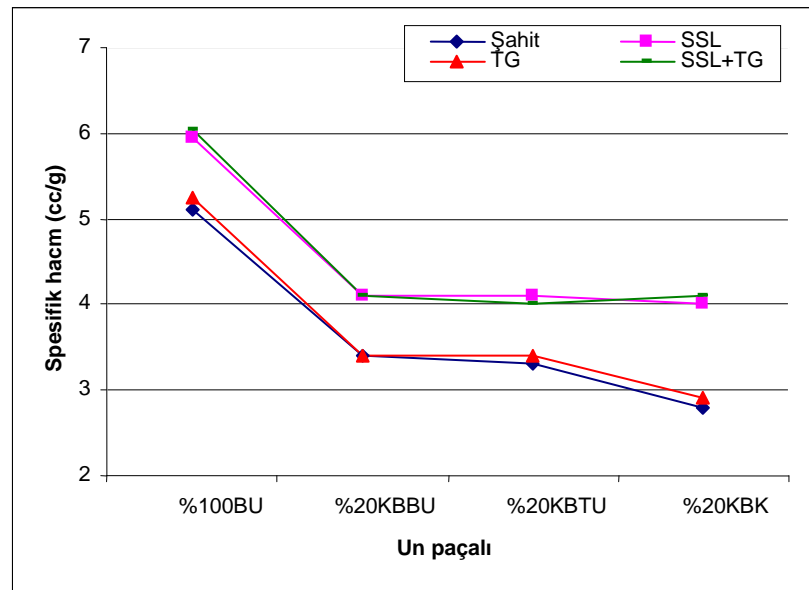
Tip 550 BU ile hazırlanan ekmeklerin ortalama spesifik hacim değeri, 5.1-6.1 cc/g, bulunurken, % 20 oranında KBBU, KBTU veya KBK ikamesi ile hazırlanan ekmeklerde ortalama spesifik hacim değeri, 2.8-4.1 cc/g arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Kim ve ark. (2000b) BU'na %20 oranında ilave edilen KBBU'nun, ekmek spesifik hacim değerini 4.41 cc/g'dan, 4.11 cc/g'a düşürdüğünü rapor etmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre ekmek ağırlığı değeri üzerinde un paçalı ve katkı faktörü  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.10).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, spesifik hacim değerleri hacim değerlerine paralellik göstermiş ve BU ile hazırlanan ekmekler en yüksek spesifik hacim değerini verirken, bunu sırasıyla KBBU, KBTU ve KBK ilavesi ile hazırlanan ekmeklerin spesifik hacimleri izlemiştir (Çizelge 4.11).

Kullanılan un katkıları da spesifik hacim değerlerini, hacim değerlerine benzer şekilde etkilemiş, SSL ve SSL+TG kombinasyonu en yüksek spesifik hacim değerini vermiştir (Çizelge 4.11). Ravi ve ark. (2000) zayıf ve kuvvetli olmak üzere iki farklı buğday unundan yaptıkları ekmek denemelerinde, artan SSL konsantrasyonuna bağlı olarak spesifik hacim değerlerinin de arttığını belirlemişlerdir.

Spesifik hacim üzerine etkili "un paçalı x katkı" interaksyonu Şekil 4.7'de verilmiştir. SSL ve SSL+TG kullanımıyla tüm un paçalarında spesifik hacim üzerinde meydana gelen olumlu etkinin özellikle yağ oranı yüksek KBK ikamesi ile hazırlanan ekmeklerde daha da arttığı görülmektedir. Bu durum hacim artışına bağlı doğal bir sonuç olup, yukarıda anlatılan ekmek hacmini artırıcı faktörler spesifik hacim artışı üzerinde de etkili olmuştur.



**Şekil 4.7. Ekmek spesifik hacmi üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksiyonu (BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği, SSL: Sodyum stearyl 2-laktilat, TG: Transglutaminaz)**

#### 4.2.2.2. Simetri ve gözenek yapısı

Farklı un paçalı ve un katkısı kullanılarak hazırlanan ekmeklerin simetri ve ekmek içi gözenek yapısı değerleri Çizelge 4.12’de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları 4.13’de, simetri ve gözenek değeri üzerine etkili un paçalı ve katkı faktörlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

##### 4.2.2.2.1. Simetri

Tip 550 BU ile hazırlanan ekmeklerde simetri değerleri 3.7-4.0 arasında değişirken, KÖÜ’nin kullanımı ile bu değer 2.8-4.7 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.12). Un paçalı ve katkı faktörleri ekmek simetrisi üzerinde önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.14) BU ve KBBU un paçallarından üretilen ekmekler en yüksek ekmek simetrisi verirken KBK içeren ekmeklerde simetri en düşük değeri almıştır. Un katkılarından SSL ve SSL+TG, şahit ekmeklere göre simetri değerini istatistiki olarak artırmıştır ( $p<0.05$ ).

#### 4.2.2.2. Gözenek yapısı

Gözenek değerleri, BU ile hazırlanan ekmelerde 4.5-5.0 iken, %20 oranında KÖÜ ikameli unlardan hazırlanan ekmelerde 3.3-4.9 arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Kim ve ark. (2000b) şahit (BU) ve %20 KBBU ikameli ekmelerde gözenek yapısını sırasıyla, 4.52 ve 4.30 olarak rapor etmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, un paçalı ve katkı faktörleri ekmek gözenek yapısı üzerinde önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.13).

**Çizelge 4.12. Ekmek örneklerine ait simetri, gözenek ve sertlik değerleri\***

Un paçalı**	Katkı***	Simetri (1-5)	Gözenek (1-5)	24. saat sertlik Newton/cm <sup>2</sup>	72. saat sertlik Newton/cm <sup>2</sup>
%100 BU	Şahit	3.7±0.28	4.5±0.35	0.029±0.005	0.10±0.025
	SSL	3.9±0.14	5.0±0.35	0.025±0.005	0.09±0.012
	TG	4.0±0.42	4.8±0.28	0.029±0.008	0.09±0.003
	SSL+TG	4.0±0.00	5.0±0.35	0.018±0.003	0.07±0.009
%20 KBBU	Şahit	4.0±0.35	4.3±0.28	0.038±0.011	0.07±0.007
	SSL	4.5±0.35	4.8±0.14	0.026±0.007	0.05±0.008
	TG	4.3±0.28	4.0±0.42	0.035±0.010	0.07±0.020
	SSL+TG	4.7±0.42	4.9±0.57	0.022±0.006	0.05±0.000
%20 KBTU	Şahit	3.3±0.14	3.5±0.28	0.048±0.019	0.09±0.007
	SSL	3.8±0.28	4.1±0.14	0.027±0.010	0.06±0.005
	TG	3.5±0.42	4.0±0.00	0.046±0.022	0.08±0.013
	SSL+TG	4.1±0.14	4.5±0.35	0.023±0.005	0.05±0.008
%20 KBK	Şahit	2.8±0.42	3.3±0.07	0.055±0.014	0.11±0.017
	SSL	3.8±0.64	3.8±0.07	0.042±0.002	0.09±0.004
	TG	3.0±0.35	3.5±0.00	0.059±0.012	0.11±0.015
	SSL+TG	3.5±0.28	4.0±0.28	0.049±0.000	0.10±0.005

\* Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

\*\* BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

\*\*\* SSL: Sodyum stearol 2-laktilat, TG: Transglutaminaz

**Çizelge 4.13. Ekmek örneklerinin simetri, gözenek ve sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları**

VK	SD	Simetri		Gözenek		Sertlik (24.saat)		Sertlik (72. saat)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Un paçalı (A)	3	1.685	14.34**	2.143	25.03**	0.001	9.62**	0.003	18.82**
Katkı (B)	3	0.661	5.63**	0.817	9.54**	0.000	4.25**	0.001	788**
A X B	9	0.073	0.63ns	0.062	0.73ns	0.000	0.39ns	0.000	0.42ns
Hata	16	0.118		0.086		0.000		0.000	

\*\*  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, un paçalında KBTU ve KBK kullanımı, BU ve KBBU ile karşılaştırıldığında ekmek gözenek yapısını bozmuştur (Çizelge 4.14). Aynı örneklerin hacim değerlerinin de (Çizelge 4.11) düşük olması, ekmek içi yapısının tam oluşmadığının ve gözenek yapısının düzgün olmadığı bir göstergesidir. Yüksek randımanlı unlar ve kepek kullanılarak üretilen ekmeklerde, bileşime giren kepekten dolayı ekmeklerin iç gözenek yapılarının bozulduğu (Pomeranz ve ark. 1976; Shogren ve ark. 1981; Özboy 1992; Özer 1998) sıkı gözenek yapısı ve tekstürün oluştuğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Elgün ve Ertugay 1995; Gül 2007). Gül (2007) %20 buğday kepeği kullanarak hazırladığı ekmekler ile BU'ndan hazırlanan şahit ekmeklerin 8 sıklalalı gözenek yapısı değerlendirmesinde, sırasıyla 5.4 ve 6.7 puan aldıklarını ve buğday kepeğinin gözenek yapısını bozduğunu belirtmiştir.

Ekmek formülasyonunda kullanılan katkı maddelerinden SSL ve SSL+TG kombinasyonu ekmek içi gözenek yapısını düzeltici etkide bulunurken, tek başına kullanılan TG ekmek içi gözenek yapısını şahit ekmeğe göre istatistiki olarak değiştirmemiş, ancak deskriptif olarak biraz artışa neden olmuştur (Çizelge 4.14).

Başman ve ark. (2002b) % 0.5 düzeyine kadar TG kullanımının ekmekçilik kalitesi düşük buğday unundan hazırlanan ekmeklerde gözenek yapısını düzettiğini belirtmişlerdir. Zghal ve ark. (2000) ve Larre ve ark. (2000) zayıf kuvveteki unlardan

**Çizelge 4.14. Ekmek örneklerinin simetri, gözenek ve sertlik değerleri üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları\***

Faktör	n	Simetri (1-5)	Gözenek (1-5)	Sertlik (24. saat) Newton/cm <sup>2</sup>	Sertlik (72. saat) Newton/cm <sup>2</sup>
<b>Un paçalı**</b>					
%100 BU	8	3.90 ab	4.83 a	0.025 b	0.087 ab
%20 KBBU	8	4.38 a	4.50 a	0.030 b	0.061 c
%20 KBTU	8	3.68 bc	4.03 b	0.036 ab	0.072 bc
%20 KBK	8	3.28 c	3.65 b	0.051 a	0.101 a
<b>Katkı***</b>					
Şahit	8	3.45 b	3.90 c	0.042 a	0.092 a
SSL	8	4.00 a	4.43 ab	0.030 b	0.073 bc
TG	8	3.70 ab	4.08 bc	0.042 a	0.088 ab
SSL+TG	8	4.08 a	4.60 a	0.028 b	0.068 c

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

\*\* BU: Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

\*\*\* SSL: Sodyum stearol 2-laktilat, TG: Transglutaminaz

hazırlanan hamurların, hücre duvarlarının aşırı yıkılması ve gaz hücrelerinin birleşmesinden dolayı kaba ve homojen olmayan ekmek içi gözenek yapısına sahip olduğunu, TG ilavesi ile gluten ağı içinde yeni kovalent bağlar oluşturularak hamur reolojik özelliklerinin gelişmesi ile gözenek yapısının düzeldiğini rapor etmişlerdir. Basman ve ark. (2003) özellikle zayıf karakterli buğday ununa ilave ettikleri arpa ve soya unlarının oluşturduğu kaba ve homojen olmayan gözenek yapısının TG kullanımı ile ince ve homojen bir görünüş aldığını rapor etmişlerdir.

Yüzey aktif madde olarak SSL ekmek gözenek yapısının gelişmesinde çok etkili rol oynamıştır (Çizelge 4.14). Ercan (1987) yüzey aktif maddelerin hamurda emülsiyon stabilitesini arttırarak, hamur yapısını iyileştirdiğini dolayısıyla ekmek iç yapısını yumuşatarak, gözenek yapısını iyileştirici etkide bulunduğunu bildirmiştir.

#### **4.2.2.3. Ekmek içi sertlik**

24. ve 72. saatlerde ölçülen ekmek içi sertlik değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir. 24. saat sonunda ekmek içi sertlik değerleri tüm ekmek örnekleri için 0.018-0.059 N/cm<sup>2</sup> arasında değişirken, 72. saat sonunda bu değerler 0.05-0.11 N/cm<sup>2</sup> arasında bulunmuştur. Choi ve Chung (2007) BU'ndan hazırladıkları kontrol ekmekleri ve % 15 ve 30 oranlarında KBBU kullanarak yaptıkları karabuğday ekmeklerinde 24. saat sonundaki sertlik değerlerini 0.17, 0.18 ve 0.27 kg, 72. saat sonundaki sertliklerini ise 0.22, 0.24 ve 0,27 kg olarak bulmuşlardır.

Ekmek içi sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir. Buna göre, 24. ve 72. saat ekmek içi sertliği üzerinde un paçalı ve katkı faktörleri istatistiki olarak önemli (p<0.01) bulunmuştur.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre 24 saat sonunda en sert ekmek içi KBK içeren un paçalından hazırlanan ekmeklerde ölçülmüştür (Çizelge 4.14). KBK içeren ekmeklerdeki bu düşük hacim (Çizelge 4.11), istenen ekmek içi yapısı ve tekstürünün oluşmasını engellediğinden sert ekmek içi elde edilmesine neden olmuştur. Kullanılan ekmek katkılarından SSL ve SSL+TG kombinasyonu 24. saat ekmek içi sertliğini azaltmıştır. SSL ile TG arasında sinerjistik bir etki belirlenmemiş olup, SSL ekemek içi yumuşaklığının artmasında etkili rol oynamıştır. TG nin tek başına olumlu herhangi bir etkisi belirlenmemiştir.



72. saat sonunda elde edilen ekmek içi sertlik değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.14), KBK içeren ekmekler yine en sert ekmek içi verirken, KBBU'nun depolama sonunda en yumuşak ekmek içi yapısına sahip olduğu belirlenmiştir. 24. saat sertlik değerlerinde olduğu gibi, SSL ve SSL+TG kombinasyonu ekmek içi sertliği düşürerek, 3 günlük depolama süresince ekmek içi yumuşaklığının daha iyi muhafaza edilebilmesini sağlamıştır. SSL'in protein-nişasta, protein-lipit komplekslerinin oluşmasına yardım ederek, hamur özelliklerini iyileştirici ve ekmek içi sertliğini azaltıcı etkisi çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Junge ve ark. 1981; Krog 1981; Pomeranz 1987; Stauffer 1990; Roach ve Hosoney 1995). Kamel ve Ponte (1993) SSL in ekmek içi yumuşatıcı etkisinin, SSL'in nişastanın lineer amiloz zinciriyle interaksiyonundan kaynaklandığını vurgulamıştır.

Başman ve ark. (2002b) ekmeklik kalitesi düşük buğday unu ile yapılan ekmeklerde, % 0.1-0.5 oranında TG kullanımının ekmek içini yumuşatma etkisinin istatistiki açıdan önemli olduğunu, ekmek hacmi ve buna bağlı olarak ekmek içi yumuşaklığının TG ile arttığını belirlemiştir. Collar ve Bollain (2005) TG kullanımının düşük randımanlı unlarda, tam una göre daha etkili olduğunu, bunun sebebinin, düşük randımanlı unlarda kaba kepek fraksiyonlarının var olmaması nedeni ile daha yüksek enzim ulaşılabilirliğine bağlı olarak, enzim performansının artması olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, TG'in alfa amilazla birlikte kullanıldığında, bayatlamamanın yavaşlatılması konusunda sinerjistik etki gösterdiğini belirlemiştir. Bizim çalışmamızda, da sabit katkı olarak alfa amilaz kullanılmış olup, TG kullanımı şahit ekmeklere göre ekmek içi sertliğinin deskriptif olarak düşmesine neden olmuştur.

#### **4.2.2.4. Renk**

##### **4.2.2.4.1. Kabuk rengi**

Farklı un paçalı ve un katkıları kullanılarak hazırlanan ekmeklerin kabuk renklerine (L, a ve b) ait sonuçlar Çizelge 4.15'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Ekmek örneklerinin kabuk renk değerleri üzerine etkili un çeşidi ve katkı faktörlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.18'de özetlenmiştir.

#### 4.2.2.4.1.1. Kabuk parlaklığı (L)

Ekmek kabuklarının parlaklık (L) değeri, BU'dan hazırlananalarda 52.89-60.02 arasında değişirken, KÖÜ içeren ekmeklerde 38.89-49.13 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.15). Chung ve Kim (1998) BU'ndan yaptıkları ekmeklerde L değerini 40.23 olarak bulurken; %30 KBBU ilavesiyle elde ettikleri ekmeklerin aynı renk değerini 30.48 olarak belirlemişlerdir.

Varyans analiz sonuçlarına göre un paçalı ve katkı faktörleri kabuk rengi parlaklığı üzerinde  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.16).

**Çizelge 4.15. Ekmek örneklerinin kabuk ve iç renk değerleri\***

Un paçalı**	Katkı***	Kabuk rengi			Ekmek içi rengi		
		L	a	b	L	a	b
%100 BU	Şahit	59.01±0.59	11.91±0.55	30.49±0.63	79.48±0.49	-1.45±0.02	11.72±0.37
	SSL	60.02±0.77	11.56±0.68	30.09±0.70	80.23±0.45	-1.56±0.00	13.18±0.45
	TG	52.89±0.44	12.29±0.93	27.49±0.45	79.31±0.69	-1.58±0.01	12.04±0.54
	SSL+TG	59.09±0.67	12.73±0.90	30.15±0.96	81.00±0.69	-1.47±0.01	13.22±0.59
%20 KBBU	Şahit	46.05±0.85	12.16±0.72	24.72±0.42	63.79±0.30	-0.84±0.08	12.80±0.80
	SSL	49.13±0.70	12.00±0.81	21.32±0.89	71.60±0.52	-0.82±0.04	13.39±0.79
	TG	44.58±0.35	12.21±0.99	16.19±0.81	64.96±0.35	-1.05±0.15	12.92±0.88
	SSL+TG	48.02±0.52	12.55±0.71	21.14±0.38	72.03±0.72	-0.88±0.08	13.68±0.29
%20 KBTU	Şahit	40.96±0.35	12.56±0.78	20.94±0.94	58.25±0.20	1.49±0.08	13.20±0.49
	SSL	43.95±0.76	12.32±1.07	16.88±0.88	65.83±0.88	1.00±0.13	14.38±0.58
	TG	40.21±0.28	12.48±1.09	15.61±0.69	58.04±0.66	1.72±0.06	13.42±0.52
	SSL+TG	41.79±0.20	12.51±0.59	16.59±0.40	64.79±0.39	1.51±0.07	14.22±0.61
%20 KBK	Şahit	38.89±0.40	12.71±0.62	16.79±0.52	48.45±0.79	4.99±0.19	14.69±0.76
	SSL	42.97±0.57	12.61±0.96	16.01±0.66	57.75±0.85	4.28±0.12	16.71±0.98
	TG	39.56±0.71	12.74±0.35	14.26±0.29	52.97±0.30	4.78±0.14	15.97±0.71
	SSL+TG	43.05±0.53	12.70±0.81	16.15±0.92	57.95±0.58	4.58±0.18	16.21±0.54

\* Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

\*\* BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

\*\*\* SSL: Sodyum stearyl 2-laktilat, TG: Transglutaminaz

**Çizelge 4.16. Ekmek örneklerinin kabuk rengi değerlerine ait varyans analiz sonuçları**

VK	SD	L		a		b	
		KO	F	KO	F	KO	F
Un paçalı (A)	3	474.59	1443.13**	0.52	0.78ns	299.77	621.89**
Katkı (B)	3	34.21	104.04**	0.34	0.53ns	31.50	65.34**
A X B	9	3.46	10.51**	0.10	0.15ns	3.49	7.23**
Hata	16	0.33		0.66		0.48	

\*\*  $p < 0.01$  düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.17. Ekmek örneklerinin ekmek içi rengi değerlerine ait varyans analiz sonuçları**

VK	SD	L		a		b	
		KO	F	KO	F	KO	F
Un paçalı (A)	3	949.69	2722.42**	62.54	5711.73**	16.75	39.57**
Katkı (B)	3	90.27	258.78**	0.15	14.07**	3.19	7.53**
A X B	9	7.92	22.69**	0.08	7.41**	0.19	0.45ns
Hata	16	0.35		0.011		0.42	

\*\* p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, BU ile hazırlanmış ekmeklerle karşılaştırıldığında, KÖÜ'nin ekmek formülasyonunda kullanılması ile kabuk parlaklığı düşmüş ve bu düşüş KBTU ve KBK kullanımında daha fazla bulunmuştur (Çizelge 4.18). Buğday öğütme ürünlerinde olduğu gibi, KÖÜ'nde de artan selülozik materyal muhteviyatı parlaklığı düşürmekte (Marshall ve Pomeranz 1982) ve en dış kepek tabakası en koyu rengin elde edilmesine sebep olmaktadır (Çizelge 4.1). Hammadde olarak kullanılan materyalin parlaklığı son ürün rengini etkilemiş ve parlaklığın düşmesine neden olmuştur. Koyuluktaki artışın bir diğer sebebi; buğday nişastasına göre alfa amilaz hassasiyeti yüksek ve serbest şeker miktarı fazla olan karabuğdayın (Wijngaard ve Arendt 2006) enzimatik olmayan bir esmerleşme reaksiyonu olan Maillard reaksiyonuna girme eğiliminin artması ve bu reaksiyonun son aşamasında oluşan esmer renkli pigmentlerin oluşması olabilir (Buldurlu ve Karadeniz 2002). Karabuğday nişastasının buğday nişastasına göre daha küçük boyuta sahip olması ve porlu yapısı alfa amilaz hassasiyetini artırmakta ve buğday nişastasına göre daha hızlı serbest şekerlere dönüşebilmektedir (Wijngaard ve Arendt 2006). Böylece, Maillard reaksiyonu için substrat oluşturabilmekte ve kabuk renginin esmerleşmesinde önemli rol oynamaktadır.

Ekmek katkısı olarak, SSL'in yalnız veya TG ile kombinasyon halinde kullanılması ekmek kabuk rengi parlaklığını şahit ekmeklere göre artırırken, TG yalnız kullanıldığında parlaklık değerini düşürmüştür.

Kabuk parlaklığı üzerine etkili "un paçalı x katkı" interaksyonu Şekil 4.8'de verilmiş olup, özellikle KBK içeren ekmeklerde, SSL in yalnız yada TG ile kombinasyon halinde kullanılması, parlaklığın daha fazla artmasına sebep olmuştur. Ribotta ve ark. (2008) BU'na %10 soya unu ilave ederek yaptıkları ekmek denemelerinde SSL (%0.3) ve SSL (%0.3) + TG (%0.385) kombinasyonunu

kullanarak, elde ettikleri ekmeklerin parlaklık değerlerini sırasıyla, 44.7 ve 46.9 olarak rapor etmişler ve ekmek kabuk rengi üzerinde kullanılan katkı maddelerinin önemli bir etkiye sahip olmadığını vurgulamışlardır.

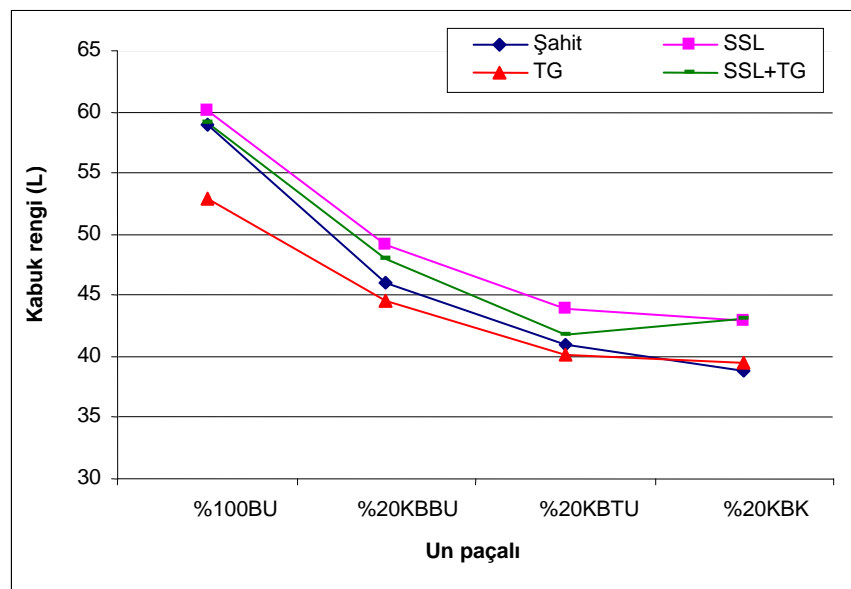
**Çizelge 4.18. Ekmek örneklerinin kabuk ve iç renk değerleri üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları \***

Faktör	n	Kabuk rengi			Ekmek içi rengi		
		L	a	b	L	a	B
<b>Un paçalı**</b>							
%100 BU	8	57.75 a	12.12 a	29.55 a	80.00 a	-1.51 d	12.54 c
%20 KBBU	8	46.95 b	12.23 a	20.84 b	68.09 b	-0.89 c	13.19 bc
%20 KBTU	8	41.73 c	12.47 a	17.50 c	61.73 c	1.43 b	13.81 b
%20 KBK	8	41.12 c	12.69 a	15.80 d	54.28 d	4.66 a	15.88 a
<b>Katkı***</b>							
Şahit	8	46.23 c	12.34 a	23.23 a	62.49 c	1.05 a	13.09 b
SSL	8	49.02 a	12.12 a	21.07 b	68.85 a	0.72 b	14.41 a
TG	8	44.31 d	12.43 a	18.38 c	63.82 b	0.97 a	13.59 b
SSL+TG	8	47.99 a	12.62 a	21.01 b	68.94 a	0.94 a	14.33 a

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

\*\* BU: Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

\*\*\* SSL: Sodyum stearyl 2-laktilat, TG: Transglutaminaz



**Şekil 4.8 Kabuk parlaklığı (L) üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksiyonu (BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği, SSL: Sodyum stearyl 2-laktilat, TG: Transglutaminaz)**

#### 4.2.2.4.1.2. Kabuk kırmızılığı (a)

Ekmek kabuklarının kırmızılık (a) değeri BU ile hazırlananlarda 11.56-12.73, KÖÜ kullanılarak hazırlananlarda 12.00-12.74 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.15).

KÖÜ'nin ekmek formülasyonunda kullanılması ekmek kabuk rengi kırmızılığını istatistiki olarak değiştirmezken, deskriptif olarak BU ile hazırlanan ekmekten KBK içeren ekmeğe doğru bir artış söz konusudur. Bu artış, yine hammadde renk özellikleri ve karabuğday öğütme ürünlerinde yer alan serbest şeker miktarının fazlalığından (Wijngaard ve Arendt 2006) kaynaklanabilecek Maillard reaksiyonundaki artışa bağlanabilir (Buldurlu ve Karadeniz 2002).

Farklı katkı maddelerinin ve kombinasyonlarının ekmek formülasyonunda kullanımı kabuk kırmızılığını istatistiki olarak değiştirmemiştir (Çizelge 4.18).

#### 4.2.2.4.1.3. Kabuk sarılığı (b)

Ekmek kabuklarının sarılık (b) değeri BU ile hazırlanan ekmeklerde 27.49-30.49, KÖÜ içeren ekmeklerde 14.26-24.72 arasında değişmiştir (Çizelge 4.15). BU ile üretilen ekmeklerle karşılaştırıldığında, KÖÜ'nin kullanımı, ekmeklerde kabuk rengi sarılığını azaltmıştır. Chung ve Kim (1998) BU'na %30 oranında KBBU katarak yaptıkları ekmek denemesinde; KBBU katkılı ekmeğin kabuk sarılığının (11.27), BU'ndan hazırlanan kontrol ekmeğinin sarılık değerine (18.11) göre düştüğünü rapor etmişlerdir.

Varyans analizi sonuçlarına göre kabuk rengi sarılığı üzerinde un paçalı ve katkı faktörleri  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Ekmek kabuk sarılığı, un paçalı faktörüne göre incelendiğinde, en düşük sarılık değerinin KBK içeren ekmeklerde belirlendiği görülmektedir (Çizelge 4.18). Formülasyonda kullanılan KÖÜ'nin sarılık değerleri BU'nunkinden yüksek olup (Çizelge 4.1) öğütme ürünleri arasında en yüksek sarılık değeri KBK'ne aittir. Hammadde olarak kullanılan KÖÜ'nin sarılık değerleri ile ekmek kabuk rengi sarılığı arasındaki ilişki ters bulunmuştur. Ayrıca aynı örneklerde yukarıda bahsedildiği gibi parlaklık değeri de düşerek ekmekler koyulaşmış ve bu durum serbest şeker artışına bağlı olarak Maillard reaksiyonuna atfedilmiştir.

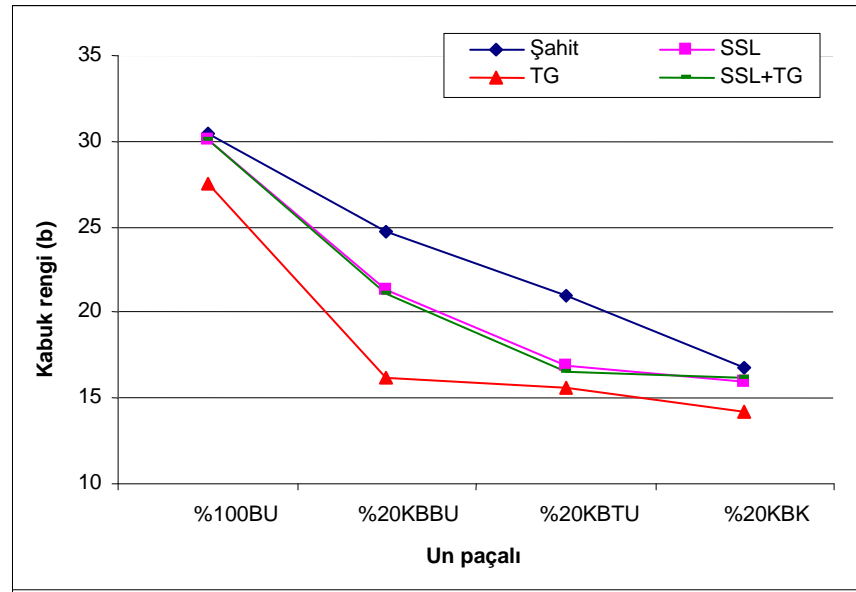
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, katkı maddelerinin ekmek formülasyonunda kullanımı kabuk sarılığını katkısız şahit ekmeklere göre

düşürmüştür (Çizelge 4.18). TG'ın tek başına kullanımı ile en düşük sarılık değerine sahip ekme kabuğu rengi elde edilmiştir.

Kabuk sarılığı üzerine etkili “un paçalı x katkı” interaksyonu Şekil 4.9’de verilmiş olup, özellikle KBBU ve KBTU ilave edilerek hazırlanan ekmeklerde TG enziminin, katkısız şahit ekmeklerine göre kabuk rengi sarılığını çok keskin şekilde düşürdüğü görülmektedir. BU ile hazırlanan ve KBK katkılı ekmeklerde TG enziminin sarılık üzerine etkisi aynı un paçalları ile hazırlanan katkısız şahit ekmekleri ile kıyaslandığında azalmaktadır.

#### 4.2.2.4.2. Ekmek içi rengi

Farklı un paçalı ve katkı maddeleri ile hazırlanan ekmeklerin iç renk değerleri Çizelge 4.15’de verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17’de, özetlenmiş olup, un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.



**Şekil 4.9. Kabuk sarılığı (b) üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu (BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği, SSL: Sodyum stearol 2-laktilat, TG: Transglutaminaz**

#### 4.2.2.4.2.1. Ekmek içi parlaklığı (L)

Tip 550 BU ile hazırlanan ekmeklerde ekmek içi parlaklığı değerleri 79.31-81.00 arasında değişirken, KÖÜ ikamesi ile bu değerler 48.45-72.03'e düşmüştür (Çizelge 4.15). Lin ve ark. (2009) BU'ndan hazırlanan kontrol ekmeğinde 76.75 olan parlaklık değerinin, %15 oranında KBTU ve KBBU ilaveleri ile sırasıyla 67.98 ve 69.52'e düştüğünü belirlemiştir.

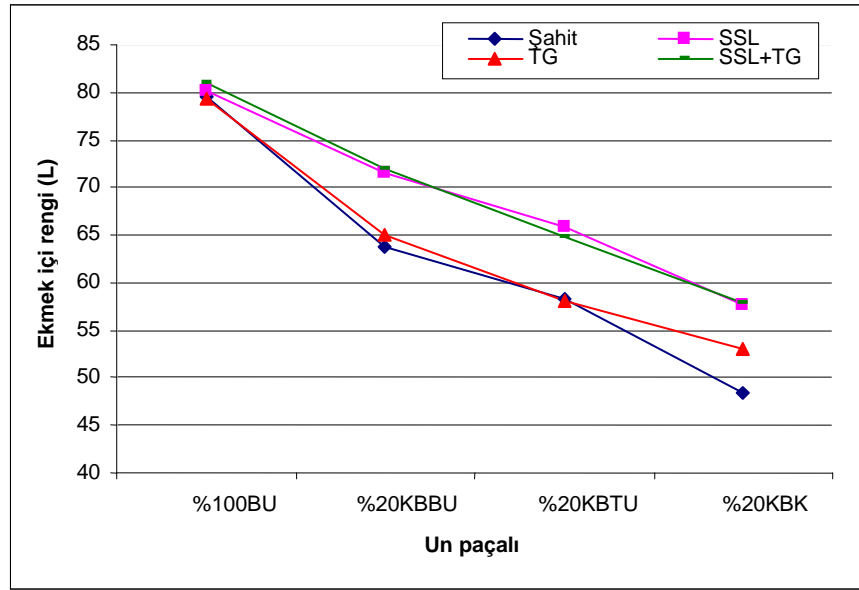
Varyans analizi sonuçlarına göre, ekmek içi parlaklık değeri üzerinde un paçalı ve katkı faktörleri önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.17).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, kabuk rengi parlaklığında olduğu gibi ekmek içi parlaklık değeri de KÖÜ'nin ilavesi ile azalmış ve en düşük değer KBK kullanımı ile elde edilmiştir (Çizelge 4.18). KÖÜ'nde artan kepek muhteviyatına bağlı olarak parlaklığının azalması (Çizelge 4.1), ekmek içi rengini de beklenildiği şekilde koyulaştırarak, parlaklığın azalmasına neden olmuştur.

Katkı değişkenine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, SSL'in yalnız yada TG ile kombine kullanımı ekmek içi parlaklığını artırmış olup, katkısız şahit ekmekler en düşük parlaklık değerini vermiştir (Çizelge 4.18).

Ekmek içi parlaklığı üzerine etkili "un paçalı x katkı" interaksyonuna göre, SSL ve SSL+TG kombinasyonu bütün un paçalarında yüksek parlaklık değerleri verirken, TG'ın tek başına özellikle KBK'li ekmekteki parlaklığı, katkısız ekmeğe göre artırdığı görülmektedir (Şekil 4.10).

Başman ve ark. (2002) kuvvetli ve zayıf buğday unlarından hazırladıkları ekmeklerin iç renklerinin düşük seviyelerde (%0.5) TG kullanımı ile düzeldiğini belirtmişlerdir. SSL ve TG'nin ekmek içi parlaklığını artırması; artan ekmek hacmine bağlı olarak, ekmek içi tekstürün gelişmesi ve bunun ekmek içi rengini geliştirmesinden kaynaklanmaktadır. SSL etkili bir hamur kuvvetlendiricisi olarak, ekmek hamurunu güçlendirerek ekmek hacmini yükseltmekte, tekstür ve rengin gelişmesini sağlamaktadır (Indrani ve Rao 2003).



**Şekil 4.10. Ekmek içi parlaklığı (L) üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksiyonu (BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği, SSL: Sodyum stearyl 2-laktilat, TG: Transglutaminaz**

#### 4.2.2.4.2.2. Ekmek içi kırmızılığı (a)

Farklı un paçalları ve katkılarla hazırlanan ekmeklerin ekmek içi kırmızılık değerleri -1.58- 4.99 arasında değişim göstermiş olup (Çizelge 4.15), un paçalı ve katkı faktörleri ekmek içi kırmızılığı üzerinde  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.17) .

KÖÜ'nün un paçalında yer alması, ekmek içi kırmızılık değerini artırmış, en yüksek değerler KBK katkılı ekmeklerde elde edilmiştir (Çizelge 4.18). Lin ve ark. (2009) %15 oranında KBBU ve KBTU'ndan hazırladıkları ekmeklerde ekmek içi kırmızılık değerini şahide göre arttığını rapor etmişlerdir. Choi ve Chung (2007) %30 KBBU ile hazırladıkları ekmeklerde benzer şekilde kırmızılık artışını belirlemişlerdir. KÖÜ'nün doğal renkleri (Çizelge 4.1) ile orantılı olarak ekmek içi kırmızılık değerlerinde meydana gelen artış beklenen bir sonuçtur.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, SSL kullanımı ekmek içi kırmızılığını düşürmüştür, SSL'in TG ile kombinasyon halinde kullanılması durumunda ekmek içi kırmızılık değeri şahit ekmeğe eşdeğer bulunmuştur (Çizelge 4.18).



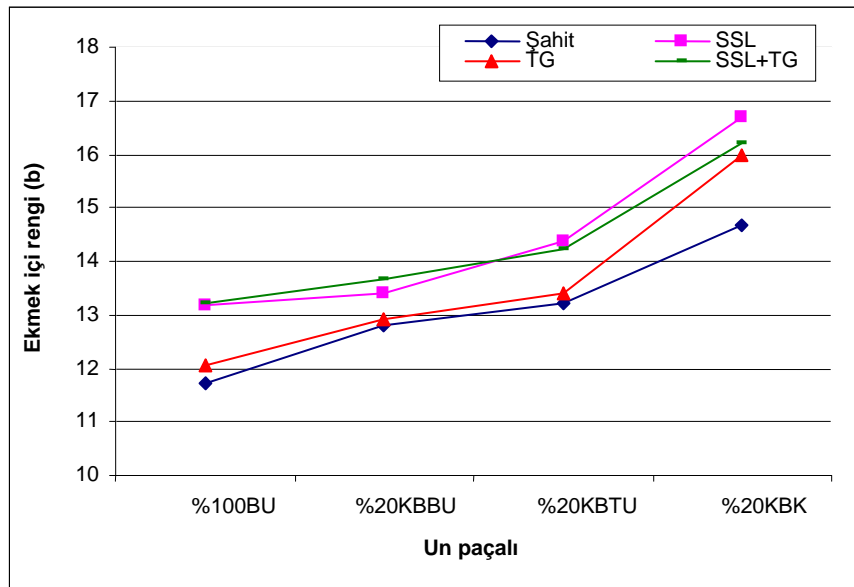
#### 4.2.2.4.2.3. Ekmek içi sarılığı (b)

Ekmek içi sarılığı ekmek kalitesi açısından önemli bir parametre olup, BU'ndan üretilen ekmeklerde sarılığın yüksek olması istenmez. Farklı un paçalı ve katkılarla üretilen ekmeklerden BU ile hazırlananların ekmek içi sarılık değerleri 11.72-13.22 arasında değişirken, KÖÜ içeren ekmeklerde bu değer 12.80-16.71 aralığına yükselmiştir (Çizelge 4.15).

Varyans analzi sonuçlarına göre hem un paçalı hem de katkı faktörleri ekmek içi sarılık değeri üzerinde önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.17).

KÖÜ ekmek içi sarılık değerini artırmış, en yüksek değerler KBK katkılı ekmeklerde elde edilmiştir (Çizelge 4.18). Lin ve ark. (2009) %15 oranında KBBU ve KBTU dan hazırladıkları ekmeklerde ekmek içi sarılık değerinin şahide göre arttığını rapor etmişlerdir. KÖÜ'nin doğal renkleri ile orantılı olarak ekmek içi sarılık değerlerinde meydana gelen artış beklenen bir sonuçtur.

Ekmek içi sarılık değeri SSL ve SSL+TG kombinasyonu ile artış göstermiştir (Çizelge 4.18). Ekmek içi sarılığı üzerine etkili “un paçalı x katkı” interaksyonu Şekil 4.11’de verilmiştir. KBK ikamesi ile hazırlanan ekmeklerde SSL ve SSL+TG



Şekil 4.11. Ekmek içi sarılığı (b) üzerine etkili “un paçalı ve katkı” interaksyonu (BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği, SSL: Sodyum stearol 2-laktilat, TG: Transglutaminaz)

kombinasyonuna ek olarak, TG nin yalnız kullanımı ile KBK içeren ekmekte, iç rengi sarılığının katkısız şahit ekmeğe göre arttığı görülmektedir.

#### 4.2.2.5. Kimyasal özellikler

Kimyasal analizler, teknolojik olarak daha üstün bulunan SSL+TG kombinasyonu kullanılarak üretilen ekmelerde yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.20 ve 4.21'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.22 ve 4.23'de özetlenmiştir. Kullanılan un paçalı, ekmeklerin su içeriğini üzerinde  $p<0.05$ , diğer tüm kimyasal özellikleri ve mineral madde değerleri üzerinde  $p<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

##### 4.2.2.5.1. Su

Formülasyonda KÖÜ'ne yer verilmesi ile ekmeklerin su miktarı BU ile hazırlananlara göre artmış, yalnız BU ile hazırlanan ve KBBU, KBTU, KBK içeren ekmelerde sırasıyla %36.2, 43.2, 42.5 ve 42.2 su değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Daha önceki bölümlerde ifade edildiği gibi, karabuğday nişastasının yüksek su tutma kapasitesi (Wijngaard ve Arendt 2006) ve artan selülozik materyal ve pentozan içeriğine bağlı (Elgün ve Ertugay 1995) KÖÜ'leri ekmek hamurlarının su absorpsiyonunu artırmış, ancak seyrelen gluten ekmek hacminin düşmesine ve suyun ekmek hamurundan uzaklaşmamasına neden olmuştur. Dolayısıyla KÖÜ'nin kullanıldığı ekmekler, ekmek verimi açısından olumlu, ancak mikrobiyal bozulma ve ekmek hacmi açısından olumsuz değerlendirilmiştir. Lin ve ark. (2009) %15 oranında KBTU ve KBBU kullanarak hazırladıkları ekmeklerin su miktarlarını %100 BU kullanılarak hazırlanan kontrol ekmekleri ile karşılaştırmışlar ve KBTU ekmeğinin kontrol ekmeğinden daha düşük, KBBU ekmeğinin ise BU ile hazırlanan şahitten daha yüksek su içeriğine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda (Çizelge 4.22), tüm KÖÜ ekmekte su miktarını ve ekmek verimini arttırmıştır. Bu sonuç un paçalının su absorpsiyonunun yüksekliği ve pişirmede evaporasyonun düşük olması, yani ekmeklerin yeterince kabarıp, içini boşaltmaması ile açıklanabilir.

**Çizelge 4.19. Farklı un paçallarından hazırlanan ekmeklere ait bazı kimyasal analiz sonuçları \* \*\***

Kimyasal özellikler	% 100 BU	% 20 KBBU	% 20 KBTU	% 20 KBK
Su (%)	36.2±0.42	43.2±0.32	42.5±0.08	42.2±0.15
Kül (%)***	1.40±0.01	1.47±0.01	1.64±0.02	2.02±0.04
Protein (%)****	13.8±0.09	13.1±0.14	13.6±0.05	15.8±0.07
Selüloz (%)	0.82±0.01	0.87±0.03	1.03±0.03	1.76±0.04
Yağ (%)	1.40±0.00	1.69±0.01	1.92±0.02	2.39±0.04
Mineral madde (mg/100g)				
Ca	31.5±0.35	24.4±0.29	35.6±0.50	39.0±1.24
Mg	41.5±0.36	45.4±0.76	73.8±2.45	136.0±1.48
P	142±0.85	140±1.20	185±1.20	297±1.06
Fe	0.96±0.01	0.94±0.01	1.03±0.04	1.98±0.04
K	186±0.85	196±1.41	244±1.34	324±1.27

\* Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

\*\* BU: Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

\*\*\* Kimyasal analiz sonuçları kuru madde üzerinden verilmiştir.

\*\*\*\* Buğday ununda N x 5.7, karabuğday öğütme ürünlerinde N x 6.25 faktörü kullanılmıştır.

**Çizelge 4.20. Ekmek örneklerinin bazı kimyasal analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları**

VK	SD	Su		Kül		Protein		Selüloz		Yağ	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Un paçalı	3	21.20	274.1*	0.15	258.8**	2.71	301.8**	0.38	463.7**	0.35	754.7**
Hata	4	0.080		0.001		0.009		0.001		0.000	

\* p< 0.05 düzeyinde önemli, \*\* p< 0.01 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.21. Ekmek örneklerinin bazı mineral madde değerlerine ait varyans analiz sonuçları**

VK	SD	Ca		Mg		P		Fe		K	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Un paçalı	3	78.6	156.4**	3822.7	1710.6**	10813.8	9135.2**	0.5	693.3**	7955.3	5178.4**
Hata	4	0.502		2.235		1.184		1.110		1.540	

\*\* p< 0.01 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.22. Ekmek örneklerinin bazı kimyasal analiz değerleri (%) üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları \***

Un paçalı**	n	Su	Kül	Protein	Selüloz	Yağ
% 100 BU	2	36.2 c	1.40 d	13.8 b	0.82 c	1.40 d
% 20 KBBU	2	43.2 a	1.47 c	13.1 c	0.87 c	1.69 c
% 20 KBTU	2	42.5 ab	1.64 b	13.6 b	1.03 b	1.92 b
% 20 KBK	2	42.2 b	2.02 a	15.8 a	1.76 a	2.39 a

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

\*\* BU: Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

**Çizelge 4.23. Ekmek örneklerinin bazı mineral madde değerleri (mg/100g) üzerine etkili un paçalı ve katkı değişkenlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları\***

Un paçalı**	n	Ca	Mg	P	Fe	K
%100 BU	2	31.5 c	41.5 c	142 c	0.96 bc	186 d
%20 KBBU	2	24.4 d	45.4 c	140 c	0.94 c	196 c
%20 KBTU	2	35.6 b	73.8 b	185 b	1.03 b	244 b
%20 KBK	2	39.0 a	136.0 a	297 a	1.98 a	324 a

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ( $p < 0.05$ ).

\*\* BU: Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

#### 4.2.2.5.2. Kül

Farklı un paçalları kullanılarak hazırlanan ekmeklerde kül içerikleri %1.40 ile 2.02 arasında değişmiştir (Çizelge 4.19). Ekmeklerdeki kül miktarı, beklenildiği şekilde hammaddedeki kül oranına paralel olarak artış göstermiş ve en yüksek kül oranı KBK içeren ekmeklerde belirlenmiştir (Çizelge 4.22). Bojnanska ve ark. (2009) ekmek formülasyonuna artan oranlarda ilave edilen KBTU'nun, ekmek kül miktarını da artırdığını, Lin ve ark. (2009) ise %15 oranında KBBU ya da KBTU ilavelerinde şahit (BU) ekmeğe göre düşük kül miktarlarının belirlendiğini bildirmişlerdir. Bu farklılıklar, karabuğday çeşidi, ekstraksiyon oranı ve katkı miktarından kaynaklanabilir. Bizim çalışmamızda kullanılan materyalin (Çizelge 4.1), külce zengin olması, ekmek külünde önemli artışa sebep olmuştur (Çizelge 4.22). Literatürde yer alan pek çok araştırmada, KBTU ve KBK'nın kullanım oranına bağlı olarak, rafine beyaz unlardan yapılan hububat ürünlerine ilave edildiklerinde kül miktarını artırdığı rapor edilmektedir (Duarte ve ark. 1996; Bilgiçli 2009b). KÖÜ'ne benzer şekilde, buğday öğütme ürünlerinin artan randımana bağlı olarak ilave edildikleri unlu mamüllerde kül miktarını artırdığı bilinmektedir (Pylar 1988; Pomeranz 1988; Elgün ve Ertugay 1995).

#### 4.2.2.5.3. Protein

Farklı un paçalları kullanılarak hazırlanan ekmeklerin protein içerikleri %13.1-15.8 arasında değişmiştir (Çizelge 4.19). Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde, KBK içeren ekmeklerin diğerlerinden daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu, KBBU'nun düşük protein içeriğinin (Çizelge 4.1) son ürünün protein değerini etkileyerek en düşük proteinli ekmeğin elde dilemesine neden olduğu

görülmektedir (Çizelge 4.22). KBK kullanımı ile BU ekmeğine göre %14.5'lük protein artışı belirlenmiştir. Bojnanska ve ark. (2009) formülasyona ilave edilen %20 KBTU'nun şahit ekmeğe (BU) göre protein miktarını %10 artırdığını, bu artışın artan KBTU ilavesine bağlı olarak da yükseldiğini belirtmişlerdir. Lin ve ark. (2009) %15 oranında KBTU ve KBBU kullanarak hazırladıkları ekmeklerde; KBTU kullanımı ile şahide göre artan, KBBU kullanımı ile azalan protein değerleri elde etmişler, ancak proteindeki bu artış ve azalışı istatistiki olarak önemli bulmamışlardır. Bizim araştırmamızda da, düşük protein içeriğine sahip KBBU kullanımı ekmeklerdeki protein miktarını BU ekmeğine göre düşürmüştür.

#### **4.2.2.5.4. Selüloz**

Üretilen ekmeklerin selüloz içerikleri %0.82-1.76 arasında değişmiş olup (Çizelge 4.19), selüloz içeriği bakımından BU ve KBBU ile hazırlanan ekmeklerin istatistiki olarak farksız olduğu, ancak KBTU ve KBK'nın selülozik materyal artışına bağlı olarak (Çizelge 4.1), ekmeğin selüloz miktarını da artırdığı Çizelge 4.22'de görülmektedir. Bu sonuçlara benzer şekilde, Lin ve ark. (2009) %15 KBBU ve KBTU kullanarak yaptıkları ekmeklerde, KBTU'nun ham lif içeriğini artırırken, KBBU'nun düşürdüğünü bildirmişlerdir. Bilgiçli (2009a ve b) KBTU'nun kullanım oranına bağlı olarak, çeşitli unlu mamüllerde selüloz içeriğini yükselttiği belirlemiştir.

#### **4.2.2.5.5. Yağ**

Ekmeklerin yağ içerikleri, %1.40 ile 2.39 arasında değişmiş olup, BU dan KBK'e doğru yağ miktarında istatistiki bir artış belirlenmiştir (Çizelge 4.22). Beklenildiği gibi, KBK yüksek yağ içeriği ile (Çizelge 4.1) ekmeğin yağ miktarında önemli bir artışa (%70.7) neden olmuştur. Sidhu ve ark. (1999) da farklı kepek fraksiyonlarının ilave edildikleri ekmeklerde yağ içeriğini artırdığını belirlemiştir.

#### **4.2.2.5.6. Mineral maddeler**

Farklı un paçalları ile hazırlanan ekmeklerin Ca, Mg, P, Fe ve K değerleri sırasıyla, 24.4-39.0 mg/100g, 41.5-136.0 mg/100g, 140-297 mg/100g, 0.94-1.98 mg/100g ve 186-324 mg/100g arasında değişmiştir (Çizelge 4.19). KBK içeren

ekmeklerin ölçülen tüm mineral değerleri, en yüksek bulunmuş bunu KBTU ilavesi ile hazırlanan ekmekler takip etmiştir (Çizelge 4.23). BU ile hazırlanan ekmeklerin sadece Ca içeriği KBBU ikamesi ile hazırlanan ekmeklerden yüksek bulunmuştur. BU ve KÖÜ'nin mineral içeriklerinin verildiği Çizelge 4.1 incelendiğinde bunun beklenen bir sonuç olduğu, KBBU'nun düşük Ca içeriğinin son ürün kompozisyonunu etkilediği görülmektedir. Hububata benzer şekilde, karabuğdayda da mineral maddeler dış kabuk tabakalarında yoğunlaşmıştır (Marshall ve Pomeranz 1982; Wijngaard ve Arendt 2006). Bu nedenle ekmek formülasyonunda artan kepek muhteviyatı mineral içeriğinin de artmasına neden olmuştur. Mineral maddelerce en zengin olan KBK, ekmeğin mineral değerini de artırmış olup; KBK içeren ekmeklerin Ca, Mg, P, Fe ve K değerleri BU ile hazırlanan ekmeklerin aynı mineral değerlerinden sırasıyla, 1.3, 3.3, 2.1, 2.1 ve 1.7 kat daha yüksek bulunmuştur. KBK ilaveli ekmekten 100 gram KM /gün tüketildiğinde, yetişkin bir erkek için günlük alınması tavsiye edilen 800 mg Ca'un %5'i, 350 mg Mg'un %39'u, 800 mg P'un %37'si, 10 mg Fe'in %20'si ve 1.6-2.0 g K'un %18'i karşılanmış olacaktır. Kimyasal analiz sonuçları, özellikle KBK'nin ekmek için çok önemli bir mineral ve protein kaynağı olduğunu göstermektedir.

#### 4.2.2.6. Duyusal özellikler

Ekmek duyusal özellikleri, kimyasal analizlerde olduğu gibi, teknolojik olarak daha üstün bulunan SSL+ TG kombinasyonu kullanılarak üretilen ekmeklerde yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 4.24'de verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'de özetlenmiştir. Un paçalı, tat-koku, renk, çiğneme özelliği ve genel beğeni üzerinde önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur.

**Tat-koku:** KBTU ikameli un paçalından hazırlanan ekmekler, BU ve KBK un paçallarından hazırlanan ekmeklerden daha yüksek puan toplamış ve daha fazla beğenilmiştir (Çizelge 4.26). Karabuğdayın aromatik tadı KBTU'nda hafif oranda hissedilip beğenilirken, KBK'de bu aromatik tad daha baskın hale geçmiş, panalistler tarafından ağır bulunmuş ve beğeni düşmüştür. KBBU'nun olumsuz tad değişikliğine neden olmadan ekmek üretiminde kullanılabileceği çeşitli araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Kim ve ark. 2000b; Chio ve Chung 2007; Lin ve ark. 2009).

**Çizelge 4.24. Ekmek örneklerine ait duyu analizi sonuçları \* \*\***

Parametre	%100BU	%20 KBBU	%20 KBTU	%20 KBK
Tat-koku	3.95±0.21	4.25±0.00	4.88±0.18	3.88±0.18
Renk	4.50±0.14	4.63±0.53	4.75±0.35	3.38±0.18
Acı tat	4.50±0.00	4.50±0.35	4.25±0.35	3.55±0.78
Çiğneme özelliği	4.00±0.14	4.50±0.35	5.00±0.00	4.85±0.07
Genel kabul edilebilirlik	4.13±0.53	4.50±0.00	4.88±0.18	3.45±0.21

\* Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

\*\* BU:Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

**Çizelge 4.25. Ekmek örneklerinin bazı duyu analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları**

VK	SD	Tat-koku		Renk		Acı tat		Çiğneme özelliği		Genel beğeni	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Un paçalı	3	0.42	15.4*	2.41	7.0*	0.40	1.9ns	0.39	10.5*	0.74	8.3*
Hata	4	0.03		0.46		0.21		0.04		0.09	

\* p< 0.05 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.26. Ekmek örneklerinin duyu analiz değerleri üzerine etkili un paçalı değişkenine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları \* \*\***

Un paçalı***	N	Tat-koku	Renk	Acı tat	Çiğneme özelliği	Genel beğeni
%100 BU	2	3.95 b	4.50 a	4.50 a	4.00 b	4.13 ab
%20 KBBU	2	4.25 ab	4.63 a	4.50 a	4.50 ab	4.50 a
%20 KBTU	2	4.88 a	4.75 a	4.25 a	5.00 a	4.88 a
%20 KBK	2	3.88 b	3.38 b	3.55 a	4.85 a	3.45 b

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).

\*\* Duyusal analizler 10 panelist tarafından iki ayrı tekerrürdeki ekmek örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

\*\*\* BU: Buğday unu, KBBU: Karabuğday beyaz unu, KBTU: Karabuğday tam unu, KBK: Karabuğday kepeği

**Ekmek rengi:** Renk beğenisi açısından KBK içeren ekmekler diğerlerinden istatistik olarak düşük puanlar almıştır (Çizelge 4.26). KBBU ve KBTU ile hazırlanan ekmekler, BU ile hazırlanan şahit ekmeklere eşdeğer renk puanları toplamıştır. Çizelge 4.1'den izlenebileceği gibi, KBK koyu renk parametreleri ile son ürün rengini olumsuz etkileyerek, ekmek örneklerinin panelistler tarafından düşük puanlarla değerlendirilmesine neden olmuştur (Çizelge 4.26).

**Acı tat:** İstatistik olarak değerlendirildiğinde, ekmek örnekleri arasında bir farklılık belirlenmemiş olmasına karşılık, bu değerler deskriptif olarak değerlendirildiğinde özellikle KBK içeren ekmeklerin puanlarının düştüğü ve acı tat

açısından daha az beğenildiği anlaşılmaktadır (Çizelge 4.26). Bu sonuç, panalistlerin KBK'nın hafif acı tadına (Marshall ve Pomeranz 1982) yabancı olduklarını, ancak %20 ikame oranında bu acılığı rahatsız edici bulmadıklarını ortaya koymaktadır.

**Çiğneme özelliği:** KBTU ve KBK içeren ekmeklerin BU ile hazırlanan ekmeklere göre çiğneme özelliği açısından daha fazla beğenildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.26). Choi ve Chung (2007) %30-45 oranlarında kullanılan KBBU'nun ekmekte çiğneme özelliklerini deskriptif olarak artırdığını belirtmişler ancak istatistiki bir artış rapor etmemişlerdir.

**Genel beğeni:** KBBU ve KBTU içeren ekmekler ile BU ile hazırlanan ekmekler istatistiki olarak eşdeğer puanlar toplarken, KBK ikameli un paçalından hazırlanan ekmekler panelistler tarafından diğer KÖÜ ile hazırlanan ekmeklerden daha az beğenilmiş ve düşük puanla değerlendirilmiştir.

Lin ve ark. (2009) BU'na %15 oranında KBBU yada KBTU ilave ederek hazırladıkları ekmeklerin, BU ile hazırlanan kontrol ekmeklerinden aroma ve ağız hissiyatı açısından daha fazla beğenildiğini, görünüş, renk ve genel beğeni açısından şahit ile eşdeğer özelliklere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Choi ve Chung (2007) %30 oranına kadar kullanılan KBBU'nun renk dışındaki duyuşal özellikleri (aroma, tat, çiğnenebilirlik ve genel kabul edilebilirlik) değiştirmediğini rapor etmişlerdir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ekmeğin besinsel ve duyuşal özelliklerini geliştirmek amacıyla KÖÜ'nin bazı katkı maddelerinin yardımıyla ekmeğin üretiminde kullanılma imkanları araştırılmıştır.

1. KÖÜ farinograf denemelerinde paçal unların su tutma kapasitesi ve gelişme sürelerini arttırırken, hamur stabiliteğini düşürmüştür. Bu özellik ekstensograf enerjisinde düşüşe sebep olmuş, ekmeğin kalitatif özelliklerini olumsuz etkilemiştir.

2. Hamur özelliklerini iyileştirmede SSL katkısı olumlu sonuç vermiş, ekmeğin kalitatif özelliklerini kısmen düzeltici etkide bulunmuştur. TG'nin etkisinin sınırlı kalması, karabuğday ve un proteinleri arasında önemli bir interaksiyon olmadığı kanaatini doğurmaktadır.

3. KÖÜ, tam un ve kepek fraksiyonu şeklinde un paçalda kullanıldığında ekmeğin kül, protein, yağ ve mineral madde bakımından zenginleşmesine sebep olmaktadır. Bu fraksiyonların zengin yağ bileşeni hamur ve ekmeğin özelliklerini olumlu yönde etkilemekte, bayatlamayı geciktirici etkide bulunmaktadır.

4. Duyusal değerlendirmede % 20'lik KBBU ve KBTU paçaları genel beğeni açısından şahide eşdeğer ekmeğin vermekte, KBK ise aşırı esmer ve hafif acı tadı ile genel beğenide puan kaybetmektedir. Ancak kepeğin fonksiyonel besinlerce zengin olduğu düşünöldüğünden, sağlık açısından tercih edilme imkanları söz konusu olabilir. Beraberinde beslenme açısından ekstra faydalar sağlanabilir.

5. KÖÜ'nin fonksiyonel olarak farklı bileşim gösterdikleri, teknolojik beslenme ve fonksiyonel özellikleri dikkate alınarak, farklı amaçlarla, farklı ürönlere işlenebileceği görölmüştür. KBBU yüksek dirençli nişasta içeriği ile, düşük glisemik indeksli ekmeğin üretiminde, KBK içerdiği fitokimyasallar, yüksek mineral ve protein içeriği ile fonksiyonel ve besleyici ekmeğin üretiminde, KBTU'nun ise bu özelliklerin hepsini belli oranda içeren ve duyuşal açıdan kabul edilebilirliği yüksek ekmeğin üretiminde kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- Anonymous. 1980. AOAC. Official Methods of Analysis (13th ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington DC
- Anonymous. 1981. ICC Standarts. International Association for Cereal Chemistry, Vienna.
- Anonymous. 1990. AACC Approved Methods, 8<sup>th</sup> Edn, Repr. American Association of Cereal Chemist, St. Paul, USA.
- Anonymous. 2008a. Ekmek Tüketimi ile İlgili Tutum ve Davranışlar ile Ekmek İsrafi ve İsrar Üzerinde Etkili Olan Faktörler Araştırması Sonuç Raporu. Toprak Mahsülleri Ofisi, Ankara.
- Anonymous. 2009. [http://lnmcp.mf.uni-lj.si/Fago/SYMPO/1992SympoEach/1992S\\_191.pdf](http://lnmcp.mf.uni-lj.si/Fago/SYMPO/1992SympoEach/1992S_191.pdf). Importance of kernel structure and composition for buckwheat quality.
- Aufhammer, W. 2000. Pseudo-Getreidearten-Buchweizen, Reismelde und Amarant. Verlag Eugen Ulmer: Stuttgart.
- Aydın, C. ve Ögüt, H. 1991. Determination of some biological properties of Amasya apple and hazelnuts. Selcuk University J of Agric 1: 45-54.
- Balla, A., Blecker, C., Oumarou, M., Paquot, M. and Deroanne, C. 1999. Misse au point de pains composites a base de melanges de farines de sorgho-ble et analyse texturale. Biotechnol Argon. Soc. Environ 3(2):69-77
- Başman, A., Köksel, H. and Ng, P.K.W. 2002a. Effects of increasing levels of transglutaminase on the rheological properties and bread quality characteristics of two wheat flours. Eur. Food Res. Technol, 215:419-424.
- Başman, A., Köksel, H. and Ng, P.K.W. 2002b. Effects of transglutaminase on sds-page patterns of wheat, soy and barley proteins and their blends. J Food Sci. 67(7): 2654-2658.
- Başman, A., Köksel, H. ve Ng, P.K.W. 2002c. Transglutaminaz enziminin gıda endüstrisinde bazı uygulamaları. 3. Gıda Mühendisliği Kongresi, 299-309, Ankara.

- Başman, A., Köksel, H. and Ng, P.K.W. 2003. Utilization of transglutaminase to increase the level of barley and soy flour incorporation in wheat flour breads. *J Food Sci.* 68(8):2453-2460
- Bauer, N., Koehler, P., Wieser, H. and Schieberle, P. 2003. Studies on effects of microbial transglutaminase on gluten proteins of wheat. II: Rheological properties. *Cereal Chem.* 80(6):787-790.
- Belova, Z. A., Nechaw, A. P., Severinenko, S. M., and Baikov, V. G. 1971. Forms and fatty acid composition of lipids in buckwheat grain. *Chem. Abstr.* 76:4485a.
- Bilgiçli, N. 2009a. Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana. *LWT-Food Sci Tech.* 42 :514-518
- Bilgiçli, N. 2009b. Effect of buckwheat flour on cooking quality and some chemical, antinutritional and sensory properties of erişte, Turkish noodle. *Int. J Food Sci. Nutr.* yayında
- Bojnanska, T., Francakova, H. and Gazar, R. 2009. Influence of buckwheat addition on technological and nutrition quality of bread. *Acta Fytotechnica Et Zootechnica – Mimoriadne Číslo, Nitra, Slovaca Universitas Agriculture Nitriae,* 57-63
- Bonafaccia, G., Marocchini, M. and Kreft, I. 2003. Composition and technological properties of the flour and bran from common end tartary buckwheat. *Food Chem.* 80:9-15
- Buldurlu, H.S. ve Karadeniz, F. 2002. Gıdalarda maillard reaksiyonu. *Gıda.* 27(2):77-83
- Campbell, and Clayton G. 1997. Buckwheat. *Fagopyrum esculentum Moench.* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 19. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Chapkin, R.S. 2000. Reappraisal of the essential fatty acids. *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications.* C. K. Chow (Ed) s 557-568 Marcel Dekker, New York.
- Choi, S.N. and Chung, N.Y. 2007. The quality characteristics of bread with added buckwheat powder. *Korean J. Food Cookery Sci.* 23(5):664-670

- Chung, O.K. and Tsen, C.C. 1975. Functional properties of surfactans in relation to flour constituents in a dough system. *Cereal Chem.* 54:832-838
- Chung, J.Y. and Kim, C.S. 1998. Development of buckwheat Bread: 1. Effects of vital wheat gluten and water soluble gums on dough rheological properties. *Korean J. Soc. Food Sci.* 14(2):140-147
- Collar, C. and Bollain, C. 2005. Impact of microbial transglutaminase on the staling behaviour of enzyme-supplemented pan breads. *Eur Food Res. Technol.* 221:298-304
- Collar, C. Bollain, C. and Angioloni, A. 2005. Significance of microbial transglutaminase on the sensory and crumb grain pattern of enzyme supplemented fresh pan breads. *J Food Eng.* 70:479-488
- Dorrell, D. G. 1971. Fatty acid composition of buckwheat seed. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 48:693-696
- Duarte, R. P., Mock, C.M., and Satterlee, L.D. 1996. Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth, and lupin flours. *Cereal Chem.* 73(3):381-387.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. 1987. Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Üni. Ziraat Fakültesi Yayınları No:295. Ankara
- Edwardson, S.E. 1995. Advancing the utilization of buckwheat. A report on market research for processed buckwheat. CMTR MR-8, March 1995, MINN-DAK Growers Ltd., Grand Forks, ND.
- Elgün, A., Ertugay, Z., 1995, Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum
- Elgün, A., Türker, S ve Bilgiçli, N. 2005. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü, S.Ü Ziraat Fakültesi Ders Notları, Konya.
- Ercan, R. 1987. Bazı oksidan maddeler ve emülgatörle birlikte katılan soya ununun hamurun reolojik özellikleri üzerine etkisi. *Gıda* 12(2):103-109
- Gabroska, D., Fiedlerova, V., Holasova, M., Maskova, E. Smrcinov, H., Rysova, J., Winterova, R., Michalova, A., and Hutar, M. 2002. The nutritional evaluation of underutilized cereals and buckwheat. *Food Nutr. Bull. Suppl.* 23:246-249.
- Gan, Z., Ellis, P.R., Vaughan, J.G. and Galliard, T. 1989. Some effects of non endosperm componenets of wheat and of added gluten on wholemal bread microstructure . *J Cereal Sci.* 10:81-91

- Gerrard, J.A., Fayle, S.E., Wilson, A.J., Newberry, M.P., Ross, M. and Kavale, S. 1998. Dough properties and crumb strength of white pan bread as affected by microbial transglutaminase. *J Food Sci.* 63(3):472-475.
- Gerrard, J.A., Newberry, M.P., Ross, M., Wilson, A.J., Fayle, S.E. and Kavale, S. 2000. Pastry lift and croissant volume as affected by microbial transglutaminase. *J Food Sci.* 65(2):312-314.
- Gerrard, J.A., 2002. Protein-protein crosslinking in food: methods, consequences, applications. *Trends Food Sci. Tech.* 13 391-399
- Gomez, M., Real, S., Rosell, C.M., Ronda, F., Blanco, C.A. and Caballero, P. 2004. Functionality of different emulsifiers on the performance of breadmaking and wheat bread quality. *Eur. Food Res. Tech.* 219:145-150
- Gül, H. 2007. Mısır ve buğday kepeğinin hamur ve ekmeklik nitelikleri üzerindeki etkilerin incelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Adana
- Haber, T. 1980. Anwendungsversuche von buchweizenmehl für die anreicherung von brot. *Przegl. Piekarski Cukiern.* Warsaw 28(6):113-117.
- Han, X-Q. and Damodaran, S. 1996. Thermodynamic compatibility of substrate proteins affects their cross-linking by transglutaminase. *J. Agric. Food Chem.* 44:1211-1217.
- Ikeda, K., Sakaguchi, T., Kusano, T., and Yasumato, K. 1991. Endogeneous factors affecting protein digestibility in buckwheat. *Cereal Chem.* 68:424-427.
- Ikura, K., Kometan, T., Sasaki, R. and Chiba, H., 1980, Crosslinking of soybean 7s and 11s proteins by transglutaminase. *Agric. Biol. Chem.* 44. 12:2979-2984.
- Im, M.J., Russel, M.A. and Feng, J.F. 1997. Transglutaminase II: A new class of gtp-binding protein with new biological functions. *Cell Signal.* 9(7):477-482.
- Indrani, D. and Rao, G.V. 2003. Influence of surfactans on rheological characteristics of dough and quality of parotta. *Int. J Food Sci. Tech.* 38:47-54
- Junge, R.C. and Hoseney, R.C. 1981. A mechanism by which shortening and certain surfactans improve loaf volume in bread. *Cereal Chem.* 58(5):408-412
- Kamel, B.S. and Ponte, J.G. 1993 Emulsifiers in baking. *Advances in Baking Technology.* 179-222

- Kim, Y.H., Choi, K.S., Son, D.H. and Kim, J.H. 1996. Rheological properties of dough with whole wheat flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25(5):817-823
- Kim, C.S. Lee, S.A. and Kim, H. 1999. Development of buckwheat bread: 3. Effect of the thermal process of dough making on baking properties. *J Food Sci. Nutr.* 4(1):6-13
- Kim, B.R., Choi, Y.S. and Lee, SY. 2000a. Rheological properties of buckwheat-wheat flour mixture. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29(3) : 369-374
- Kim, B.R., Choi, Y.S. and Lee, S.Y. 2000b. Study on bread making quality with mixture of buckwheat wheat flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29(3) : 241-247
- Klave, D. 2004. Improvement of nutritive value of wheat bread. Summary of promotion work for acquiring doctor's degree. Latvia University of Agriculture Faculty, Jelgava, Latvia
- Krog, N. 1971, Amylose complexing effect on food grade emulsifiers. *Starch.* 23: 206-210
- Krog, N. 1981. Theoretical aspects of surfactants in relation to their use in breadmaking. *Cereal Chem.* 58(3):158-164.
- Köksel, H., Sivri, D., Ng, P.K.W. and Steffe, J.F. 2001, Effects of transglutaminase enzyme on fundamental rheological properties of sound and bug-damaged wheat flour doughs. *Cereal Chem.* 78:26-30.
- Kuraishi, C., Sakamoto, J, and Soeda, T. 1996. The Usefulness of Transglutaminase of Food Processing, *Biotechnology for Improved Foods and Flavors* ed. Gary R. Takeoka, Roy Teranishi, Patrick J. Williams, Akio Kobayashi, ACS Symposium Series 637, USA.
- Kuraishi, C., Yamazaki, K. and Susa, Y. 2001. Transglutaminase: Its utilization in the food industry. *Food Rev. Int.* 17(2):221-246.
- Kurt, Ş. ve Zorba, Ö. 2004. Transglutaminaz ve proteinlerin modifikasyonunda kullanımı. *Gıda* 29(5):357-364
- Kurth, L. and Rogers, P.J. 1984. Transglutaminase catalyzed crosslinking of myosin to soya protein, casein and gluten. *J Food Sci.* 49:573-589.

- Larre, C., Denery-Papini, S., Popineau, Y., Deshasey, G., Desserme, C., and Lefebure, J. 2000. Biochemical analysis and rheological properties of gluten modified by transglutaminase. *Cereal Chem.* 77:32-38.
- Lai, C.S, Osenay, R.C. and Davis A.B. 1989. Effect of wheat bran in bread making. *Cereal Chem.* 66(3):217-219
- Li S. and Zhang H.Q. 2001. Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 41(6):451-464
- Liang, W. and Ming, M. 2006. Study on processing technology of bitter buckwheat functional biscuit. *Food Sci Tech.* (1): 31-33
- Lin, L., Liu, H., Yu, Y., Lin, S. and Mau, J. 2009. Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread. *Food Chem.* 112 :987-991
- Lockhart, H. B. and Nesheim, R. O. 1978. Nutritional quality of cereal grains. *Better Nutrition for the World's Millions.* Y. Pomeranz, (ed) s 201-217. AACC. St. Paul, MN.
- Lorenzen, P.C.H.R., Neve, H., Mauter, A. and Schlimme, E. 2002. Effect of enzymatic ceos-linking of milk proteins on functional properties of set-style yoghurt. *Int. Dairy Tech.* 55(3):152-157
- Marshall, H.G. and Y. Pomeranz. 1982. Buckwheat: description, breeding, production, and utilization. *Adv. Cereal Sci. Tech.* Pomeranz, Y. (Ed). s 5:157-210. AACC. St. Paul Minesota, USA.
- Manthey, F.A., Yalla S.R., Dick, T.J. and Badaruddin M. 2004. Extrusion properties and cooking quality of spaghetti containing Buckwheat bran flour. *Cereal Chem.* 81(2): 232-236.
- Mazza, G. 1988. Lipid content and fatty acid composition of buckwheat seed. *Cereal Chem.* 65: 122-126.
- Mazza, G. 1993. Buckwheat. *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition.* R. Macreae, R.K. Robinson and M.K. Sadler (Ed) s 1:517–521, Academic Press, Toronto.
- Moore, M.M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H.M. and Elke, K.A. 2006. Network formation in gluten free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chem.* 83(1):28-36

- Motoki, M. and Nio, N. 1983. Crosslinking between different food proteins by transglutaminase. *J. Food Sci.* 48:561-566.
- Motoki, M. and Seguro, K. 1998. Transglutaminase and its use for food processing. *Trend Food Sci. Tech.* 9: 204-210.
- Obendorf, R.L., D.P. Taylor and J. Slawinska. 1991. Seed set and cessation of seed growth in buckwheat. Annual report, Dept. of Soil, Crop, and Atmospheric Science, Cornell Univ., Ithaca, NY. Research sponsored in part by MINN-DAK Growers Ltd., Grand Forks, ND.
- Oomah, B.D. and Mazza, G. 1996. Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. *J. Agric. Food Chem.* 44:1746-1750.
- Özboy, Ö. 1992. Değişik buğday kepeği içeren unların ekmek verimi ve kalitesini düzeltme imkanları. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Özer, M.S. 1998. Kepekli ekmeklerin bazı niteliklerinin incelenmesi ve kalitelerinin iyileştirilmesi olanakları. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- Özer, M.S. ve Atlan, A., 1995. Küçük ekmek yapımında bazı katkı maddelerinin kullanılmasının ekmek nitelikleri üzerindeki etkileri. *Gıda Dergisi*, 20 (6):357-363
- Özkaya, B. 1999. Değirmenin değişik yerlerinden alınan kepek fraksiyonlarının hamur reolojik özellikleri ve ekmek kalitesine etkileri. *Gıda Teknolojisi Dergisi* 4(5):43-48
- Özkaya, B. ve Özkaya, H. 1992. Mısır katkılı unların teknolojik özelliklerine vital gluten ve SSL'in etkileri. *Gıda* 17(6): 357-363
- Pomeranz, Y. 1987. *Modern Cereal Science and Technology*. VCH Publishers Inc. USA, 485s.
- Pomeranz, Y. 1988. *Wheat Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemist. 3th. Edt, USA.
- Pomeranz, Y., Shogren, M.D. and Finney, K.F. 1976. White wheat bran and brewer's spent grains in high-fiber bread. *Baker's Digest*. December,35-38
- Pylar, E.J. 1988. *Baking Science and Technology*. Sosland Publishing Company 3th.Edt. USA.



- Qian, J., Ryas-Duarte, P. and Grant, L. 1998. Partial characterization of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Starch. *Cereal Chem.* 75:365-373
- Rao, H. and Rao, M. 1991. Effect of incorporating wheat bran on the rheological characteristics and bread making quality of flour. *Indian Journal of Food Sci. Tech.* 28:92-97
- Ravi, R., Manohar, S. and Rao, H. 2000. Influence of additives on the rheological characteristics and baking quality of wheat flours. *Eur. Food Res. Technol.* 210(3):202-208
- Renzetti, S., Bello, F.D. and Arendt, E.K. 2008. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *J Cereal Sci.* 48:33-45
- Ribotta, P.D., Perez, G.T., Anon, M.C. and Leon, A.E. 2008. Optimization of additive combination for improved soy-wheat bread quality. *Food Bioprocess Technol.* DOI 10.1007/s 11947-008-0080-z
- Roach, R.R. and Hosney, R.C. 1995. Effect of certain surfactants on the starch in bread. *Cereal Chem.* 72(6):578-582
- Robinson, R.G. 1980. The buckwheat crop in Minnesota. *Agr. Exp. Sta. Bul.* 539, Univ. Minnesota, St. Paul.
- Rosell, C.M., Wang, J., Aja, S., Bean, S. and Lookhart, G. 2003. Wheat flour proteins as affected by transglutaminase and glucose oxidase. *Cereal Chem.* 80(1):52-55
- Sidhu, S.J., Hooti, S.N. and Saquer, J.M. 1999. Effect of adding wheat bran and germ fraction on the chemical composition of high fiber toast bread. *Food Chem.* 67:365-371
- Sievert, D., Pomeranz, Y. and Abdelrahman, A. 1990. Functional properties of soy polysaccharides and wheat bran in soft wheat products. *Cereal Chem.* 67(1):10-13
- Silaula, S.M., Lorimer, N.L., Zabik, M.E. and Uebersax, M.A. 1989. Rheological and sensory characteristics of bread flour and whole wheat doughs and breads containing dry roasted air classified pinto and navy bean high protein fractions. *Cereal Chem.* 66(6):486-490

- Shogren, M.D., Pomeranz, Y. and Finney, U.S. 1981. Counteracting the deleterious effect of fiber in bread making *Cereal Chem.* 58(2):142-144
- Skrabanja, V., Elmstahl, H.G.M.L., Kreft, I., and Björck, I.M.E. 2001. Nutritional properties of starch in buckwheat products: Studies in vitro and in vivo. *J. Agric. Food Chem.* 49: 490-496.
- Skrabanja, V., Kreft, I., Golob, T., Modic, M., Ikeda, S., Ikeda, K., Kreft, S., Bonafaccia, G., Knapp, M. and Kosmelj, K. 2004. Nutrient content in buckwheat milling fraction. *Cereal Chem.* 81(2):172:176
- Skujins, S. 1998. Handbook for ICP – AES (Vartian-Vista). A Short Guide to Vista Series ICP – AES Operation. Variant Int. AG, Zug, version 1.0, Switzerland.
- Stauffer, C.E. 1990. Functional additives for bakery foods. Van Nostrand Reinhold, :New York,U.S.A.
- Steadman, K.J., Burgoon, M.S., Lewis, B.A., Edwardson, S.E. and Obendorf, R.L. 2001. Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. *J. Sci. Food Agric.* 81:1094-1100.
- Sosulski, F.W. and Wu, K.K., 1988. High fiber breads contains field pea hulls, wheat, corn and wild oat brans. *Cereal Chem.* 65(3):186-191
- Süzer, S. 2007. Karabuğday'ın (Buckwheat) besin değerleri ve sağlığa faydaları. <http://www.ziraatci.com>
- Taira, H. 1974. Buckwheat. *Encyclopedia of Food Technology* A. H. Johnson and M. J. Peterson, (Ed) s 139 Avi Publ. Co, Westpoint, CT
- Tamstorf, S., Jonsson, T. and Krog, N. 1986. The role of fats and emulsifiers in baked products. *Chemistry and Physics of Baking* Blanshard, Frazier and Galliard (Ed) s 75-88. Royal Society of Chemistry, London UK
- Tseng, C.S. and Lai, H.-M. 2002. Physicochemical Properties of Wheat Flour Dough Modified by Microbial Transglutaminase. *J Food Sci.* 67(2):750-755
- Udesky, J. 1992. *The book of soba.* Harper & Row, New York.
- Ünal, S. 1980. C vitamini, buğday malt unu, şeker, bitkisel yağ, lesitin ve diasetil tartarikasit monoglisericid esterinin ekmek niteliklerine etkisi. *Gıda Fakültesi Dergisi* 1:57-92
- Vomberger, B. and Gostencnik, D (2005). Production of buckwheat biscuit for nutritional studies. *Acta-Agriculturea-Slovenica.* 85 (2):397-409

- Wijngaard, H.H. and Arendt, E.K. 2006. Buckwheat. *Cereal Chem.* 83(4):391-401
- Zghal, C., Scanlon, M. and Sapirstein, H. 2000. Relationship between bread crumb texture and crumb grain uniformity determined by digital image analysis. In: 85th Annual meeting of American Association of Cereal Chemists, Kansas City, USA.
- Zhu, Y., Rinzema, A., Tramper, J. and Bol, J. 1995. Microbial transglutaminase- review of its production and application in food processing. *Appl Microbiol Biotechnol*, 44:277-282.