

T.C.

**HİTİT ÜNİVERSİTESİ**  
**Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi**

**ÇORUM BELEDİYESİ**  
**Strateji Geliştirme Müdürlüğü**

**ÇÖLYAK HASTALARI İÇİN ÖZEL GIDA  
FORMÜLASYONU ARAŞTIRMA GELİŞTİRME PROJESİ**

**SONUÇ RAPORU**

**Araştırma Projesi**

**Proje Yöneticisi**

Dr. Öğr. Üyesi Seçil TÜRKSOY

**Başlangıç Tarihi:** 22.02.2018

**Bitiş Tarihi:** 22.08.2019

Çorum, 2019

## Özet

Çölyak hastalığı, buğday, çavdar, tritikale, arpa gibi tahıllarda bulunan gluten proteinlerinin vücuda alımı sonucu ince bağırsakda ortaya çıkan ve besin öğelerinin emilmesini engelleyen bir sindirim hastalığıdır. Çölyak hastalarının ekmek başta olmak üzere belirtilen tahıllardan yapılan ürünleri ömür boyu diyetlerinden çıkarmaları gerekmektedir.

Ekmek tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz insanlarının da vazgeçemediği, alternatifi olmayan bir gıda maddesi olduğu için bu gibi hastalara ekmek yerine başka bir ürün tavsiye edilememektedir. Bu durumda tek seçenek bileşiminde gluten olmayan ekmek üretmektir. Ancak gluten, ekmeğe yapısal, besinsel ve duyuşsal özelliklerini veren ve bayatlamasında son derece önemli olan esas bileşendir. Böyle olunca da glutensiz ekmek üretiminde ciddi zorluklar bulunmakla birlikte, üretimi bilgi, deneyim ve özel teknoloji gerektirmektedir. Glutensiz ekmek ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde sanayi ölçekli olarak üretilmektedir. Ülkemizde ise sadece birkaç işletmede glutensiz ekmek üretimi yapılabilmekte ve bunlardan da sadece o şehirde bulunan çok sınırlı sayıdaki hastalar yararlanabilmektedir. Üstelik bu üretilen ekmekler çölyak hastalarının özel olarak ihtiyaç duyduğu bir takım vitamin ve mineralleri karşılamadığı gibi kalite ve bayatlama özellikleri bakımından da oldukça yetersizdir. Son zamanlarda ülkemizin bu alandaki eksiklikleri fark edilerek, çölyak hastalarının mağduriyetini gidermek için bakanlıklar düzeyinde çalışmalar başlatılmıştır. Ülkemizde glutensiz ekmek konusundaki çalışmalar son derece sınırlı olduğu ve önemli bir deneyim boşluğu bulunduğundan, bu çalışmalara veri sağlayacak araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu projede, çölyak hastaları için sakıncalı olmayan ve hali hazırda piyasada mevcut ürün bileşimlerinden farklı olarak yeni fonksiyonel özellikte, pseudo-tahıllardan elde edilecek unlar ile çeşitli nişastalar veya bunların kombinasyonları ile buğdaydaki glutenin işlevini üstlenebilecek hidrokolloidler, kaliteyi iyileştirici katkıları, çölyak hastalarının ihtiyaç duyduğu vitamin ve mineraller ve bayatlamayı geciktirici ve raf ömrünü arttırıcı maddeler katılarak mümkün olan en üstün kalitede ve geç bayatlayan glutensiz ekmek formülü geliştirilmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Glutensiz ekmek, Çölyak hastalığı, Tekstür analizi

## **Abstract**

Celiac disease is a digestive disease in the small intestine caused by the ingestion of gluten proteins from certain cereals (wheat, triticale, barley and rye), as a consequence, malabsorption of important nutrients. The current essential therapy is a strict lifelong withdrawal of gluten-containing foods from the diet, mainly bread and processed foods made from these cereals.

Because bread is an essential food product all over the world without having alternatives, it is hard to recommend another food to people like celiac patients. The only option is thus to produce the gluten-free breads. However, gluten is the main component that gives textural, nutritional and sensory attributes to bread and takes very important role in its staling. Thus, there are some difficulties to make the gluten-free breads yet it needs knowledge, experience and special technology for the production. The gluten-free breads have been produced in US and some European countries at industrial scales. In our country, however, they have produced in a couple of bakeries that serve only few celiac patients in the same city. Moreover, these breads are lack of vitamins and minerals vital for the celiac patients, have poor quality properties and stale very fast. Nowadays, it has been realized to be insufficiency of our countries on this area and the studies at the ministry level has started in order to help the celiac patients. In our country, because the studies and experience on the gluten-free bread are very limited, it needs the investigations to provide data for these studies

In the proposed project, a high-quality gluten-free bread formulation will be tried to develop from certain pseudo-cereal flours (buckwheat), starches and/or their combinations with the additions of food additives such as hydrocolloids that mimic the gluten functions, dough and shelf-life improvers, vitamins and minerals.

**Keywords:** Gluten-free bread, Celiac disease, texture analysis

## 1. Literatür Özeti

Çölyak hastalığı (tropik olmayan sprue, çölyak sprue veya gluten sensitif enteropatisi), genetik ve çevresel faktörlerin etkileşimi sonucu ortaya çıkan, yiyeceklerdeki Fe, Ca ve folik asit gibi önemli besin öğelerinin emilmesini engelleyen bir sindirim sistemi hastalığıdır. Çölyak hastalığında, buğday, arpa, çavdar ve yulaf gibi tahıllarda bulunan gluten proteinleri ince bağırsak içine doğru uzanmış villus denilen yapıların düzleşmesine ve bozulmasına neden olmakta ve böylece besin maddelerinin emilimi zorlaşmaktadır (Lundin ve ark., 2003; Hamer, 2005; Holtmeier ve Caspary, 2006).

Dünyada oldukça sık rastlanan ve ömür boyu süren tek gıda alerjisi olarak kabul edilen çölyak hastalığı, çocuk veya yetişkin yaşta ortaya çıkabilmektedir. Özellikle çocuklarda besinlerin yetersiz emilimine bağlı olarak gelişme geriliği, kilo kaybı ve demir eksikliğine bağlı kansızlık gibi ciddi problemler yanında içine kapanıklık, dikkat dağınıklığı ve hiperaktivite gibi davranış bozuklukları da görülebilmektedir (Fasano ve Catassi, 2001; Mendoza ve McGough, 2005). Ayrıca juvenil diyabet, otizm ve down sendromu olan çocuklarda çölyak hastalığı sıklığının arttığı görülmüştür. İleri yaşlarda ise osteoporoz, eklem hastalıkları, kısırlık, düşük ile T-hücreli bağırsak lenfoması gibi malignite riski taşıyan ağır komplikasyonlar ortaya çıkabilmektedir (Gren ve Jabri, 2003; Mendoza ve McGough, 2005).

Çölyak hastalığının sağlıklı beslenen toplumlarda da sıklıkla görüldüğü ve Avrupa ve ABD'de her 100-150 kişiden birinde çölyak hastalığı görüldüğü belirtilmektedir (Weiser, 2004; Mendoza ve McGough, 2005; Holtmeier ve Caspary, 2006). Ülkemizde bu konuda kesin bilgiler bulunmamakla birlikte hastalığın bu ülkelerden daha düşük oranda olmadığı tahmin edilmektedir. Ülkemizde yapılan iki farklı çalışmada çölyak serolojik test sonuçlarının % 1,0 ve % 7,5 oranlarında pozitif çıktığı görülmüştür (Girgin, 2003; Anon, 2004).

Çölyak hastalarına glutensiz diyet uygulandığında bağırsak mukozasında düzelmeler görüldüğü, o nedenle diyetten, gluten içeren buğday, arpa, çavdar ve yulaf ürünleri ile glutenin kıvam verici veya dolgu maddesi olarak kullanıldığı salata sosları, hazır çorba vb gıdaların çıkarılması gerektiği bildirilmiştir. Çölyak hastalarının günlük 20 mg'a kadar gluteni tolere edebildiği fakat duyarlılığın kişiye göre değiştiği bilinmektedir (Collin ve ark., 2004).

Çölyak hastaları yukarıda belirtilen tahıl ürünleri dışında mısır, pirinç, millet, sorgum ve patates unları veya nişastaları, soya ve diğer baklagil unları, süt proteinleri ve yumurta gibi maddelerden yapılan yiyecekleri diyetlerinde bulundurabilmektedirler. ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde gluten içermeyen makarna, bisküvi, ekmek vb gıdalar üretilmektedir. Ülkemizde

de gluten içermeyen pirinç, mısır gibi tahıllardan yapılan yiyeceklerde fazla sorun yaşanmamakla beraber ekmek esas sorunu teşkil etmektedir. Ekmek bileşiminden gluten proteininin çıkarılması ürünün işlenmesi sırasında birtakım teknolojik problemleri beraberinde getirmektedir. Glutenin formülden çıkarılması ekmeğin tekstürünün bozulmasına, duyuşal özelliklerinin kaybolmasına ve çabuk bayatlamasına neden olmaktadır (Ylimaki ve ark., 1991).

Gluten, buğday unundan yapılan hamurun kendine has viskoelastik özellik kazanmasında rol oynayan protein yapıdaki en önemli temel bileşendir. Yaklaşık eşit miktarlardaki glutenin ve gliadinin birleşmesinden meydana gelen gluten, hamurda, moleküller arası disülfid bağlar içeren ağ yapıyı oluşturur. Bu ağ yapı, hamura elastik ve plastik bir yapı ile biyomekaniksel özellik kazandırarak fermentasyon sırasında oluşan CO<sub>2</sub>'nin tutulmasında da önemli rol oynar. Ayrıca, gluten kalitesi ve miktarı; ekmeğin tazeliği, kalitesi, besin değeri ve duyuşal özelliklerini de etkiler (Gallagher ve ark., 2004).

Çölyak hastaları için ekmek yapımında kullanılabilir mısır, pirinç, sorgum, patates vb unları ve nişastaları ile soya ve diğer baklagil unlarından yapılan hamurlarda viskoelastik bir yapı oluşturmamakta ve oluşan hamur dağılmaktadır. Bunlardan yapılan ekmeklerde, iyi bir yapı ve gaz tutma kapasitesi sağlamak için gluten yerine geçebilecek katkı maddelerine ihtiyaç vardır. Bunun için hidroksipropilmetilselüloz, gam arabik, ksantan gam gibi hidrokolloidler kullanılmaktadır. Bunlar, glutenin viskoelastik özelliklerine benzer özellikler göstermelerinden dolayı hamurun reolojik performansını, hidrofilik özelliklerinden dolayı, nişastanın şişmesini, jelatinizasyonunu, pelte (pasting) özelliklerini, retrogradasyonunu ve sonuçta da ekmeğin tekstürel ve duyuşal özelliklerini etkileyebilirler (Rosell ve ark., 2001; Guarda ve ark., 2004; McCarthy ve ark., 2005; Lazaridou ve ark., 2007). Gluten yerine kısmen geçebilen bu maddeler yalnız, kombine olarak yada gluten içermeyen yumurta akı veya süt ve soya gibi protein kaynakları ile birlikte kullanılabilirler. Bunların yanında, kaliteyi ve besin değerini arttırmak amacıyla çeşitli yüzey aktif maddeler, enzimler, süt ürünleri ve baklagil unları da ekmek formüllerine eklenebilir (Gallagher ve ark., 2003a, 2003b, 2004; Ahlborn ve ark., 2005; Schober ve ark., 2005; Moore ve ark., 2006).

Yukarıda bahsedilen bileşenlere ek olarak pseudo-cereal (tahıl benzeri) grubunda yer alan ancak botaniksel olarak tahıllar ile herhangi bir akrabalık bağlantısı olmayan karabuğday (buckwheat) unu son yıllarda glutensiz ekmek formülasyonunda dikkat çeken bir bileşen haline gelmiştir. Çok yönlü kullanım alanına sahip olan karabuğday “soba”, “kasha”, “porridge”, “crumpet”, “naengmyeon” ve “pizzoccheri” gibi farklı kültürlere ait birçok

yöresel ürünün; kek, ekmek, makarna, şehriye, muffin, kraker, kurabiye, krep, tortilla gibi temel gıda maddelerinin üretiminde, çorbalarda, pudinglerde, tatlılarda, kümes hayvanlarının içinin doldurularak pişirilmesinde, konserve et ve sebze ürünleri ile birlikte, dondurma külâhı yapımında, pilav gibi çeşitli yemeklerin yapımında kullanılır (Dizlek ve ark. 2009). Çin’de çoğunlukla pilav olarak tüketilmesi yanında karabuğday unu jeli olarak da tüketilmektedir (Jianmin ve Rongli, 1992).Karabuğdayın yeşil ve kuru ot kısımları da hayvan beslenmesinde kullanılabilir (Kara ve Yüksel, 2014).

Karabuğday fonksiyonel ve klinik gıda sanayinde büyük potansiyele sahip bir gıda maddesi olmasıyla beraber gluten içermeyen bir ürün olması bu grup için üretilen glutensiz gıdaların zenginleştirilmesinde önemli rol oynamasını sağlamaktadır (Mariotti ve ark. 2013).Karabuğday tanesinin % 73.5’i nişastadan, bu nişastanın da % 33.5’i dirençli nişastadan oluşur (Skrabanja ve ark. 1998). Dirençli nişasta içeren gıdaların glisemik indeksleri genellikle düşüktür (Skrabanja ve ark. 2001). Düşük glisemik indeksli diyetlerin kan şekerini düzenlediği, obeziteyi önlemeye yardım ederek kalp hastalık riskini azalttığı (Çiftçi ve ark. 2008) göz önüne alınınca karabuğday; bazı kronik hastalıkların tedavisinde de kullanılabilir (Live Zhang,2001). Prebiyotik özelliği yanında toplam diyet lif ve çözülebilir diyet lifin önemli bir kaynağı olması ile (Christa ve Smietana, 2008; Mariotti ve ark. 2013) kolon kanserini (Skrabanja ve ark. 1998), obezite ve diyabetin önlenmesinde faydalıdır (Christa ve Smietana, 2008). Karabuğday proteini, aminoasit kompozisyonu ile diğer tahıl proteinlerine göre besinsel olarak üstün olması yanında yüksek biyolojik değeri olan proteinlerin en iyi kaynaklarından biridir (Mariotti ve ark. 2013). Bu proteinlerin hayvansal kaynaklı proteinlere benzerliği çöktür (Rajbhandari, 2004). Değerli proteinler ile birlikte profilaktik değere sahip flavanoid, fagopirin ve tiamin bağlayıcı proteinleri içerir (Christa ve Smietana, 2008). Bu proteinlerin kolestrol düşürücü ve antihipertansiyon etkisi vardır (Live Zhang,2001). Karabuğday Zn, Cu, Mn, Se, gibi önemli mikroelementleri, K, Na, Ca, Mg gibi makroelementleri (Christa ve Smietana, 2008), flavonoidler, polifenoller, inositol, organik asitler gibi temel fonksiyonel bileşenleri ve (Peng ve ark. 2012) yüksek düzeyde protein, diyet lif, vitamin, mineral madde, temel çoklu doymamış yağ asitlerini içermesiyle (Dizlek ve ark. 2009) besleyici değeri yüksek bir üründür. Demir içeriği ise tüm tahıl ve baklagil grubu gıdalar arasında en yüksektir. Sıklıkla anemi sorunu yaşayan insanlar, hamile bayanlar ve bebekler için ideal bir üründür (Rajbhandari, 2004).

Karabuğday içerdiği fonksiyonel özelliğe sahip bileşenleri ile önemli bir gıda maddesidir. İşleme basamakları ile bu bileşenlerini kaybetmemesi eklendiği ürünü besinsel ve fonksiyonel

olarak zenginleştirmektedir. Gluten içermemesi yönünden çölyak hastaları için yeni, besin değeri yüksek ürünlerin geliştirilmesinde kullanım alanı bulabilir. Unlu mamüller üretiminde de besin değerini arttırmak için kullanılırken, ürünlerin fiziksel ve tekstürel özelliklerinde meydana gelen olumsuzluklarının giderilmesi için yeni formülasyonlar geliştirilmeli ve kullanımı yaygınlaştırılmaya çalışılmalıdır.

Bu konudaki literatür dikkatlice tarandığında ülkemizde son yıllarda bu alandaki farkındalığın arttığı ve glutensiz ekmek üretimi konusunda önemli bir takım çalışmaların hız kazandığı görülmektedir. Bununla birlikte ürün formülasyonunun optimize edilerek son ürün kalitesinin teknolojik analiz yöntemleri ile test edilmesi ve değerlendirilmesi hususunda halen yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen bu araştırmanın, ilimiz ve ülkemizdeki çölyak hastaları için kaliteli ekmeklerin üretilmesinde ve ayrıca bu alanda literatürdeki boşluğu doldurmasında oldukça yararlı olacağı düşünülmektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Proje çalışmasında materyal olarak gluten içermeyen çeşitli baklagil ve tahıl unları ve bunların nişastaları ile yapıyı düzeltmek amacıyla farklı hamur geliştiriciler ve ayrıca kullanılmıştır. Ürün bileşiminde yer alan tüm hammaddeler gıda olarak tüketime uygun nitelikte olup (food grade) ilgili ticari firmalardan temin edilmiştir.

### 2.2. Yöntem

#### *Ekmek formülasyonunun hazırlanması*

Ekmek formülasyonunun hazırlanmasında karabuğday unu, soya unu, pirinç unu, çeşitli tahıl nişastaları (patates, tapyoka ve mısır), elma lifi, hamur yapısını iyileştirici bileşenler (pektin, karboksi metil selüloz ve hidroksi metil selüloz, guar gam, ksantan gum) ile temel ekmek bileşenleri (maya, tuz, şeker, yumurta, sıvı yağ ve su) ilave kullanılmıştır. Her bir bileşen için formülasyona ilave edilecek miktarlar projenin başlangıç aşamasında yapılan ön denemelerden elde edilen veriler ışığında belirlenmiş ve Çizelge 1’de verilen formülasyon deseni oluşturulmuştur. Formülasyonda yer alan başlıca bileşenler *sabit* ve *değişen* oranlarda kullanılacak şekilde ayarlanmıştır. Her formülasyonda sabit oranda kullanılacak değişkenleri nişastalar, besinsel lif, sodyum karbonat, maya, tuz, şeker, sıvı yağ, yumurta ve su oluşturmaktadır.

#### **Çizelge 1.** Glutensiz ekmek hazır karışım formülasyon deseni

Değişken adı	Alt seviye
Karabugday unu	3 seviye (%5, %15, %25)
Elma lifi	3 seviye (%1, %2, %3)
Su miktarı	4 seviye (%65, %70, %75)

#### *Ekmek örneklerinin pişirilmesi*

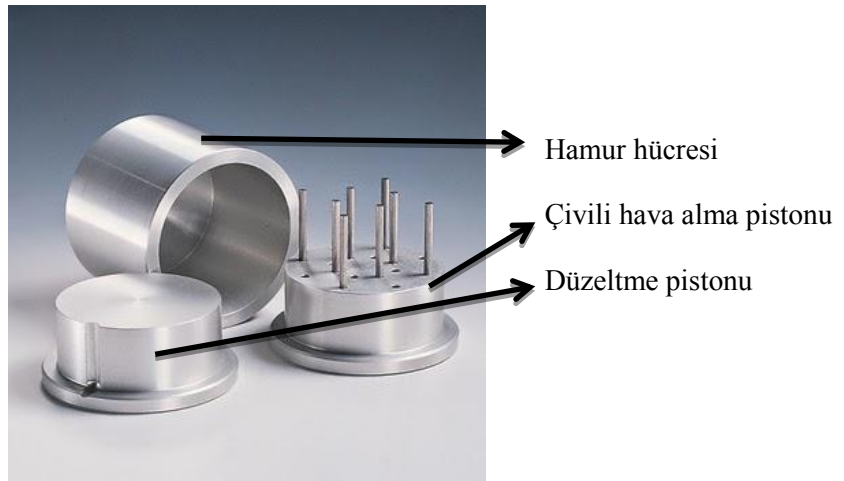
Yukarıda belirtilen formülasyona göre hazırlanan karışım mikserde (Kitchen Aid) 15 dk süre ile karıştırıldıktan sonra ev tipi ekmek yapma makinesi (Arçelik) ile pişirilmiştir. Ekmek örnekleri pişirildikten sonra tekstürel ve duyu analizi öncesinde 6 saat süre ile bekletilerek oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır.



### *Hamur ve ekmek analizleri*

Çizelge 1’de belirtilen değişkenlere göre oluşturulan her bir kombinasyondan elde edilen ekmeklerde tekstürel (hamurda yapışkanlık ve sertlik testi, ekmekte baskı testi) ve duyuşal özellikler (panelistler ile yapılacak duyuşal değerlendirme çalışması, 1-10 arası puanlandırmaya dayalı) ilgili analiz yöntemleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kontrol örneği ile karşılaştırılarak en uygun kombinasyon belirlenmeye çalışılmıştır (Colakoğlu ve Özkaya, 2012).

Hamur örnekleri hazırlandıktan sonra 30°C’deki etüvde %80±5 bağıl nemde 1 saat süre ile fermente edilmiştir. Glutensiz ekmek hamurlarında sertlik ölçümü için penetrasyon testi kullanılmıştır. Bu amaçla yaklaşık 110 g hamur örneği aşağıda şekil 1’de verilen hamur hazırlama setinin hamur hücresine yerleştirildikten sonra çivili hava alma pistonu kullanılarak hamur içerisindeki hava kabarcıklarının çıkarılması sağlanmış ve düzeltme pistonu ile hamur yüzeyi düzleştirilmiştir.



**Şekil 1.** Penetrasyon testi için hamur hazırlama seti

Hamur hücresi tekstür analizöre yerleştirildikten sonra 6 mm çaplı paslanmaz çelik silindirik probu kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir (Probu hamura penetrasyon derinliği; 20 mm, Test hızı; 3 mm/s). Maksimum penetrasyon derinliğinde elde edilen kuvvet değeri (g) hamur örneğinin sertlik (hardness) değerini temsil etmektedir.

Ekmek hamurunda yapışkanlık (adhesiveness) testi SMS/CHEN-HOSENEY hamur yapışkanlık donanımı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2).



**Şekil 2.** SMS/CHEN-HOSENEY donanımı

Hamur örneği Chen-Hoseney hamur halkasına yerleştirildikten sonra delikli kapak ile kapatılır. Kapaktaki delikten yaklaşık 1 mm yüksekliğinde hamur çıkışı gözlenir. Bu kısım nem kaybının engellenmesi için plastik disk ile kapatılır ve 15 s dinlendirilir. Süre sonunda disk kaldırılır, hücre tekstür analizöre yerleştirilir. Analizde 25 mm çaplı silindirik perplex probu kullanılır (Test hızı; 0.5 mm/s). Probu hamurdan ayırmak için gerekli maksimum tensile force değeri (g) hamurun stickness değerini temsil etmektedir.

Glutensiz karışım unlarından hazırlanan ekmek örneklerinin tekstür profil analizi (TPA) örneklerin iki kez sıkıştırılması yöntemi ile belirlenmiştir. Analiz koşulları aşağıda belirtilmiştir.

- 5 kg load cell
- 25 mm alüminyum silindirik prob
- Pre-test hızı 1 mm/s; Test hızı 1 mm/s; post-test hızı 1.7 mm/s
- İki compression arası bekleme süresi 30 s
- % 50 strain
- Ekmek dilim kalınlığı 20 mm

Analiz sonucunda elde edilen verilerden hardness (N), chewiness (N), cohesiveness, springiness ve resilience değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca 1. ve 7. gün sonundaki hardness değerlerinden ise bayatlama indeks (staling index) değeri saptanmıştır.

$$\Delta \text{Hardness} = H_{1.\text{gün}} - H_{7.\text{gün}} = \text{Staling Index}$$

### *2.3. Duyusal değerlendirme*

Glutensiz karışım unlarından hazırlanan ekmek örnekleri duyusal analizde; gözenek yapısı, renk, hacim, tat, aroma, çiğnenebilirlik, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik gibi duyusal kriterler bakımından puanlama yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Duyusal analiz, bu konuda ön bilgilendirme yapılmış kişilerden oluşturulan bir ekip tarafından duyuusal analiz koşulları sağlanan laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir.

#### 2.4. İstatistiksel analiz

Gluten içermeyen farklı bileşen kombinasyonlarının optimizasyonu için yanıt yüzey metodu (Response Surface Method, RSM) full faktöriyel deneme deseni kullanılmıştır. Araştırmada deneme planı kapsamında bağımsız değişkenler karabuğday (%5, %15, %25), elma lifi (%1, %2, %3) ve su miktarı (%65, %70, %75) olarak 3 farklı alt seviye ile belirlenmiş ve toplam 27 adet ekmek denemesi 2 tekerrürlü olarak yapılmıştır (Çizelge 2). Glutensiz ekmek formülasyonunda optimum düzeyde kalite elde edebilmek için kullanılan parametreler ise hamurda yapışkanlık, ekmekte sertlik ve duyuusal değerlendirilmede ise genel ortalama olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Glutensiz karışım unları kombinasyonuna ait kodlanmış bağımsız değişkenleri içeren deney tasarımı

Ornek No	Deneme Kodu (Karabuğday – Elma lifi – Su)	Deneme Planı		
		Karabuğday	Elma lifi	Su
1	-1, -1, -1	%5 (12g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)
2	-1, -1, 0	%5 (12g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)
3	-1, -1, 1	%5 (12g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)
4	-1, 0, -1	%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)
5	-1, 0, 0	%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)
6	-1, 0, 1	%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)
7	-1, 1, -1	%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)
8	-1, 1, 0	%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)
9	-1, 1, 1	%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)
10	0, -1, -1	%15 (36g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)
11	0, -1, 0	%15 (36g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)
12	0, -1, 1	%15 (36g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)
13	0, 0, -1	%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)
14	0, 0, 0	%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)
15	0, 0, 1	%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)
16	0, 1, -1	%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)
17	0, 1, 0	%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)
18	0, 1, 1	%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)
19	1, -1, -1	%25 (60g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)
20	1, -1, 0	%25 (60g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)
21	1, -1, 1	%25 (60g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)
22	1, 0, -1	%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)
23	1, 0, 0	%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)
24	1, 0, 1	%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)
25	1, 1, -1	%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)
26	1, 1, 0	%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)
27	1, 1, 1	%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)

### 3. Araştırma Bulguları

Çizelge 2’de belirlenen deneme desenindeki kombinasyonlardan elde edilen hamur ve ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları Çizelge 3 ve 4’de, bu verilere ait grafikler ise Şekil 3 ve Şekil 4’de verilmiştir.

Çizelge 3 ve Şekil 3 verileri incelendiğinde farklı deneme desenlerine bağlı olarak değişik oranlarda karabuğday unu ilave edilmesinin hamurun sertlik değerlerinde bir stabiliteye neden olmadığı görülmektedir. 5%Karabuğday(BW)-%3Elma Lifi (AF)-%65Su(W) kombinasyonu ile hazırlanan hamurların en sert ölçüm değerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. 25%Karabuğday(BW)-%2Elma Lifi (AF)-%75Su(W) kombinasyonu ile hazırlanan hamur örneklerinde ise en yumuşak tekstür değeri elde edilmiştir. Bu verilere göre hamurun sertlik değeri üzerinde hamura ilave edilen su miktarının diğer parametrelere kıyasla daha etkili ve önemli bir faktör olduğu anlaşılmaktadır.

Ekmek örneklerine ait veriler incelendiğinde (Çizelge 4 ve Şekil 4) farklı karabuğday-elma lifi-su kombinasyonları ile hazırlanan hamurlardan elde edilen ekmeklerde sertlik, yapışkanlık ve çığnenebilirlik değerlerinin değişkenlik gösterdiği, buna karşın diğer parametrelerin oldukça stabil kaldığı gözlemlenmiştir. Karabuğday ilavesi hem hamurda hem de bu hamurlardan elde edilen ekmeklerin sertlik özelliklerinde oldukça etkili olmuştur.

Bilindiği gibi buğday ununda yer alan gluten proteini, hamur sisteminde arzu edilen doku ve hacmi elde etmek için gerekli olan ve fermentasyon sürecinde mayalar tarafından üretilen gazı muhafaza etmede ve istenen elastisite ile kuvvetli protein ağının oluşumu için oldukça gereklidir. Glutenmatriksinden yoksun olan glutensiz ekmeklerin düşük özgül hacim, yüksek ekmek içi sertliği, düşük teknolojik kalite ve yüksek bayatlama gösterdiği yapılan diğer çalışmalarda ifade edilmektedir (Mahmoud ve ark. 2013). Hamurda glutenin olmaması, hamurun sıvı olmasına pişmiş ekmeğin çökmesine, zayıf renge ve çeşitli kalite sorunlarına sebep olmaktadır (Torbica ve ark. 2010).

Bazı araştırmacılar karabuğdayununun ekmeklerde oluşturduğu hacim azalışını engellemek için % 3 oranında vital gluten ekleyerek hacmin arttığını belirtmişlerdir (Bojnanska ve Urminka, 2010). Bazı araştırmacılar ise buğday ununa %10, 20 ve 30 oranında karabuğday unu ile ekmek kalitesini arttırmak için gluten, aminoasit, hidroksipropilmetilselüloz ekleyerek oluşturdukları formülasyon sonucu ekmek ağırlığının ve sertliğinin karabuğday yüzdesi arttıkça arttığını ve ekmek içi yapışkanlığının azaldığını ifade etmişlerdir (Ran ve Soon, 2000).



**Çizelge 3.** Hamur örneklerine ait tekstür analiz sonuçları

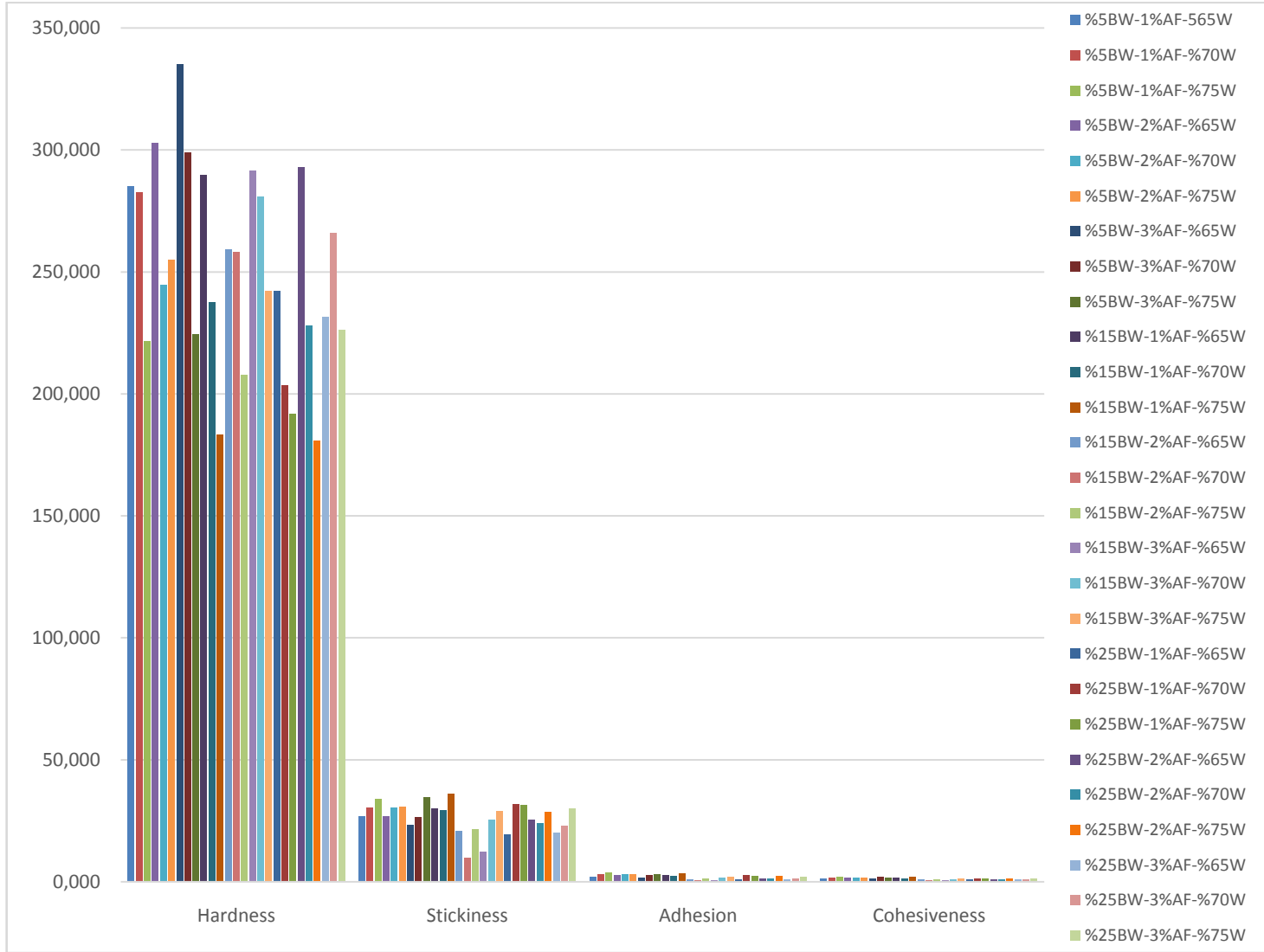
İŞLEM KOŞULLARI			HAMUR			
<u>Karabugday</u>	<u>Elma lifi</u>	<u>Su</u>	<u>Hardness</u>	<u>Stickiness</u>	<u>Adhesion</u>	<u>Cohesiveness</u>
%5 (12g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)	285.059 ± 24.57	26.763 ± 3.49	1.925 ± 0.64	1.180 ± 0.23
%5 (12g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)	282.556 ± 33.99	30.328 ± 3.56	2.928 ± 0.48	1.640 ± 0.03
%5 (12g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)	221.703 ± 15.44	34.013 ± 0.96	3.866 ± 0.72	2.047 ± 0.17
%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)	302.779 ± 16.56	26.898 ± 6.42	2.513 ± 1.75	1.491 ± 0.66
%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)	244.763 ± 38.98	30.482 ± 4.95	2.827 ± 0.91	1.493 ± 0.18
%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)	254.884 ± 6.64	30.572 ± 1.10	2.999 ± 0.62	1.743 ± 0.31
%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)	334.961 ± 21.06	23.360 ± 2.10	1.508 ± 0.26	1.110 ± 0.09
%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)	298.788 ± 29.74	26.351 ± 3.69	2.588 ± 0.08	1.807 ± 0.21
%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)	224.491 ± 0.67	34.643 ± 0.75	2.916 ± 0.27	1.517 ± 0.09
%15 (36g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)	289.673 ± 54.04	29.942 ± 1.18	2.642 ± 0.54	1.543 ± 0.31
%15 (36g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)	237.338 ± 15.67	29.287 ± 7.50	2.340 ± 0.39	1.330 ± 0.01
%15 (36g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)	183.306 ± 6.84	35.983 ± 0.29	3.534 ± 0.72	1.807 ± 0.15
%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)	259.198 ± 36.97	20.928 ± 0.90	0.977 ± 0.07	0.850 ± 0.01
%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)	258.001 ± 2.55	9.944 ± 8.66	0.445 ± 0.49	0.587 ± 0.29
%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)	207.604 ± 21.91	21.557 ± 2.48	1.155 ± 0.47	0.907 ± 0.21
%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)	291.361 ± 4.73	12.425 ± 5.23	0.559 ± 0.40	0.653 ± 0.11
%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)	280.769 ± 32.70	25.382 ± 1.62	1.476 ± 0.03	1.047 ± 0.04
%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)	242.067 ± 3.96	29.045 ± 2.71	1.968 ± 0.52	1.220 ± 0.23
%25 (60g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)	242.216 ± 12.12	19.316 ± 0.87	1.002 ± 0.14	0.830 ± 0.01
%25 (60g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)	203.639 ± 12.53	31.941 ± 1.19	2.650 ± 0.49	1.430 ± 0.29
%25 (60g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)	191.799 ± 9.55	31.329 ± 3.97	2.333 ± 0.36	1.290 ± 0.04
%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)	292.917 ± 16.49	25.274 ± 1.48	1.376 ± 0.21	1.007 ± 0.07
%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)	227.981 ± 39.62	23.854 ± 2.43	1.255 ± 0.12	0.917 ± 0.06
%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)	180.773 ± 2.37	28.578 ± 2.78	2.303 ± 0.66	1.423 ± 0.14
%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)	231.661 ± 56.53	19.885 ± 7.36	0.981 ± 0.57	0.850 ± 0.24
%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)	266.008 ± 27.67	23.127 ± 0.48	1.302 ± 0.20	1.047 ± 0.12
%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)	226.299 ± 18.39	30.060 ± 0.71	1.996 ± 0.39	1.200 ± 0.11

<sup>a</sup>Değerler "Ort ± Standart Sapma" olarak verilmiştir.

**Çizelge 4.** Ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları

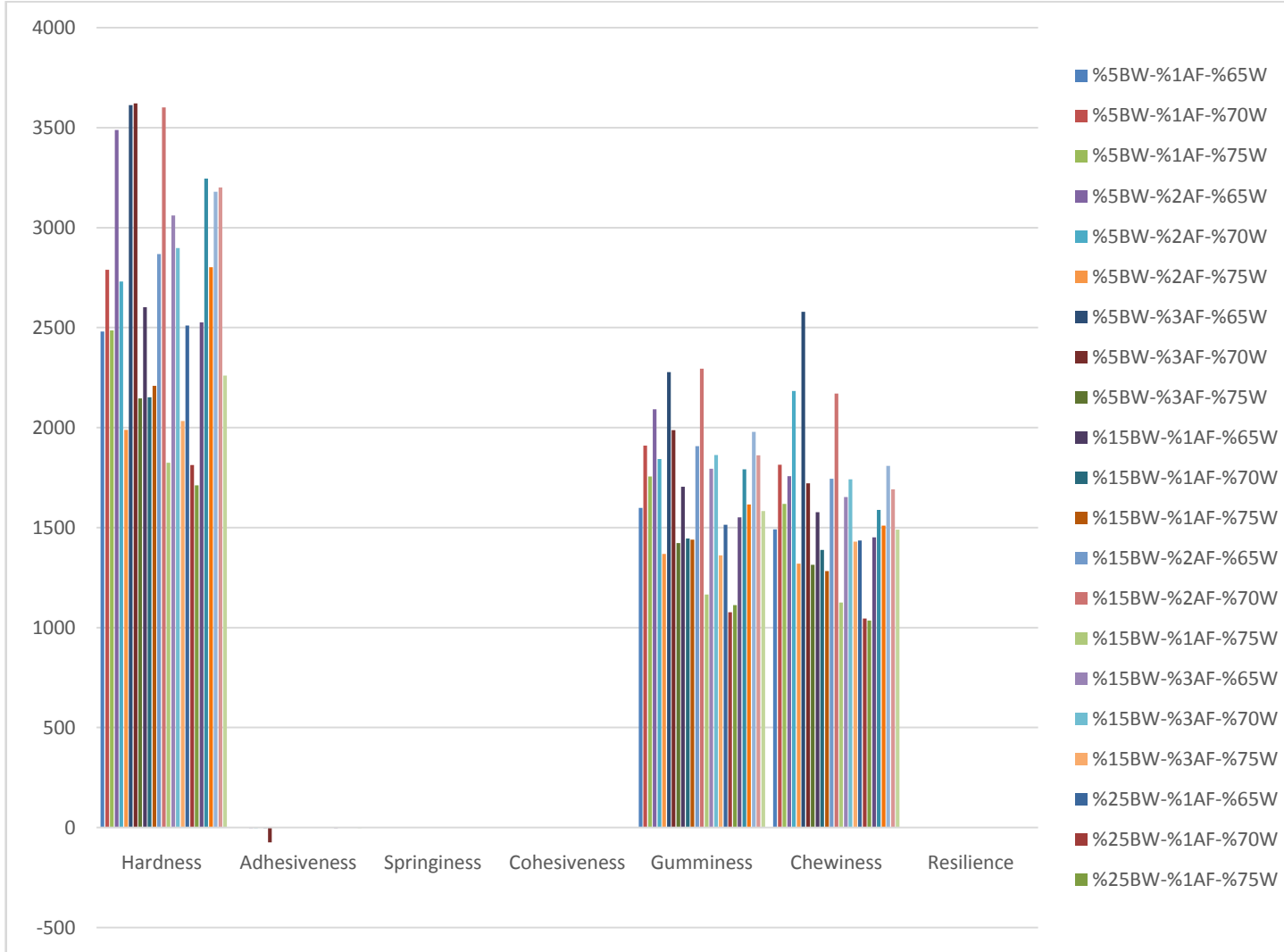
İŞLEM KOŞULLARI			EKMEK						
<u>Karabugdav</u>	<u>Elma lifi</u>	<u>Su</u>	<u>Hardness</u>	<u>Adhesiveness</u>	<u>Springiness</u>	<u>Cohesiveness</u>	<u>Gumminess</u>	<u>Chewiness</u>	<u>Resilience</u>
%5 (12g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)	2480.555 ± 447.53	-0.801 ± 0.44	0.9268 ± 0.02	0.6463 ± 0.05	1599.006 ± 163.54	1490.616 ± 126.56	0.3427 ± 0.04
%5 (12g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)	2789.778 ± 602.19	-1.317 ± 1.16	0.9485 ± 0.03	0.6882 ± 0.01	1910.705 ± 377.77	1814.569 ± 312.95	0.3876 ± 0.02
%5 (12g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)	2485.922 ± 212.69	-0.625 ± 0.27	0.9743 ± 0.01	0.7076 ± 0.02	1756.283 ± 139.95	1619.198 ± 172.89	0.4082 ± 0.01
%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)	3488.369 ± 399.12	-2.121 ± 0.84	0.9962 ± 0.11	0.6016 ± 0.02	2091.344 ± 289.24	1757.494 ± 145.56	0.2956 ± 0.01
%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)	2730.992 ± 94.73	-2.302 ± 2.40	1.1761 ± 0.35	0.678 ± 0.01	1843.515 ± 50.75	2183.739 ± 612.13	0.3580 ± 0.01
%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)	1988.755 ± 149.08	-0.998 ± 0.58	0.9639 ± 0.02	0.6925 ± 0.05	1367.898 ± 0.50	1319.5228 ± 23.18	0.3801 ± 0.04
%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)	3612.292 ± 372.66	-1.860 ± 0.70	1.0929 ± 0.27	0.6326 ± 0.04	2276.991 ± 54.92	2579.008 ± 788.26	0.3221 ± 0.05
%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)	3621.454 ± 56.01	-74.519 ± 104.73	0.8667 ± 0.09	0.5533 ± 0.08	1987.242 ± 77.70	1721.609 ± 244.44	0.2665 ± 0.05
%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)	2146.281 ± 49.11	-1.229 ± 0.10	0.9244 ± 0.05	0.6684 ± 0.10	1422.092 ± 12.56	1314.316 ± 121.12	0.3480 ± 0.01
%15 (36g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)	2601.921 ± 100.01	-0.710 ± 0.17	0.919 ± 0.03	0.6498 ± 0.07	1704.565 ± 0.28	1577.059 ± 131.66	0.3242 ± 0.01
%15 (36g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)	2151.681 ± 195.14	-0.952 ± 0.21	0.9616 ± 0.07	0.6734 ± 0.04	1445.106 ± 0.39	1388.741 ± 226.23	0.3678 ± 0.03
%15 (36g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)	2209.218 ± 100.07	-1.263 ± 0.42	0.9602 ± 0.10	0.6524 ± 0.01	1439.472 ± 151.58	1281.922 ± 125.44	0.3530 ± 0.04
%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)	2868.158 ± 186.05	-1.115 ± 1.01	0.9196 ± 1.02	0.6602 ± 0.16	1907.170 ± 115.23	1743.886 ± 146.23	0.3350 ± 0.01
%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)	3600.798 ± 114.57	-0.850 ± 0.56	0.9456 ± 0.87	0.641 ± 0.24	2294.882 ± 209.10	2170.535 ± 23.12	0.3276 ± 0.05
%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)	1824.478 ± 464.25	-1.114 ± 0.07	0.966 ± 0.03	0.6388 ± 0.45	1164.828 ± 126.02	1125.688 ± 129.47	0.3352 ± 0.03
%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)	3061.412 ± 917.40	-1.415 ± 0.01	0.921 ± 0.15	0.5876 ± 1.64	1794.964 ± 57.00	1652.201 ± 117.54	0.2786 ± 0.03
%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)	2898.173 ± 687.20	-1.329 ± 0.12	0.933 ± 0.01	0.6416 ± 0.94	1863.511 ± 78.70	1740.938 ± 108.25	0.3274 ± 0.02
%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)	2033.14 ± 179.25	-0.464 ± 0.05	1.0756 ± 0.37	0.672 ± 0.02	1361.812 ± 65.35	1430.067 ± 104.25	0.3540 ± 0.01
%25 (60g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)	2510.805 ± 935.36	-1.589 ± 0.16	0.945 ± 0.08	0.6002 ± 0.03	1513.442 ± 46.25	1436.189 ± 79.58	0.2914 ± 0.01
%25 (60g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)	1813.563 ± 808.25	-0.728 ± 0.09	0.9714 ± 0.23	0.5958 ± 0.01	1076.344 ± 25.45	1045.493 ± 103.25	0.2994 ± 0.08
%25 (60g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)	1710.866 ± 254.45	-0.910 ± 0.04	0.929 ± 0.20	0.652 ± 0.01	1112.874 ± 129.10	1035.300 ± 201.23	0.3460 ± 0.56
%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)	2526.718 ± 123.89	-2.002 ± 0.16	0.9352 ± 0.12	0.6138 ± 0.01	1550.916 ± 170.86	1450.929 ± 164.23	0.3026 ± 0.47
%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)	3245.864 ± 451.23	-1.639 ± 1.21	0.8852 ± 1.29	0.5508 ± 0.01	1791.984 ± 208.00	1588.755 ± 139.64	0.2562 ± 0.16
%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)	2801.661 ± 124.20	-1.804 ± 1.07	0.933 ± 1.09	0.5764 ± 0.05	1616.090 ± 123.05	1509.264 ± 123.23	0.2724 ± 0.45
%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)	3179.183 ± 96.29	-1.584 ± 0.39	0.9063 ± 0.09	0.6209 ± 0.05	1978.773 ± 193.41	1808.649 ± 339.38	0.3100 ± 0.05
%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)	3201.507 ± 346.66	-1.686 ± 0.59	0.9091 ± 0.06	0.5827 ± 0.03	1861.199 ± 123.11	1690.881 ± 100.37	0.2813 ± 0.03
%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)	2260.191 ± 106.97	-2.572 ± 1.85	0.9413 ± 0.01	0.6452 ± 0.01	1582.986 ± 86.65	1490.269 ± 73.47	0.3259 ± 0.01

\*Değerler "Ort ± Standart Hata" olarak verilmiştir.



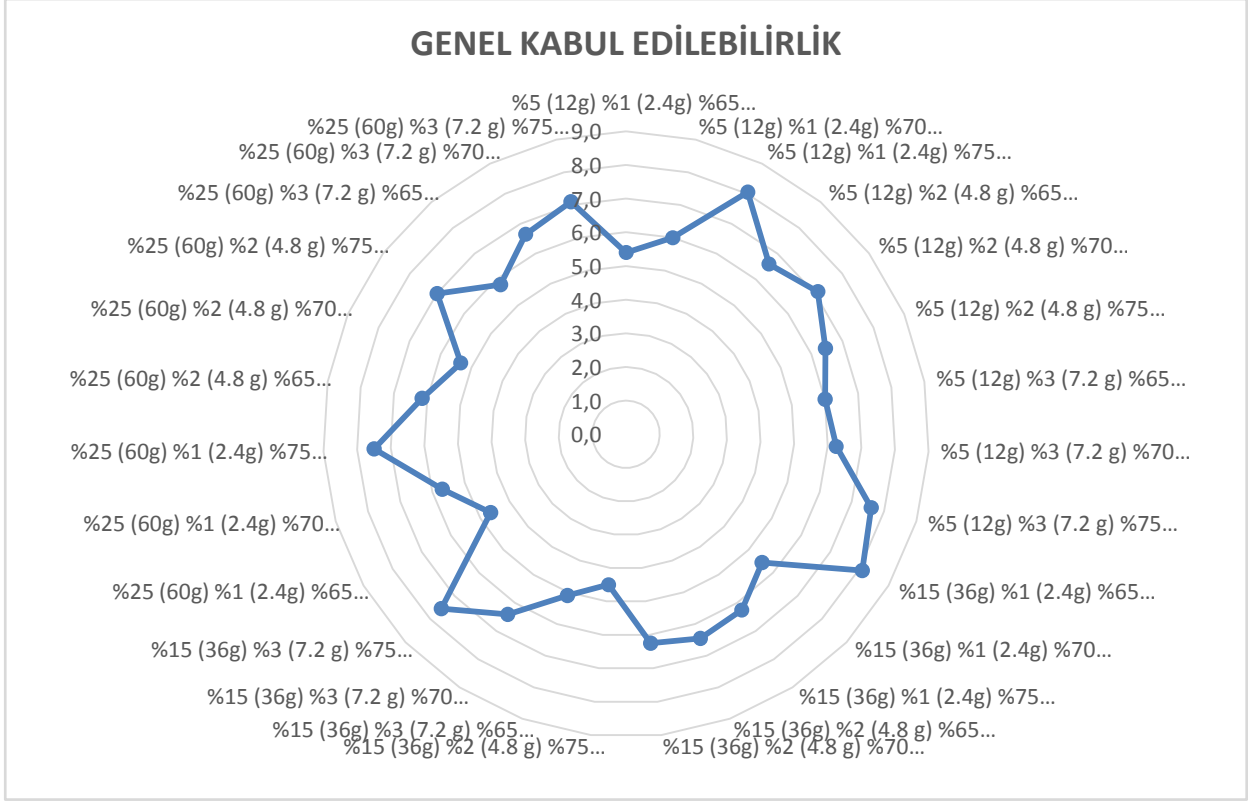
Şekil 3.Hamur örneklerinden elde edilen tekstür analiz sonuçları





Şekil 4.Ekmek örneklerinden elde edilen tekstür analiz sonuçları

Ekmek örneklerinin duyuşal değerlendirme sonuçlarıŞekil 5 ve Çizelge 5’de verilmiştir.Duyuşal değerlendirme sonuçları son ürünün tüketici tarafından kabul edilebilirliğinin ölçümü açısından büyük önem taşımaktadır.



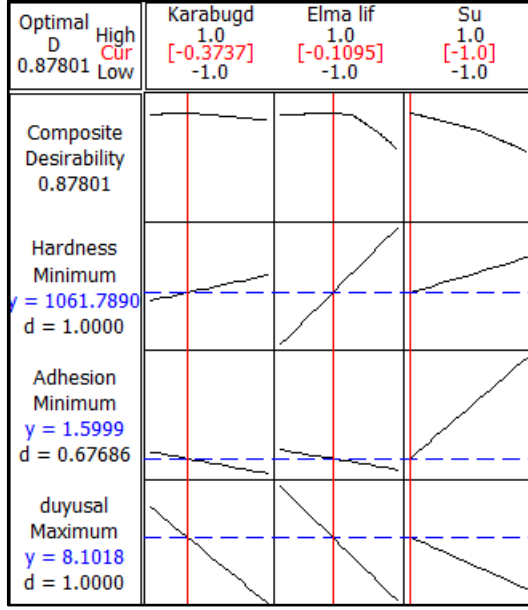
**Şekil 5.** Ekmek örneklerinin genel kabul edilebilirlik özelliği bakımından değerlendirilmesi  
Veriler incelendiğinde genel kabul edilebilirlik özelliği bakımından en yüksek puanların %5BW-1%AF-%75W ve %15BW-1%AF-%65W deneme desenlerinden hazırlanan ekmeklerden elde edildiği tespit edilmiştir.

**Çizelge 5.** Glutensiz ekme  örneklerinde duyuusal analiz sonuçları

İŞLEM KOŞULLARI			DUYUSAL DEĞERLENDİRME							
Karabugday	Elma lifi	Su	Gözenek Yapısı	Renk	Hacim	Tat-Aroma	Çiğnenebilirlik	Ağızda Bıraktığı His	Genel Kabul Edilebilirlik	Genel Ortalama
%5 (12g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)	6.0±0.6	5.0±0.1	5.9±1.9	5.1±0.9	5.6±2.0	5.2±0.6	5.4±0.0	5.4±0.9
%5 (12g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)	6.6±1.3	6.4±1.5	5.9±1.0	5.5±1.0	5.7±1.8	5.3±1.1	6.0±0.7	5.9±1.5
%5 (12g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)	6.9±0.7	8.6±0.3	7.3±0.1	7.5±0.1	8.0±0.2	7.4±0.0	8.1±0.1	7.7±0.2
%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)	6.2±0.1	7.3±0.1	6.9±0.4	6.3±0.4	6.9±0.4	6.6±0.6	6.6±0.1	6.7±0.2
%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)	7.6±0.2	6.6±0.3	6.7±0.1	7.2±0.1	6.8±0.3	7.3±0.1	7.1±0.3	7.0±0.0
%5 (12g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)	6.2±0.5	5.9±1.2	6.5±0.4	5.6±0.4	6.8±0.4	5.2±0.4	6.5±0.4	6.1±0.6
%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)	5.6±0.1	6.7±0.2	6.2±0.1	5.1±0.1	6.0±0.4	5.6±0.6	6.0±0.6	5.9±0.2
%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)	6.3±0.2	6.8±0.6	6.2±0.1	5.8±0.1	6.7±0.2	5.8±0.5	6.3±0.2	6.2±0.0
%5 (12g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)	7.9±0.1	7.7±0.1	7.8±0.3	7.0±0.3	7.9±0.1	7.3±0.3	7.6±0.1	7.6±0.2
%15 (36g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)	7.8±0.1	7.5±0.2	8.0±0.6	7.6±0.6	8.4±0.4	7.7±0.4	8.1±0.3	7.9±0.3
%15 (36g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)	5.8±1.1	6.3±0.6	5.9±0.4	5.2±0.4	5.5±0.6	5.3±0.2	5.6±0.2	5.6±0.4
%15 (36g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)	7.6±1.4	7.0±0.9	7.1±0.2	5.6±0.2	6.3±0.6	5.8±0.3	6.3±0.1	6.5±0.4
%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)	5.7±0.1	5.8±0.3	6.0±0.1	6.5±0.1	6.8±0.1	6.4±0.3	6.5±0.1	6.2±0.2
%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)	5.5±0.1	5.6±0.4	5.4±0.4	6.3±0.4	7.2±0.1	6.4±0.4	6.3±0.2	6.1±0.2
%15 (36g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)	7.0±0.1	6.1±0.2	5.7±0.4	3.7±0.4	3.2±0.4	4.4±0.1	4.5±0.0	4.9±0.0
%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)	2.6±0.0	4.5±0.3	4.1±0.3	4.2±0.3	6.2±2.5	5.2±0.1	5.1±0.1	4.5±0.2
%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)	4.9±0.0	5.1±0.1	5.0±0.1	6.5±0.1	5.8±0.0	6.3±0.4	6.4±0.5	5.7±0.1
%15 (36g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)	7.3±0.7	5.9±0.2	6.9±0.4	7.1±0.4	7.6±0.1	7.2±0.1	7.6±0.1	7.1±0.2
%25 (60g)	%1 (2.4g)	%65 (156ml)	4.7±0.4	6.8±0.1	5.5±0.2	4.6±0.2	4.1±0.1	4.5±0.4	4.7±0.1	4.9±0.2
%25 (60g)	%1 (2.4g)	%70 (168ml)	5.2±0.1	5.9±0.4	5.8±0.0	4.8±0.0	5.2±0.1	5.5±0.1	5.7±0.1	5.4±0.1
%25 (60g)	%1 (2.4g)	%75 (180ml)	7.9±0.1	6.5±0.4	7.1±0.1	7.3±0.1	7.2±0.1	7.2±0.0	7.5±0.1	7.2±0.0
%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%65 (156ml)	5.8±0.0	5.6±0.3	5.3±0.2	5.4±0.2	6.0±0.2	6.3±0.1	6.2±0.1	5.8±0.1
%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%70 (168ml)	4.4±0.2	5.6±0.0	5.2±0.5	5.0±0.5	4.5±0.0	4.5±0.1	5.4±0.4	4.9±0.1
%25 (60g)	%2 (4.8 g)	%75 (180ml)	5.8±0.1	6.3±0.2	6.9±0.1	7.4±0.1	6.1±0.1	6.2±0.6	7.0±0.0	6.5±0.1
%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%65 (156ml)	5.4±0.4	5.2±0.3	5.8±0.1	5.2±0.1	4.8±0.1	5.5±0.4	5.8±0.3	5.4±0.1
%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%70 (168ml)	3.9±0.1	6.4±0.2	6.2±0.3	5.9±0.3	4.6±0.0	6.2±0.4	6.7±0.4	5.7±0.1
%25 (60g)	%3 (7.2 g)	%75 (180ml)	7.5±1.8	6.9±0.5	7.3±0.6	7.1±0.6	6.4±1.1	6.8±1.3	7.1±1.7	7.0±0.9

Bu konuda yapılan önceki çalışmalar incelendiğinde duyuşal özelliklerin karabuğday oranının azaltılması ile arttığı ifade edilmektedir (Yıldız, 2009). İlave edilen karabuğday miktarı artışıyla acılığın arttığı belirtilirken (Rufeng ve ark. 1995), Atalay, (2009) tarafından yapılan çalışmada, buğday unu ile yer değıştirme prensibiyle % 20 karabuğday tam unu, % 20 karabuğday beyaz unu ve % 20 karabuğday kepeğı ile hazırlanan dört farklı ekmek örneğinin acı tat değerlendirilmesi sonucu istatistiki olarak fark görölmediğı fakat karabuğday kepeğı içeren ekmeklerin puanının düştüğü ve daha az beğenildiğı belirtilmiştir. Genel beğeni olarak karabuğday beyaz unu ve karabuğday tam unu içeren ekmekler ile buğday unu ile hazırlanan ekmekler istatistiki olarak eşdeğer puanlar toplamıştır (Atalay, 2009). Vital gluten ve sodyum stearol 2-laktilat katkıları ve katkısız olarak tam karabuğday unu ile yapılan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçlarında katkı ilaveli % 30 tam karabuğday unu ile yapılan bazlama örneklerinde ve % 40 lavaş ve yufka örneklerinde şahide eşdeğer kabul edilebilirlik belirlenirken (Yıldız, 2009), karabuğday unu ile yapılan bisküvi formülasyonunda karabuğday ununun artması ile görünüşlerinin duyuşal puanları ve lezzetlerinin azaldığı belirlenmiştir (Chopra ve ark., 2014). Chung ve Kim (1998) tarafından yapılan bir çalışmada % 30 karabuğday unu ile yapılan un karışımına vital gluten ve gam ilavesi ile ekmek hacimlerinde artış olduğu belirtilmiştir. Karabuğday unu ile zenginleştirilen buğday ekmeğinin antioksidan ve kalitesinin belirlenmesi için yapılan çalışmada (Lin ve ark. 2009), buğday ununa % 15 oranında karabuğday ilave edilerek duyuşal sonuçlarının kabul edilebilir olduğu raporlanmıştır. Yarpuz, (2011) tarafından % 0, 10, 15 ve % 20 karabuğday ilavesi ile yapılan glutensiz ekmek çalışmasında, duyuşal değerlendirme sonuçlarında dört farklı ekmek örneğinden genel beğeni açısından değerlendirildiğinde, % 10 ve % 15 karabuğday unu ikameli ekmeklerin karabuğday ikamesiz ekmekten yüksek puanlara sahip olduğu belirlenmiştir.

Hamur ve ekmek örneklerinde tekstürel ve duyuşal analiz sonuçları elde edildikten sonra veriler yanıt yüzey metodu kullanılarak hamurda adhesiveness, ekmekte hardness ve duyuşal değerlendirmede ise genel ortalama parametreleri baz alınarak optimizasyon çalışması yapılmıştır. Optimizasyon sonuçları Şekil 6'da verilmiştir.



**Şekil 6.** Yanıt yüzey yöntemi optimizasyon verileri

Yapılan ilk optimizasyon sonuçlarına göre karabuğday için -0,3737, elma lifi için -0,1095 ve su ilavesi için ise -1,0 noktalarına karşılık gelen **%11.2 BW - %1.89 AF - %65 W** kombinasyonu seçilmiş ve seçilen bu kombinasyondan hazırlanan ekmek örneklerinde tekstürel ve duyusal analizler tekrar edilmiştir. Bu kombinasyona ait analiz verileri Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge verileri incelendiğinde ekmekte optimizasyon için hedeflenen hardness değerinin (~1000) oldukça üzerinde bir değer elde edilmesi nedeniyle (~3459) optimizasyon verileri 5’li parametreler üzerinden yeniden analiz edilerek yeni bir optimizasyon elde edilmiştir (Şekil 7).

Yapılan ikincioptimizasyon sonuçlarına göre karabuğday için 1.0, elma lifi için -0,7374 ve su ilavesi için ise 1,0 noktalarına karşılık gelen **%25 BW - %1.26 AF - %75 W** kombinasyonu seçilmiş ve seçilen bu kombinasyondan hazırlanan ekmek örneklerinde tekstürel ve duyusal analizler tekrar edilmiştir. Bu kombinasyona ait analiz verileri Çizelge 7’de verilmiştir.

**Çizelge 6.** Optimize edilmiş kombinasyona göre hazırlanan hamur ve ekmek örneklerinde analiz sonuçları

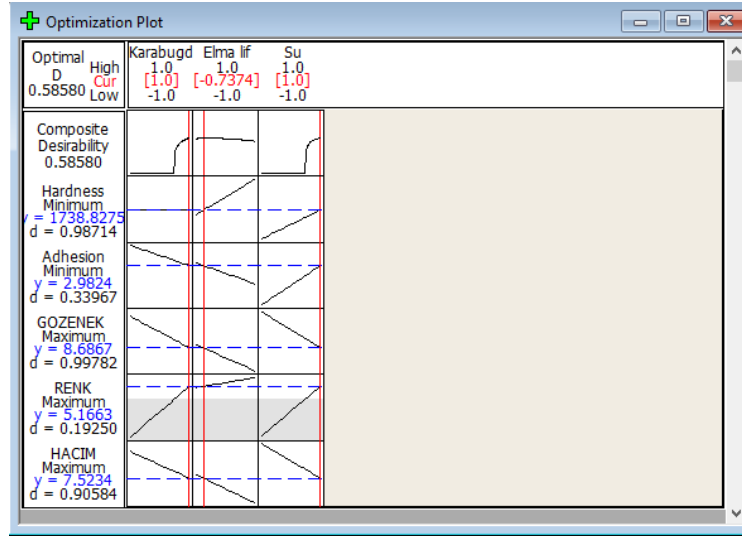
İŞLEM KOŞULLARI			HAMUR			
Karabugday	Elma lifi	Su	Hardness	Stickiness	Adhesion	Cohesiveness
% 11.3 (27.12g)	% 2 (4.8g)	% 65 (156ml)	264.45	25.81	1.69	1.13

İŞLEM KOŞULLARI			EKMEK						
Karabugday	Elma lifi	Su	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
% 11.3 (27.12g)	% 2 (4.8g)	% 65 (156ml)	3459.32	-1.78	0.95	0.65	2242.56	2127.28	0.33

İŞLEM KOŞULLARI			DUYUSAL DEĞERLENDİRME						
Karabugday	Elma lifi	Su	Gözenek yapısı	Renk	Hacim	Tat-Aroma	Çiğnenebilirlik	Ağızda Bıraktığı His	Genel Kabul Edilebilirlik
% 11.3 (27.12g)	% 2 (4.8g)	% 65 (156ml)	5.27	6.47	5.60	6.30	7.13	6.00	6.27



**Şekil 7.** Yanıt yüzey yöntemi ile elde edilen optimizasyon verileri

**Çizelge 7.** İkinci optimizasyon kombinasyonuna göre hazırlanan hamur ve ekmeK örneklerinde analiz sonuçları

İŞLEM KOŞULLARI			HAMUR						
Karabugday	Elma lifi	Su	Hardness	Stickiness	Adhesion	Cohesiveness			
%11.3 (27.12g)	%2 (4.8g)	%65 (156ml)	169.20	41.11	4.86	2.01			
İŞLEM KOŞULLARI			EKMEK						
Karabugday	Elma lifi	Su	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
%11.3 (27.12g)	%2 (4.8g)	%65 (156ml)	1761.14	-0.94	0.95	0.69	1196.00	1154.06	0.39
İŞLEM KOŞULLARI			DUYUSAL DEĞERLENDİRME						
Karabugday	Elma lifi	Su	Gözenek yapısı	Renk	Hacim	Tat-Aroma	Çiğnenebilirlik	Ağızda Bıraktığı His	Genel Kabul Edilebilirlik
%11.3 (27.12g)	%2 (4.8g)	%65 (156ml)	6.97	6.53	7.33	6.80	7.37	6.77	7.20

İkinci optimizasyon verilerine göre elde edilen sonuçlar (Çizelge 7) 5'li parametreler ile yapılan optimizasyon verileri ile istatistiksel açıdan uyumlu çıkmıştır. Bu durumda en son optimizasyon ile elde edilen karabuğday için 1.0, elma lifi için -0,7374 ve su ilavesi için ise 1,0 noktalarına karşılık gelen **%25 BW - %1.26 AF - %75 W** kombinasyonunun optimum nokta olarak alınmasına karar verilmiştir.

### **Sonuçlar ve Öneriler**

Bu proje çalışması kapsamında pseudo-tahıl unları (karabuğday unu) ile çeşitli nişastalar veya bunların kombinasyonları ile buğdaydaki glutenin işlevini üstlenebilecek hidrokolloidler, kaliteyi iyileştirici katkılar, çölyak hastalarının ihtiyaç duyduğu vitamin ve mineraller ve bayatlamayı geciktirici ve raf ömrünü arttırıcı maddeler katılarak mümkün olan en üstün kalitede glutensiz ekmek formülü geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmadan elde edilen en önemli sonuçlar ile öneriler aşağıda verilmiştir.

- Karabuğday unu içerdiği fonksiyonel özelliğe sahip bileşenleri ile önemli bir zenginleştirmebileşeni olup, gluten içermemesi yönünden çölyak hastaları için yeni, besin değeri yüksek ürünlerin geliştirilmesinde de önemli bir kullanım alanına sahiptir.
- Çalışma verilerinden seçilen parametrelere uygunluk gösterecek yeni kombinasyonların oluşturulması için yanıt yüzey yöntemi kullanılarak iki kez optimizasyon çalışması yapılmıştır.
- Optimizasyon sonuçlarına göre **%25karabuğday unu - %1.26elma lifi - %75 su** kombinasyonu ile hazırlanan glutensiz formülasyondan hazırlanan ekmekler hem tekstürel hem de duyu analizi sonuçları bakımından optimizasyon parametreleri ile uyum göstermiştir.
- Tespit edilen bu formülasyonun piyasaya çıkarılabilmesi için uygun üretim ortamının hazırlanması ve üretilen ekmeklerin gluten miktarının istenilen sınırdan altında olduğunu gösteren analizlerin akredite bir kurum tarafından yapılması ve belgelenmesi gerekmektedir.
- Ayrıca ekmeklerin ambalajlandıktan sonra raf ömrü stabilitesi açısından incelenmesine yönelik çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.



## Kaynaklar

- Ahlborn, G.J., Pike, O.A., Hendrix, S.B., Hess, W.H., Huber, C.S., 2005. Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal Chemistry*, 82(3):328-335.
- Anonimus, 2004. Çölyak hastalığı. Düzen Laboratuvarlar Grubu, Bülten 9(25):7.
- Atalay, H. M. 2009. Karabuğday Öğütme Ürünlerinin Ekmek Üretiminde Kullanılma İmkanları. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Bojnanska, T. ve D. Urminka.2010. Influence of Natural Additives On Protein Complex of Bread. *Potravinárstvo Ročník 4*: 1-5.
- Christa, K. ve M. Smietana. 2008. Buckwheat grains and buckwheat products – nutritional and prophylactic value of their components– a review. *Czech Journal Food Science*, Vol. 26: 153–162.
- Chopra N., D. Bhavnita ve S. Puri. 2014. Formulation of buckwheat cookies and their nutritional, physical, sensory and microbiological analysis. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, Vol. 5: 381-387.
- Chung, J.Y. ve C.S. Kim. 1998. Development of buckwheat bread: 2. Effect of vital wheat gluten and water-soluble gums on baking and sensory properties. *Korean Journal Society Food Science*, 14: 168-176.
- Collin, P., Thorell, L., Kaukinen, K., Maki, M., 2004. The safe threshold for gluten contamination in gluten-free products. Can trace amounts be accepted in the treatment of coeliac disease? *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 19:1277-1283.
- Çiftçi, H., G. Akbulut, E. Yıldız ve S. Mercanlğıl. 2008. Kan Şekerini Etkileyen Besinler. Hacettepe Üniversitesi- Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü Sağlık Bakanlığı Yayınları:727,12, Ankara.
- Dizlek, H., M. Özer, E. İnanç ve H. Gül. 2009. Karabuğday'ın bileşimi ve gıda sanayiinde kullanım olanakları. *Gıda*, 34: 337-324.
- Fasano, A., Catassi, C., 2001. Current approaches to diagnosis and treatment of coeliac disease, an evolving spectrum. *Gastroenterology*, 120(3):636-651.
- Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K., 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15:143-152.
- Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K., 2003a. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56:153-161.
- Gallagher, E., Kunkel, A., Gormley T.R., Arendt, E.K., 2003b. The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics, and on shelf life (intermediate and long-term) of gluten-free breads stored in a modified atmosphere. *European Food Research and Technology*, 218:44-48.
- Girgin, N., 2003. Çölyak hastalığının erken tanısında insan doku transglutaminazına karşı antikor taraması. T.C. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, 14 sayfa (Proje No: BAP 2002-08-09-085).
- Green, P.H., Jabri, B., 2003. Coeliac disease. *The Lancet*, 362(9381):383-391.
- Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C., Galotto, M.J., 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*, 18:241-247.
- Hamer, R.J., 2005. Coeliac disease: background and biochemical aspects. *Biotechnology Advances*, 23:401-404.
- Holtmeier, W., Caspary, W.F., 2006. Celiac disease. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 1(3):1-8.
- Jianmin, Y. ve M. Rongli. 1992. Processing technique and service methods of buckwheat flour jelly. *Shanxi Academy of Agricultural Science*, Vol. 4: 511-513.
- Kara, N. ve O. Yüksel. 2014. Karabuğdayı hayvan yemi olarak kullanabilir miyiz? *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 1: 295-300.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., Biliaderis, C.G., 2007. Effects of hydrocolloids

- on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79:1033-1047.
- Li, Z. ve Q. H. Zhang. 2001. Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 41: 451-464.
- Lin, L., H. Liu, Y. Yu, S. Lin ve J. Mau. 2009. Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread. *Food Chemistry*, Vol. 112: 987-991.
- Lundin, K., Nilsen, E., Scott, H., Logberg, E., Gjoen, A., Bratlie, J., Skar, V., Mendez, E., Lovik, A., Kett, K., 2003. Oats induced villous atrophy in coeliac disease. *Gut*, 52:1649-1652.
- Mahmoud, R.M., E.I. Yousif, M. G. Cadallah ve A. R. Alawneh. 2013. Formulations and quality characterization of gluten-free Egyptian balady flat bread. *Annals of Agricultural Sciences*, Vol. 58: 19-25.
- Mariotti, M., M. A. Pagani ve M. Lucisano. 2013. The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. *Food Hydrocolloids*, Vol. 30: 393-400.
- McCarthy, D.F., Gallagher, E., Gormley, T.R., Schober, T.J., Arendt, E. K., 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal Chemistry*, 82(5):609-615.
- Mendoza, N., McGough, N., 2005. Coeliac disease: an overview. *Nutrition and Food Science*, 35(3):156-162.
- Moore, M.M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H.M., Arendt, E.K., 2006. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chemistry*, 83(1):28-36.
- Peng, L., S. Wang, L. Zou, J. Zhao ve G. Zhao. 2012. HPLC fingerprint of buckwheat from different habitats and varieties. *Phcog Journal*, Vol. 31: 5-10.
- Rajbhandari, P. 2004. Eco-physiological aspects of common buckwheat. *Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat*. 101-108. 2004, Prague.
- Ran, B. ve Y. Soon. 2000. Study on Bread-Marking Quality with Mixture of Buckwheat-Wheat Flour. *Food of Agriculture Organization of the United Nations*, Vol. 29: 2.
- Rosell, C.M., Rojas, J.A., de Barber, C.B., 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15:75-81.
- Rufeng, N., L. Enqi, C. Chuangki ve Z. Jiangping. 1995. A Study of the production of healthy biscuit made with tartary buckwheat grown in North China. *Current Advances in Buckwheat Research*, 861-865.
- Schober, T.J., Messerschmidt, M., Bean, S.R., Park, S.-H., Arendt, E.K., 2005. Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, 82(4):394-404.
- Skrabanja V., H. Elmstahl, I. Kreft ve I. Bjorck. 2001. Nutritional properties of starch in buckwheat products studies in vitro and in vivo. *J Agr Food Chem*, Vol. 49: 490-496.
- Skrabanja, V., H. Laerke ve I. Kreft. 1998. Effects of hydrothermal processing of buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) groats on starch enzymatic availability in vitro and in vivo in rats. *Journal of Cereal Science* Vol. 28: 209–214.
- Torbica, A., M. Hadnadev ve T. Dapcevic. 2010. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, Vol. 24: 626-632.
- Weiser, H., 2004. Celiac disease. In: Wrigley, C., Corke, H., Walker, C.E. (Eds.), *Encyclopedia of Grain Science*. San Diego: Elsevier Academic Press, pp.179-187.
- Yarpuz, D. (2011). *Glutensiz Ekmek Üzerine Araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Yıldız, G. ve N., Bilgiçli. 2012. Effects of whole buckwheat flour on physical, chemical, and sensory properties of flat bread, lavaş. *Czech Journal Food Sciene*, Vol. 30: 534–540.
- Ylimaki, G., Hawrysh, Z.J., Thomson, A.B.R., 1991 Response surface methodology in the

development of rice flour yeast breads: sensory evaluation. *Journal of Food Science*, 56(3):751-759.