T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKŞİ HAMUR MİKROORGANİZMALARI KULLANIMININ KRAKERİN KALİTE VE BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ İLE GLİSEMİK İNDEKS ÜZERİNE ETKİSİ

Buse BÖLÜKBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ

Eş Danışman

Prof.Dr.Osman SAĞDIÇ

Şubat, 2023

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKŞİ HAMUR MİKROORGANİZMALARI KULLANIMININ KRAKERİN KALİTE VE BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ İLE GLİSEMİK İNDEKS ÜZERİNE ETKİSİ

Buse BÖLÜKBAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 13.02.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Eş Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Muhammet ARICI, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

_____

Dr. Öğr. Üyesi Elif ÇAKIR, Üye
İstanbul Aydın Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Ekşi Hamur Mikroorganizmaları Kullanımının Krakerin Kalite ve Biyoaktif Özellikleri ile Glisemik İndeks Üzerine Etkisi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Buse BÖLÜKBAŞ

İmza

Aileme

ve

değerli hocalarıma

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansım boyunca tezimin her aşamasında akademik destek, yardım ve yol göstermelerinden ötürü değerli tez danışmanım Dr.Öğr.Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ hocam başta olmak üzere bölümümüzde görevli tüm hocalarıma,

Tez çalışma sürecim boyunca gösterdiği destek yardımlarından ötürü Arş. Gör. Hatice BEKİROĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca her koşulda desteğini sonuna kadar gösteren, yanımda olan ve beni destekleyen sevgili annem babam ve kardeşime teşekkür ederim.

.

Buse BÖLÜKBAŞ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ viii

KISALTMA LİSTESİ ix

ŞEKİL LİSTESİ x

TABLO LİSTESİ xi

ÖZET xii

ABSTRACT xiv

1 GİRİŞ 1

1.1 Giriş 2

1.2 Tezin Amacı 2

1.3 Hipotez 2

2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 3

2.1 Ekşi Hamur Mikroorganizmaları 3

2.2 Kraker 7

2.3 Ekşi Hamur Mikroorganizmalarının Fırıncılık Ürünlerin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi 9

2.4 Ekşi Hamur Mikroorganizmalarının Glisemik İndeks Üzerine Etkisi 11

2.5 Ekşi Hamur Mikroorganizmalarının Fırıncılık Ürünlerinin Biyoaktif Özellikleri Üzerine Etkisi 12

3 MATERYAL VE METOT 14

3.1 Materyal 14

3.2 Metot 14

3.2.1 Hücre Süspansiyonunun Hazırlanması 14

3.2.2 Kraker Üretimi 16

3.2.2.1 Kontrol Krakeri Üretimi 16

3.2.2.2 Ekşi Hamur Mikroorganizmaları ile Kraker Üretimi 17

3.3 pH Analizleri 19

3.4 Kraker Hamurunda Dinamik Reolojik Analizler 19

3.5 Kraker Örneklerine Yapılan Fiziksel Analizler 19

3.5.1 Çap, Kalınlık Ölçümü 19

3.5.2 Tekstür Analizi 19

3.5.3 Renk Ölçümü 19

3.6 Tahmini Glisemik İndeks Değerinin Belirlenmesi 20

3.7 Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite Analizleri 20
3.8.1 Ekstraksiyon 20
3.8.2 Toplam Fenolik Madde 21
3.8.3 DPPH Yöntemi 21
3.8.4 ABTS Yöntemi 22
3.8 Duyusal Ananlizler 22
3.9 İstatistiksel Analizler 23
4 ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 24
4.1 Kraker Hamurlarının pH Değeri 24
4.2 Kraker Hamurlarının Dinamik Reoloji Ölçümleri 26
4.3 Kraker Örneklerinin Fiziksel Özellikleri 31
4.3.1 Kraker Örneklerinin Çap ve Kalınlık Özellikleri 31
4.3.2 Kraker Örneklerinin Tekstürel Özellikleri 32
4.3.3 Kraker Örneklerinin Renk Özellikleri 33
4.4 Kraker Örneklerinin Tahmini Glisemik İndeks Değerleri 36
4.5 Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite Özellikleri 38
4.5.1 Toplam Fenolik Madde 38
4.5.2 Antioksidan Kapasite 40
4.6 Kraker Örneklerinin Duyusal Özellikleri 42
5 SONUÇ VE ÖNERİLER 45
KAYNAKÇA 47
A KRAKER ÖRNEKLERİNİN DUYUSAL ANALİZ DEĞERLENDİRME FORMU 54
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 55

SİMGE LİSTESİ

n	Akış Davranış İndeksi
G’	Depolama Modülü
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
g	Gram
hz	Hertz
G”	Kayıp Modülü
a*	Kırmızılık
K	Kıvam Katsayısı
n*	Kompleks Viskozite
mL	Mililitre
mm	Milimetre
N	Newton
L*	Parlaklık Değeri
s	Saniye
cm	Santimetre
b*	Sarılık
°C	Sıcaklık (Celcius)
tan	Tanjant
%	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

K	Kontrol Krakeri
LP	*Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker
LB	Levilactobacillus brevis içeren kraker
SC	*Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker
LPLB	*Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker
LPSC	*Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker
LBSC	*Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker
LPLBSC	*Lactobacillus plantarum*, *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker
LAB	Laktik Asit Bakterileri
GI	Glisemik İndeks
HI	Hidroliz İndeks

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Hücre süspansiyonu hazırlama.....15
Şekil 3.2 Ekşi hamur mikroorganizmaları ile kraker üretimi.....18
Şekil 3.3 Kraker örneklerinde DPPH analizi.....22
Şekil 4.1 Kraker örneklerinin pH değerleri.....25
Şekil 4.2 Ekşi hamur mikroorganizmalarının kraker hamuru depolama modulü üzerine etkisi (G′).....27
Şekil 4.3 Ekşi hamur mikroorganizmalarının kraker hamuru kayıp modulü üzerine etkisi.....28
Şekil 4.4 Ekşi hamur mikroorganizmalarının kraker hamuru Tanδ değerlerine etkisi.....29
Şekil 4.5 Kraker örneklerinin renk özellikleri.....34
Şekil 4.6 Kraker örneklerinin glisemik indeks dağılımı.....38
Şekil 4.7 Kraker örneklerinin duyusal analiz genel beğeni değerleri.....44

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Sıklıkla izole edilmiş olan laktik asit bakterilerinin biyokimyasal özellikleri ve gelişmesi 5
Tablo 3.1 Kontrol kraker bileşenleri.....16
Tablo 4.1 Kraker örneklerinin dinamik reolojik ölçümleri.....30
Tablo 4.2 Kraker örneklerinin fiziksel özellikleri.....35
Tablo 4.3 Kraker örneklerinin hidroliz indeks ve glisemik indeks değerleri 37
Tablo 4.4 Kraker örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan değerleri ..40
Tablo 4.5 Kraker örneklerinin duyusal analiz değerleri.....43
Tablo A.1 Duyusal analiz değerlendirme formu 54

ÖZET

Ekşi Hamur Mikroorganizmaları Kullanımının Krakerin Kalite ve Biyoaktif Özellikleri ile Glisemik İndeks Üzerine Etkisi

Buse BÖLÜKBAŞ

Gıdar Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ

Eş-Danışman: Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ

Bu çalışmada, kraker hamurunda bulunan kimyasal kabartıcılar yerine ekşi hamur mikroorganizmaları kullanılarak düşük glisemik indeksli (GI) kraker üretimi gerçekleştirilmiş ve kalite özellikleri incelenmiştir. *Lactiplantibacillus plantarum*, *Levilactobacillus brevis*, *Saccharomyces cerevisiae* ve bu mikroorganizmaların kombinasyonları kraker hamuruna eklenerek üretim gerçekleştirilmiştir. Bu mikroorganizmaların hamura eklenmesiyle hamur pH'ları arasında istatistiksel açıdan farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Kimyasal kabartıcı olarak sodyum bikarbonat içeren kontrol hamuru en yüksek pH değerini verirken *L. plantarum* ve *S. cerevisiae* kombinasyonu ile *L. brevis* ve *S. cerevisiae* kombinasyonu en düşük pH değerini vermiştir. Ekşi hamur mikroorganizmalarının dahil edilmesiyle birlikte krakerlerde kalınlık kontrol krakerlerine göre önemli ölçüde artmıştır ($p < 0,05$). En yüksek çap değeri ise kontrol krakerinde görülürken, en düşük çap değeri *L. plantarum* eklenen krakerde görülmüştür. Kontrol krakeri ve sadece *S. cerevisiae* içeren kraker örneği, diğer krakerlere oranla daha düşük parlaklık (L*)

değerinde oldukları gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). *L. brevis* ve *S. cerevisiae* mikroorganizmalarının bir arada kullanıldığı krakerler en yüksek sertliğe sahip iken, sadece *S.* cerevisiae içeren kraker en düşük sertlik değerine sahip olmuştur. Ekşi hamur mikroorganizmalarının, kraker hamurunun dinamik reolojik özellikleri üzerine etkisi de incelenmiş ve tüm numuneler için depolama modulünün (G′) kayıp modulünden (G″) yüksek olduğu görülmüştür. Ekşi hamur mikroorganizmaları ilavesi ile, krakerlerin GI değerleri düşmüştür. En düşük GI değerine sahip kraker örneği *Lactiplantibacillus plantarum*, *Levilactobacillus brevis*, *Saccharomyces cerevisiae* bir arada kullanıldığı krakerlerde (GI 52) tespit edilmiştir. Ekşi hamur mikroorganizmaları ilave edilen krakerlerde toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite (DPPH ve ABTS), kontrole göre artmıştır ($p<0,05$). Duyusal analiz sonuçlarına göre panelistler tarafından en az beğenilen kraker, kontrol krakeri olurken en yüksek genel beğeni puanına sahip kraker, sadece *L.brevis* içeren kraker olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ekşi Hamur Mikroorganizmaları, kraker, kalite, glisemik indeks.

ABSTRACT

The Effect of the Use of Sourdough Microorganisms on the Quality and Bioactive Properties of Crackers and the Glycemic Index

Buse BÖLÜKBAŞ

Department of Food Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Dr.Öğr.Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ

Co- supervisor: Prof. Osman SAĞDIÇ

In this study, low-glycemic index cracker production was performed by using sourdough microorganisms instead of chemical leavening agents in cracker dough and their quality characteristics were investigated. *Lactiplantibacillus plantarum*, *Levilactobacillus brevis*, *Saccharomyces cerevisiae* and their combinations were used in the cracker production. A statistical difference was found with the addition of these microorganisms into dough formulation in terms of pH value ($p < 0.05$). The highest pH value was observed in control dough containing sodium bicarbonate as chemical agent while the lowest pH value was observed in the combination of *L. plantarum* and *S. cerevisiae* and the combination of *L. brevis* and *S. cerevisiae*. The thickness of the crackers increased significantly compared to the control crackers with the addition of sourdough microorganisms ($p < 0.05$). The highest diameter value was observed in the control cracker, while the lowest diameter value was observed in the cracker containing *L. plantarum*. The lowest

lightness (L*) value was observed in the control cracker and the cracker containing only *S. cerevisiae* ($p < 0.05$). The crackers produced with the combination of *L. brevis* and S. *cerevisiae* had the highest hardness value while the cracker produced with only *S. cerevisiae* showed the lowest hardness value. The effect of sourdough microorganisms on the dynamic rheological properties of cracker dough was also investigated and it was observed that the storage modulus (G') was higher than the loss modulus (G'') for all samples. According to the sensorial evaluation, the control cracker had the lowest score while the cracker produced with *L. brevis* had highest score. The glycemic index values decreased with the addition of sourdough microorganisms. The cracker sample with the lowest glycemic index value was realized in crackers where *Lactiplantibacillus plantarum*, *Levilactobacillus brevis*, *S. cerevisiae* were used together. Total phenolic substance and antioxidant properties increased in crackers to which sourdough microorganisms were added.

Keywords: Sourdough microorganism, cracker, quality, glycemic index

1
GİRİŞ

1.1 Giriş

Son yıllarda ekşi hamur ilaveli unlu mamuller endüstriyel üretime yeniden kazandırılmaktadır. Bu durum tüketicilerin daha doğal ve lezzetli gıdalara yönelmek istemesi aynı zamanda besin değeri yüksek ve sağlık üzerine faydalı ürünlere yönelik artan bir talebin sonucudur.

Ekşi hamurun, ekmek üretiminde kullanılması en eski biyoteknolojik süreçlerden biridir. Ekşi hamur, hamurun unun doğal olarak bulunan mikro-florasında fermente edilmesiyle veya bir veya daha fazla seçilmiş laktik asit bakterisi (LAB) ve maya türünden oluşan başlangıç kültürü eklenmesiyle yapılır [1].

Ekşi maya kullanımı ürünün dayanıklılığını artırır ve lezzetini etkiler. LAB fermantasyonunun ana ürünü olan laktik asit, hamur asitliğini arttırır, istenmeyen mikroorganizmaların üremesini engeller, ürünün raf ömrünü uzatır ve lezzeti etkiler [1].

Glisemik indeks (GI), tüketildikten sonra kan şekerini yükseltme kapasitelerine göre gıdalara atanan sayısal bir değerdir [2]. Yüksek glisemik indeks değeri istenmeyen bir durumdur ve düşürülmesi ile alakalı farklı araştırmalar yapılmaktadır.

Ekşi hamur fermantasyonu, hamur fermantasyonunun en eski yöntemidir, maya ve LAB'ların yardımıyla gerçekleşir ve glisemik indeksi düşürür. Ekşi hamurlu ekmek tüketimi, tokluk kan şekerini ve insülin tepkisini azaltır. Bu mekanizma, ekşi hamurda üretilen laktik ve asetik asitler gibi organik asitlerin tahmini glisemik indeksini neden düşürdüğünü açıklayabilir. Asetik asitin, gastrik boşalmada bir gecikme ile ilişkili olduğu görülür. Laktik asit ise hamur pişirme sırasında nişasta ve gluten arasındaki etkileşimleri indükler ve nişasta mevcudiyetini azaltır [3].

Ekşi hamuru kullanımının genişletilerek, bisküvi, pizza, aperatif yiyecekler gibi diğer ürünlere katılması sağlıklı, lezzetli ve kullanışlı yiyecekler elde etmede faydalı olduğu görülmüştür [4].

1.2 Tezin Amacı

Günümüzde tüketicilerin sağlıklı atıştırmalıklara daha fazla yöneldiği, katkı maddesi az fakat lezzetli ürünler tercih etmektedir. Fırıncılık ürünlerinde ekşi hamur kullanımı, son ürünün raf ömrü ve duyusal özelliklerini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Ayrıca, sağlığa faydalı bileşenlerde ekşi hamur fermantasyonu ile oluşmaktadır.

Tezin amacı, ekşi hamur mikroorganizmaları ile üretilen krakerlerde tekstür, reoloji, renk, kalınlık ve çap gibi son ürünün kalite özelliklerini belirleyen kalite parametrelerini araştırmak ve ekşi hamur mikroorganizmalarının kraker içerisine ilavesiyle glisemik indeks değerini azaltmak, toplam fenolik ve antioksidan kapasitelerini iyileştirmektir.

Bu kapsamda, kraker hamuruna, kimyasal kabartıcı yerine LAB türleri (*Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis*) ve maya (*Saccharomyces cerevisiae*) tek başına ve kombinasyonları ilave edilmiş ve , krakerin glisemik indeks değeri, biyoaktif özellikleri (toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite) ve kalite parametreleri araştırılmıştır.

1.3 Hipotez

Ekşi hamur fermantasyonu fırıncılık ürünlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve sağlığa faydalı bileşenler ürettiği ve son ürünün kalite özelliklerini ve raf ömrünü etkilediği bilinmektedir.Bu bilgiden yola çıkarak, ekşi hamur mikroorganizmalarının, krakerde kullanılması ile glisemik indeksin azaltılabileceği hipotezi kurulmuş ve bu kapsamda ayrıca krakerin biyoaktif özellikleri (toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite) ve kalite parametreleri de araştırılmıştır.

2
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Ekşi Hamur Mikroorganizmaları

Bilinen en esi tahıl fermantasyonu, ekşi hamur fermantasyonudur. Ekşi hamurun antik zamanlardan beri kullanıldığı bilinmektedir. Yapılan kazı çalışmalarına göre Mısır'da MÖ 5000 yılından kalma mayalanmış hamur kalıntıları bulunmuştur. Mısır lehçesinde, fermantasyon ve ekmeğin telaffuzu aynı Arapça terimini kullanır, yani hayat anlamına gelir. Yüzyıllardan beri, Katolik dini mayalanmayı ve ekmeği anlamını metaforlarla geliştirirler; "Ebedi Yaşamın Yiyecekleri" en bilinen metaforlardan biridir [5].

Geçmişe dayanan bu tarihsel izlenebilirliğe rağmen mayalanmış fırıncılık ürünlerinde maya fermantasyonu yaklaşık 30 yıllık bir süreçte bilimsel alanda ilgi çekmiştir [6]. Son zamanlarda sıvı ekşi starter kültür içeren hamurlar ve kurutulmuş toz haldeki ekşi hamurlar geliştirilerek popüler hale getirilmiştir [7].

Ekşi hamur en bilinen tanımıyla laktik asit bakterileri ve mayalar tarafından kendiliğinden fermente edilen, asitleştirme ve mayalama kapasitelerine sahip bir un ve su karışımı olarak tanımlanır. Çoğunlukla ekmek mayası ve kimyasal mayalamaya alternatif olarak unlu mamuller yapmak için kullanılır [6].

Unlu mamuller sektöründe önemli bir yere sahip olan ekşi maya, unlu mamul teknolojisinde ekmek, tatlı unlu mamüller, kraker, pizza gibi ürünlerin üretiminde endüstriyel mayaya alternatif olarak kullanılmaktadır [5].

Günümüzde katkı maddeleri kullanımını en aza indirerek raf ömrü uzun, lezzetli ve besleyiciliği olan gıda ürünleri tercih edilmektedir. Ekşi hamur, hamurun teknolojik özelliklerini, ürünün duyusal karakterini, besin değerini ve raf ömrünü geliştirmek, iyileştirmek gibi sağladığı avantajlar sebebiyle tüketiciler açısından büyük önem taşımaktadır [4], [8].

Ekşi hamurun LAB ve maya kompozisyonu ve bununla birlikte üretim koşulları karakteristik özelliklerini belirler. Sahip oldukları mikrobiyal yük nedeniyle LAB

tarafından asidifikasyon, maya ve LAB tarafından ise aroma oluşumu ve CO_2 üretimi gerçekleşir. Sonucunda ise pH oranında azalma ve daha iyi bir hamur yapısı ve lezzet elde edilir [9].

Ekşi hamur çeşitleri, Tip 0, Tip I, II, III ve IV olmak üzere gruplandırılmıştır [10-12].

Tip 0 ekşi hamuru, LAB'ların fırıncı mayasını (*Saccharomyces cerevisiae*) kontamine ettiği ön-hamurlardır (pre-doughs) [10].

Tip I geleneksel tekniklerle üretilen ekşi hamurlardır. Hamur 20-30 °C'de bir önceki ekşi hamur kullanılarak günlük olarak tazelenir. pH oranı 4-4,5 olana kadar işlem devam ettirilir.

Tip II ekşi hamur genelde endüstriyel alanda kullanılan ekşi hamurlardır. Fermantasyon sürecini başlatmak için uygun suşlar seçilir, tek aşamalı ve sürekli çoğaltma yapılan fermantasyon yöntemidir. Tip II ekşi hamurlarında genellikle mikroorganizmalar *L. brevis, L. pontis, L. reuteri, L. johnsonii, L. fermentum. L. delbrueckii, L.sanfranciscensis L. acidophilus, L. amylovorus ve L. frumentii'dir.*

Tip III ekşi hamur ise toz formda ve kurutulabilen ekşi hamurlardır. Uygun suşlar tarafından fermente edilerek üretilmişlerdir. Ekmek için tat ve asitlik açısından önemli rol oynamaktadır [11].

Tip IV ekşi hamuru ise Tip I ve Tip II'nin kombinasyonundan oluşmaktadır [12].

LAB'lar genel olarak tanımlanacak olursa; spor oluşturmayan, gram pozitif, katalaz negatif, uzunlukları 1,5- 5 μm arasında olan, sitokroma sahip olmayan, kok ve çubuk şeklinde olan asidi tolere edebilen, kuvvetli fermantatif ve basit şekerler olan heksozları kullanarak yaptığı fermantasyon esnasında son ürün olarak laktik asit üretirler. Laktik asit bakterilerinin günümüzde gıda sektöründe kullanılan temelde yararlı ve patojen olmayan bakterileri; *Carnobacterium, Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Oenococcus, Pediococcus, Streptococcus, Tetragenococcus, Vagococcus* ve *Weissella* gibi cinslerin türlerini kapsamaktadır.

Genelde laktobasiller mezofilik bazı türlerde ise psikotropil, termodurik ya da termofilik türü bakterileri de kapsamaktadır. Optimim gelişme sıcaklıkları 30-45

°C arasındadır. Bazı türleri tuz, ozmotik basınç ve düşük su aktivitesine karşı oldukça yüksek tolerans göstermektedir Aside dayanıklılardır ve pH 4.4'ün altında gelişebilmektedirler. Optimum pH ise 5,5-6,5'tir [13], [14].

Arora vd. [6], yaptıkları çalışmaya göre; son 30 yılda ekşi hamurdan izole edilen laktik asit bakterilerinde; *Lactobacillus* cinsi çeşitli şekillerde tespit edilebilen 82 türle büyük ölçüde ekşi hamurda en bol bulunan cins olduğunu bildirmişlerdir. En fazla görülen türler sırasıyla *L. plantarum* olurken devamında ise *L. brevis* ve *L. sanfranciscencis* olduğunu, maya olarak ise en fazla görülen türü *S. cerevisiae* olarak belirtmişlerdir.

Tablo 2.1'de genellikle izole edilmiş olan laktik asit bakterilerden bazılarının gelişmeleri ve biyokimyasal özellikleri verilmiştir.

Tablo 2.1 Sıklıkla izole edilmiş olan laktik asit bakterilerinin biyokimyasal özellikleri ve gelişmesi [14].

Kültür	*L. brevis*	*L. plantarum*
Min. Sıcaklık	10 °C	10 °C
Opt. Sıcaklık	37 °C	37 °C
Maks. Sıcaklık	45 °C	45 °C
pH Değer Aralıkları	3,6-7	3,6-7
Tuz		
%2,5	Hafif inhibasyon	Hafif inhibasyon
%5	Güçlü inhibasyon	Güçlü inhibasyon
Glikoz	Heterofermantatif	Fakültatif Heterofermantatif
Fruktoz	+	+
Maltoz	+	+
Laktoz	+	-
Sakkaroz	-	-
Nişasta	-	-
Ana dönüşüm Ürünleri	DL-Laktik Asit, Asetik asit, Etanol, Co_2	L (+) laktik asit

Laktobasiller fermentatif bakteriler olup şekeri fermente etme yeteneklerine göre homofermentatif ve heterofermentatif olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Homofermantatifler glikoz fermantasyonunun sonunda tek başına veya baskın olarak laktik asit üretir. Embden- Meyerhof- Parnas yolu kullanılarak bir glikoz molekülüne karşı laktik asit üretirler.

Heterofermantatifler ise laktik asit ve asetik asitin yanı sıra glukozdan heksoz fosfoketolaz yolu ile diasetil, CO_2 ve etanol üretirler [16],[17]. Ekşi hamur fermantasyonlarında, mayalar, homofermantatif ve heterofermantatif LAB ile genellikle simbiyotik bir yaşam sürerler [18].

Lactiplantibacillus plantarum ekşi hamurlardan izole edilen en sık görülen fakültatif heterofermantatif türlerden biridir. Heksozlardan laktik asit ve bazı pentozlardan laktik asit, asetik asit, etanol üretir. Pentozlardan üretilen laktik asit harici bileşenler sebebiyle fakültatif heterofermantatif de sayılabilir. *L. plantarum* türleri gram-pozitif, hareketsiz ve spor oluşturmayan bakterilerdendir. Çubuk şeklindedirler. Hızlı asit üretimi gösterirler.Yapılan bir çalışmaya göre doğal fermente edilen ekşi hamurlardan elde ettikleri *L. plantarum* suşlarını araştırdıkları çalışmalarında hamurun pH derecesini 3,6-4,3 değerlerine düşürebildiklerini bildirmişlerdir [19].

L. plantarum gelişmelerini hızlandırabilmek için ilk olarak maltoz ve glikozu kullanırlar sükroz daha az tercih edilir. Aromatik bileşikleri oluşturmasından dolayı gıda fermantasyonlarında starter kültür olarak kullanılır ve ticari bir öneme sahiptir [14], [20].

Levilactobacillus brevis bakterileri heterofermantatiflerdir ve çubuk şeklindedirler. Katalaz negatif ve aside karşı tolerans gösterirler. Optimum pH aralıkları 4,0-7,0'dir. Genellikle 15 °C' de gelişim gösterirler. Ekşi hamurlardan en sık izole edilen türlerden biridir. Fermente gıdalarda üretimi oldukça yaygındır. *L. brevis* enzim üretimi, etanol, laktik asit ve bazı aromatik uçucuların üretiminde kullanılmaktadır. Oluşturdukları asetik asit ve laktik asit oranına bakıldığında, asetik asit:laktik asit oranı yaklaşık olarak 1:4'tür [21].

Mayalar anaerobik ortamda şekerleri fermente ederek CO_2 oluşumu sağlarlar. Ekşi hamurdaki mayalar CO_2, etil alkoli laktik asit, asetik asit, aminoasit gibi bileşenleri

oluşturarak tat ve aroma gelişimini sağlarlar. Oluşturdukları bu bileşenler sayesinde pH oranını düşürerek, hamur akışkanlığını azaltırlar ve tekstür ve hacimi iyileştirirler [22]. Ekşi hamurda en sık izole edişlen suşlar *Candida milleri* ve *Saccharomyces cerevisiae* olduğu görülmüştür [23].

Fırıncı mayası veya kısaca 'maya' olarak da bilinen *S. cerevisiae*, ekmek ve ekşi hamurlarda en yaygın maya türüdür. Fırıncı mayalarının bira üretiminin artıklarından elde edildiği 19. yüzyıldan beri başlangıç kültürü olarak kullanılmaktadır. Hamurda üç şeker kategorisi bulunur:

a) unda bulunan doğal şekerler (glikoz, sükroz, fruktoz ve maltoz dahil),

b) fırıncılar tarafından eklenen şekerler ve

c) nişastanın amilolitik parçalanmasıyla salınan maltoz

Maya hücreleri sakaroz, maltoz ve nişasta gibi daha karmaşık karbonhidratları parçalayarak glikoz ve fruktozu karbondioksit ve etanole dönüştürür. Nişastadan un veya maltta bulunan amilazlar yardımıyla maltoz, dekstroz ve sükroz üretilirken, hamuran eklenen maya ilavesiyle birlikte glikoz ve fruktoz, karbondioksit ve etanole dönüştürülür.

Şeker fermantasyonu nedeniyle maya hücreleri, unlu mamullerde mayalayıcı bir madde olarak kabul edilir, bu da fermantasyon gazlarından ekmek hamuru hacminin artmasına ve dolayısıyla ürünün yapısında değişikliklere, tadına ve aromasına katkıda bulunan organik asitlerin ve uçucu ürünlerin sentezine yol açar [24].

2.2 Kraker

Atıştırmalık yiyecekler, diyetin ayrılmaz bir parçasıdır ve bir süredir ticari olarak büyük ölçekte kullanılmaktadır. Krakerler, tüketiciler arasında büyük talep gören yumuşak buğday unundan yapılan ve dünya çapında çokça tüketilen, az nemli fırınlanmış atıştırmalık ürünlerdir [25], [26].

Krakerler ilk olarak 1792 yılında Massachusetts'li Theodore Pearson tarafından sadece un ve su kullanılarak pişirilen gıdalar olarak adlandırılmıştır. İlk olarak Pearson'ın pilot krakeri seçilmiş olsa da, daha uzun raf ömrüne sahip krakerler denizciler tarafından geliştirilmiştir ve"deniz bisküvisi" olarak isimlendirilmiştir.

Krakerler şu anda atıştırmalık pazarında önemli bir paya sahiptir ve özellikle fonksiyonel gıdalar alanında yeni ürün geliştirme için önemli fırsatlar sunmaktadır [27].

Ayrıca kraker, az ya da çok şekersiz, tuzlu, kıtır ve az yağlı kurabiye olarak tanımlanabilir. Tahıl ürünleri, özellikle unlu mamuller, tüketici beslenmesinde en çok temsil edilen ürünlerden biridir ve bu ürünlerin çeşitlerinin işlevsellik açısından geliştirilmesi, nüfusun genel sağlığını iyileştiren gıdaların kullanımına bir katkı sağlayabilir [28].

Krakerler, kolaylıkları ve istikrarlı raf ömürleri nedeniyle geleneksel olarak hazırlanır ve tüketilir ve sodalı krakerler veya tuzlu krakerler, atıştırmalık krakerler ve aromalı (çeşnili) krakerler olmak üzere üç geniş çeşidi içerir [29].

Soda krakerler; İki aşamada gerçekleşir ilk olarak ön fermantasyon işlemi 16-20 saat arasında uygulanır ikinci aşama olarak ise 3-6 saat süren fermantasyon işlemi gerçekleşir [30].

Atıştırmalık Krakerler; Fermantasyon sürecine tabi tutulmazlar. Sodyum ve amonyum bikarbonat gibi kimyasal kabartıcılar kullanılarak üretilirler. Yağ oranı daha yüksektir ve aroma verici maddeler kullanılır.

Aromalı Krakerler; Genellikle fermantasyon işleminden sonra krakerlere aroma vermek amaçlı baharat, peynir gibi ürünler katılarak lezzeti arttırmak hedeflenir [29].

Krakerlerin üretiminde kullanılan bileşenler, krakerlerin yapısı üzerinde büyük önem taşımaktadırlar. Geleneksel olarak, krakerler yumuşak buğday unundan yapılır. Yapılan çalışmaya göre krakerdeki suyun plastikleştirici olarak işlev gördüğünü ve artan su içeriğinin camsı geçiş sıcaklığının düşmesine neden olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca buğday krakerindeki gluten, mekanik değişiklikler ve gevreklik gibi tekstür değişikliklerinden sorumlu ana bileşendir ve artan su içeriği krakerlerin çıtırlığını azalttığını bildirmişlerdir [31].

Krakerlerde bulunan yağ ise formülasyona katılacak su miktarı, hamur yapısı, hamurun işlenme kabiliyeti ve hamur yayılma özelliği, krakerin dokusu, görünümü gibi birçok özelliği etkileyerek tat ve aroma kalitesini etkiler. Tekstür

ve hamurun reolojik özelliklerinde önemli rol oynar. Yağın yumuşatıcı etkisi hamur kıvamını değiştirir. Hamur kıvamı hamurun uygun yumuşaklık, yapışkanlık, esneklik ve uzayabilirlik özelliğinde olmasıdır [32].

Su, hamur kıvamında oldukça etkilidir. Su oranının artmasıyla birlikte hamurun kıvamında azalma meydana gelir. Su miktarı azaldıkça ise hamur daha sert ve kıvamı artmış hale gelmektedir. Aynı zamanda su çözücü olarak görev aldığı için içerisinde çözünen kimyasallar örneğin amonyum bikarbonat hamurun pH'sını arttırır. pH oranının artması da gluten ağının zayıflaması ve kıvamın azalmasına sebep olur [33]. Krakerlerde hamuru etkileyen bir diğer bileşen ise kabartıcılardır. En sık kullanılan kabartıcı olan sodyum ve potasyum bikarbonat ucuz, güvenilir tatsız ve kokusu olmaması sebebiyle fazlaca tercih edilir. Aynı zamanda kabartıcıların pH'sının hamur üzerinde etkisi yüksektir. Sodyum bikarbonatın düşük pH değeri tercih edilmesinin sebeplerinden biridir [34].

2.3 Ekşi Hamur Mikroorganizmalarının Fırıncılık Ürünlerinin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi

Ekşi hamur fermantasyonu sırasında, kimyasal bileşimin yanı sıra mikrobiyal durum, davranış, viskozite ve hamur kalınlığı değişir, böylece ekşi hamurun kullanımı ürünün teknolojik özelliklerini, yapısını, besin değerini ve lezzetini değiştirir [1].

Yapılan çalışmalar sonucu ekşi hamur fermantasyonunun, ekmek, yuvarlak ekmek, tost ekmeği, hamburger ekmeği, pizza, bisküvi, kek, kraker ve puf böreğinin reolojik özelliklerini iyileştirdiği gözlemlenmiştir [35], [36]. Reoloji üzerindeki bu etkiler aynı zamanda seçilen suşlara bağlı olarak değişmektedir. *Lactobacillus amylovorus, L. plantarum, L. brevis* ve *Leuconostoc citreum* reoloji özelliklerini iyileştirmede önemli rol oynadıkları bildirilmiştir [6].

LAB ve mayaların simbiyotik bir şekilde ekşi hamurda bulunmalarının sonucunda heterofermantatif laktik asit bakterileri hamurun kabarmasını sağlarken, homofermantatif laktik asit bakterileri ise ekmeğin elastikiyetinden, asitlik ve lezzetinde büyük önem taşırlar [37]. Ekşi hamur fermantasyonu, şekeri azaltılmış kekler, bisküviler ve çöreklerdeki kalite kayıplarının üstesinden gelerek benzer

spesifik hacimde tam şeker kontrolü sağlayarak daha yumuşak iç kısımlara katkıda bulunduğu bildirilmiştir [38].

Genel olarak ekşi hamur ekmeklerindeki uçucu bileşenler: alkoller, karboniller, esterler, asitlerdir. Bu uçucu bileşenler asidik tat ve koku, yoğun ağızda kalan tat ve aroma, belirgin iç ve kabuk rengi, kabuk gevrekliği, tazelik, meyvemsi tat, yüksek gözeneklilik ve ekşilik, gibi kalite özelliklerini iyileştirici etkiyi sağlarlar. Uçucu bileşenlerin sentezi türe özgüdür, *Lactobacillus acidophilus, L. brevis, Lactobacillus curvatus, L. fermentum, Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus sakei, Lactobacillus sanfranciscensis* ve esas olarak *L. plantarum*'un fırıncı mayasına göre daha yüksek ve daha geniş uçucu bileşen spektrumu sağlar [39].

Lactobasil'den üretilen polimerlerin, hamur ve ekmeğin aşağıdaki teknolojik özelliklerinden bir veya daha fazlasını olumlu şekilde etkilemektedir hamurun su emilimi, hamur reolojisi ve işlenebilirlik, donmuş depolama sırasında hamur stabilitesi, ekmek hacmi ve ekmek bayatlaması örnek olarak verilebilir [40]. Mayalı unlu mamullerin lezzeti ham maddelerden, ekşi hamur fermantasyonundan, starter kültürlerin türünden ve mayalama ve pişirme koşullarından etkilenir. Laktik asit ve asetik asit arasındaki oran, nihai ekmeğin aromasını etkileyen önemli bir faktördür ve fermente eden mikroorganizma, fermentasyon sıcaklığı ve unun türünden etkilenir [41].

Ekşi hamurun sağladığı düşük pH değerleri, un amilazının enzim aktivitesini ve nişastanın hidrolizini azaltır, bu da sonuç olarak raf ömrünü ve ürün kalitesini etkiler [42]. Fermantasyon sırasında üretilen asitler, hamurun karışma davranışını güçlü bir şekilde etkiler ve daha düşük pH değerine sahip hamur, biraz daha kısa karıştırma süresi gerektirir [43]. Ekşi mayalı ekmekler, fırıncı mayasıyla hazırlanan ekmeğe kıyasla nemli, yoğun taneli ve oldukça çiğnenebilir bir dokuya sahiptir [4].

Ekşi hamurla ilişkili LAB, organik asitler, CO_2, etanol, hidrojen peroksit, diasetil, yağ asitleri, fenillaktik asit, reuterin ve fungisinler gibi birçok antimikrobiyal madde üretir [44]. Ayrıca *L. plantarum* çok geniş bir antimikrobiyal aktivite gösterir ve antifungal bileşikler olan 4-hidroksifenillaktik ve özellikle fenillaktik asitlerin mantar inhibisyonundan sorumlu olduğu tespit edilmiştir [45].

2.4 Ekşi Hamur Mikroorganizmalarının Glisemik İndeks Üzerine Etkisi

Glisemik indeks 1980 yıllarında Jenkins ve vd. [46] tarafından oluşurulan bir kavramdır. Karbonhidratların glikoz ve kan düzeyleri üzerindeki etkisin niceliksel olarak sınıflandırma sistemi olarak kullanılmaktadır.

Glisemik indeks 50 g karbonhidrat içeren deneme yiyeceğinin 2 saat içerisinde kandaki glikoz artış alanının aynı oranda karbonhidrat içeren referans yiyeceklerin oluşturduğu kandaki glikoz artış alanı ile kıyaslanmasıdır [47]. Bir diğer tanım ile Glisemik indeks (GI), tüketildikten sonra kan şekerini yükseltme kapasitelerine göre gıdalara atanan sayısal bir değerdir. Yiyecekler yüksek (≥70), orta (69 ile 55 arasında) ve düşük (≤55) GI olarak sınıflandırılır. Gıdalardaki GI'nin hesaplanması, gıdalardaki karbonhidrat miktarının, mevcut karbonhidrat türüne bağlı olarak kan şekerini nasıl yükselttiğini tahmin eden Glisemik Yük (GL) kavramını ortaya çıkarır ve dolayısıyla her gıda (veya karbonhidrat) farklı glisemik tepki gösterir [48].

Nişastanın yapısındaki amiloz ve amilopektinin mol ağırlığı ve dallanma şekli nedeniyle sindirimde farklılıklar oluşur bu durum glisemik indeksi etkiler. Gıdaya yapılan işlemler ve emilimleri de glisemik indeks değeri üzerinde etki gösterir. Fitalatlar, lektin, saponin tanin, enzim inhibitörleri de glisemik indeks değerinin değişiminde rol oynar. Nişasta granüllerinin etrafında sarmalanan proteinler ağ oluşturarak nişasta emilimini azaltır. Gıdaya yapılan işlemler ve emilimleri de glisemik indeks değeri üzerinde etki gösterir [49].

Düşük glisemik indeksli diyetin sağlık üzerine sağladığı faydalar aşağıda belirtilen mekanizmalar ile açıklanabilir:

(1) karbonhidratların üst gastrointestinal sistemde kademeli olarak salınması;

(2) insülin talebinin düşürülmesi ve

(3) diyet lifi ve dirençli nişasta gibi yaygın olarak yüksek yoğunluklu sindirilemeyen karbonhidrat numunelerinin kolondaki fermantasyon aktivitesini artırması. [50].

Ekşi hamur laktobasilleri ile fermente edilen ekmekler, kimyasal olarak asitlendirilmiş ekmeklere göre daha düşük oranda nişasta hidrolizi göstermiştir [51]. Diyet lifi dahil olmak üzere ekmek kalitesini artırmak için bir seçenek, ekşi hamur biyoteknolojisinin kullanılmasıdır. Ekşi hamur fermantasyon işlemi veya ekmek yapımı sırasında doğrudan laktik, asetik ve propiyonik asitlerin eklenmesi, yemek sonrası kan glukoz seviyesini ve insülin yanıtlarını azaltmıştır. Ekşi hamur pH seviyesini düşürür ve düşük pH değerine sahip yiyecek ve içecekler de postprandial glisemiyi geciktirdiği bildirilmiştir [52].

Kepekli buğday ekmeğine ekşi hamur eklenmesinin, normal kepekli buğday ekmeğine kıyasla yemek sonrası glikoz ve insülin yanıtlarını düşürdüğü gösterilmiştir [53].

2.5 Ekşi Hamur Mikroorganizmalarının Fırıncılık Ürünlerinin Biyoaktif Özellikleri Üzerine Etkisi

Fermantasyonla ve starter kültür seçimi ile gıda ürünlerini, biyoaktif bileşikler açısından zenginleştirmek yeni bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır [54], [55].

Yapılan çalışmalarla fermantasyonun fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu ve unun anti-oksidatif aktivitesini etkileyebileceği, fitokimyasalların seviyeleri ve biyoyararlanımı üzerinde belirgin etkiye sahip olabileceklerini göstermiştir [1],[56]. Ayrıca, ekşi hamur fermentasyonu ile belirli biyoaktif bileşiklerin hem kompozisyonu hem de miktarı değiştirilebilir [1]. Ekşi maya fermantasyonu sürecinde hamur matrisi gevşer ve daha fazla ekstrakte edilebilir polifenoller açığa çıkar. Moroni ve vd. [57], karabuğday ununun ekşi maya fermantasyonunun, buğday bazlı ekmeğe kıyasla fitat içeriğinde önemli bir azalmaya ve polifenol içeriğinde iki kat artışa neden olduğunu ortaya koydu. Diyet polifenolleri, glisemik ve insülin indekslerini etkileyen iyi bilinen antioksidanlar, antikanserojenler veya antimutajenlerdir. Buğdayın başlıca fenolikleri ferulik asit, siringik asit, salisilik asit, sinnamik asit, vanilik asit, kafeik asit ve klorojenik asittir. Ekşi hamur fermantasyonu, toplam fenolikler ve serbest ferulik asit seviyesini arttırır [58].

Genel olarak, fenolik asitler, diyet fenollerinin neredeyse üçte birini oluşturur. Ya sitoplazmada çözünür formda bulunurlar ya da bitki hücre duvarına kovalent

olarak bağlanırlar. *L. plantarum* ve *Lactobacillus rhamnosus*'un spesifik glikozil hidrolazları, bitki hücre duvarı matrisini parçalayarak, bağlı fenolik bileşiklerin salınmasına yol açar. Genellikle ekstrakte edilebilir fenolik bileşiklerin artması antioksidan aktiviteyi de arttırdığı da bilinmektedir [59].

Laktobasiller süperoksit dismutaz gibi antioksidan enzimlerin salgılanması yoluyla doğal hücresel antioksidan savunmasını güçlendirir ve enzimatik olmayan ana antioksidan ve serbest radikal temizleyici olan glutatyon sentezini teşvik eder. [60].

Tahıllar, antikanser, antiinflamatuar, antioksidan koruyucu özellikleriyle önemli biyoaktif peptit kaynaklarıdır. Biyoaktif peptidler, serbest kaldıktan sonra insanlarda çeşitli işlevsellikler sergileyen protein dizilerinde doğal olarak şifrelenmiş amino asit zincirleridir. Seçilmiş laktik asit bakterileri, ekşi hamur fermantasyonu sırasında antioksidan biyoaktif peptidler salma kapasitesine sahiptir [61].

Yapılan çalışmaya göre ise buğday kepeği-unu karışımı ve çavdar ununun antioksidan potansiyeli, ekşi hamur fermantasyonuna tabi tutulduğunda daha yüksek değerler verdiği gözlemlenmiştir [56]. Antioksidanlar, oksidasyon nedeniyle oluşan gıda bozulmasını geciktirdikleri ve böylece gıdanın korunmasını arttırdıkları için gıda üretim sürecinde büyük bir potansiyele sahiptir [58].

3
MATERYAL METOT

3.1 Materyal

Krakerlerin yapımında ticari olarak temin edilen bisküvilik buğday unu (%12,8 nem ve %9,58 protein) kullanılmıştır. Formülasyonda iyotsuz tuz (Billur tuz), tereyağ (İçim) ve sadece kontrol hamurunda kullanılan sodyum bi karbonat (Ülker A.Ş.) ticari olarak temin edilmiştir. Ekşi hamur yapımında kullanılan maya izolatları ve LAB'lar Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümü kültür koleksiyonundan alınmıştır. Kullanılan LAB ve mayaların sayımında ve aktifleştirilmesinde De Man Rogosa and Sharpe (MRS), Sabouraud Dextrose katı ve sıvı besiyerleri (Merck, Almanya) kullanılmıştır.

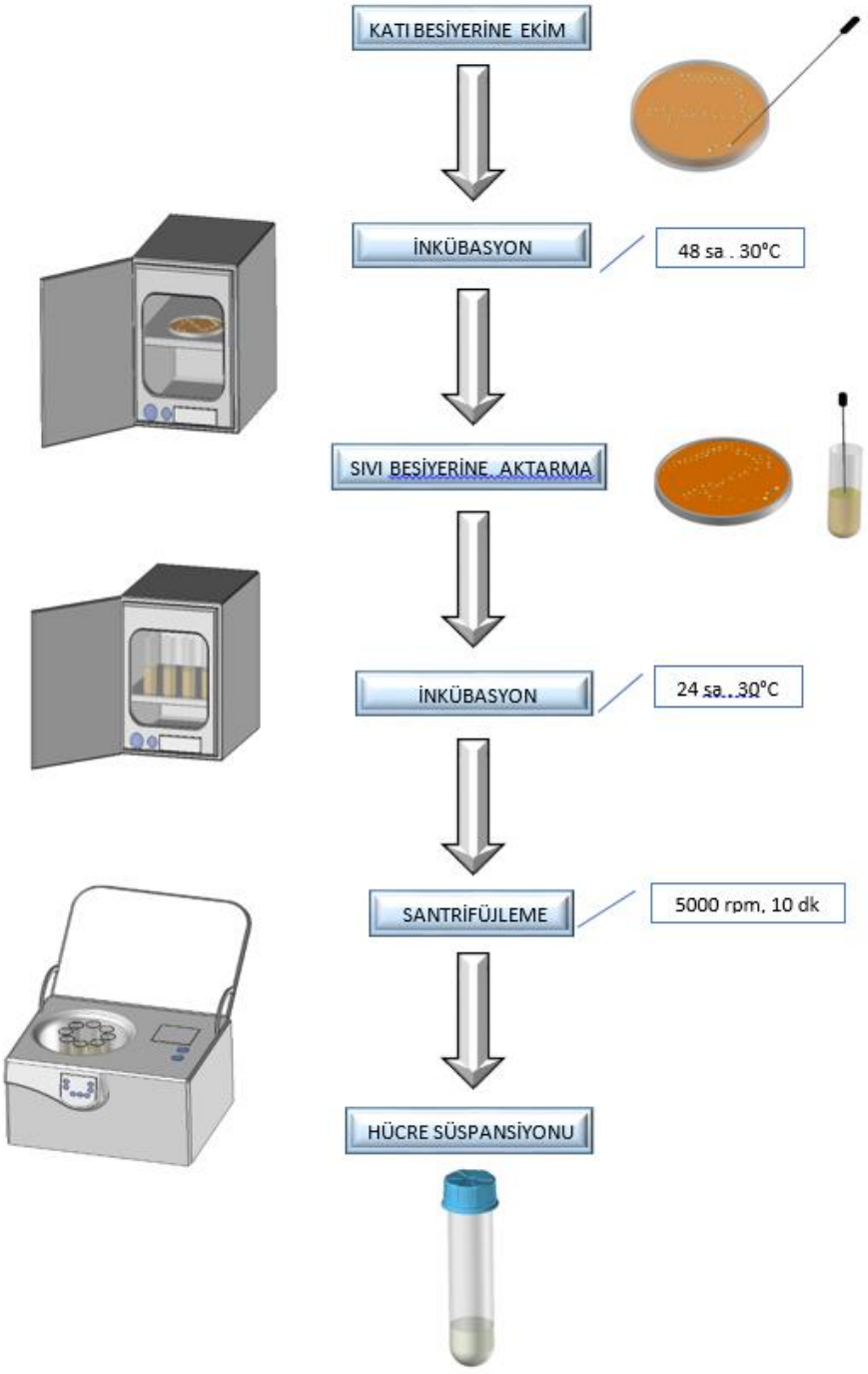
3.2 Metot

3.2.1 Hücre Süspansiyonunun Hazırlanması

Çalışmada kullanılan LAB izolatları MRS agara, maya izolatları ise Sabouraud Dextrose agara (SDA), tek koloni düşürme yöntemi ile ekimi gerçekleştirilmiştir. Ekimi gerçekleştirilen mayalar 30 ˚C'de 2 gün LAB ise 37˚C'de 2 gün inkübe edilmiştir. Aktifleşen kültürlerden daha saf koloniler elde edilmesi için tekrardan aynı işlemler gerçekleştirilmiştir. Sonrasında ise tek koloni seçimi yaparak sıvı besiyerine aktarılmıştır .Mayalar 30 ˚C'de, LAB ise 37˚C'de 20-24 sa inkübasyona bırakılmıştır. 10 mL'lik sıvı besiyerine, oluşan kültürlerden 100 μL alınarak aynı koşullar altında tekrardan inkübasyona bırakılmıştır. Aktifleştirilen LAB ve maya kültürlerinden, 500 μL alınarak peptonlu suya eklenmiş ve dilusyonlar hazırlanmıştır. Elde edilen kültürlerin sayımı amacıyla dökme plak yöntemi kullanılmış olup sonuçlar kob/mL olarak verilmiştir.

Hücre süspansiyonun hazırlanması amacıyla, 10 mL'lik sıvı besiyerinde hazırlanan kültürlere santrifüj işlemi uygulanmıştır (5000 rpm, 10 dakika). Bu işlem ile birlikte besiyeri uzaklaştırılmış olup steril %0,9'luk NaCL çözeltisi ile 2

kez santrifüj edilmiştir. Üzerine 10 mL steril saf su ilave edilerek hücre süspansiyonu elde edilmiş ve kraker formülasyona katılmaya hazır hale getirilmiştir. Şekil 3.1'de hücre süspansiyonu hazırlama aşamaları verilmiştir



Şekil 3.1 Hücre süspansiyonu hazırlama

3.2.2 Kraker Üretimi

Kraker üretimi çalışmada kontrol krakeri (K) ve ekşi hamur mikroorganizmaları ile üretilen krakerler olmak üzere iki şekilde gerçekleşmiştir. Ekşi hamur mikroorganizmaları ilavesi ile üretilen krakerler; *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker (LP), Levilactobacillus brevis içeren kraker (LB), *Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker (SC), *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker (LPLB), *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker (LPSC), *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker (LBSC), *Lactobacillus plantarum*, *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker (LPLBSC) olarak belirlenmiştir.

3.2.2.1 Kontrol Krakeri Üretimi

Kontrol krakeri için kullanılan bileşenler Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Kontrol kraker bileşenleri

Bileşenler	Ağırlık (g)
Un	67
Su	19
Tuz (NaCL)	1,4
Yağ	14,2
Sodyum bikarbonat	0,6

İlk aşamada un (67 g), tuz (1,4 g) ve sodyum bikarbonat (0,6 g) kuru bileşenleri mikser (Kitchen Aid, ABD) içerisinde 2 numaralı kademe hızında ve 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karışan kuru bileşenler içerisine tereyağı eklenerek 4 numaralı kademede 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Sonrasında el ile sıyırma

işlemi yapılmış ve aynı hız ve sürede yeniden karıştırma uygulanmıştır. İkinci kez sıyırma işlemi yapılmış ve sonrasında aynı süre ve hızda karıştırma işlemi tekrarlanmıştır. Karışan hamur içerisine öncelikle 7 mL deiyonize su eklenmiş ve 1 dakika boyunca 4 numaralı kademe karıştırılmıştır. Karıştırılmış hamura ikinci kez 12 mL deiyonize su eklenerek 1 dakika boyunca karıştırılmıştır Hamur son halini aldıktan sonra şekil verme aşamasına geçilmiştir. Ev tipi makarna makinesi ile hamurlara şekil verilmiştir. 7 numaralı kademeden 3 kez geçirilen hamur 4 numaralı kademeye alınarak 3 kez aynı işlem tekrarlanmıştır. Hamura 6 cm çapındaki döner disk şeklindeki kalıp ile şekil verildikten sonra 180±2°C'deki fırına (Maksan,Türkiye) yaklaşık 15 dakika pişirilmiştir. Krakerler soğuduktan sonra kalite analizleri gerçekleştirilmiştir. Her örnek 6 paralel olarak hazırlanmıştır.

3.2.2.2 Ekşi Hamur Mikroorganizmaları İle Kraker Üretimi

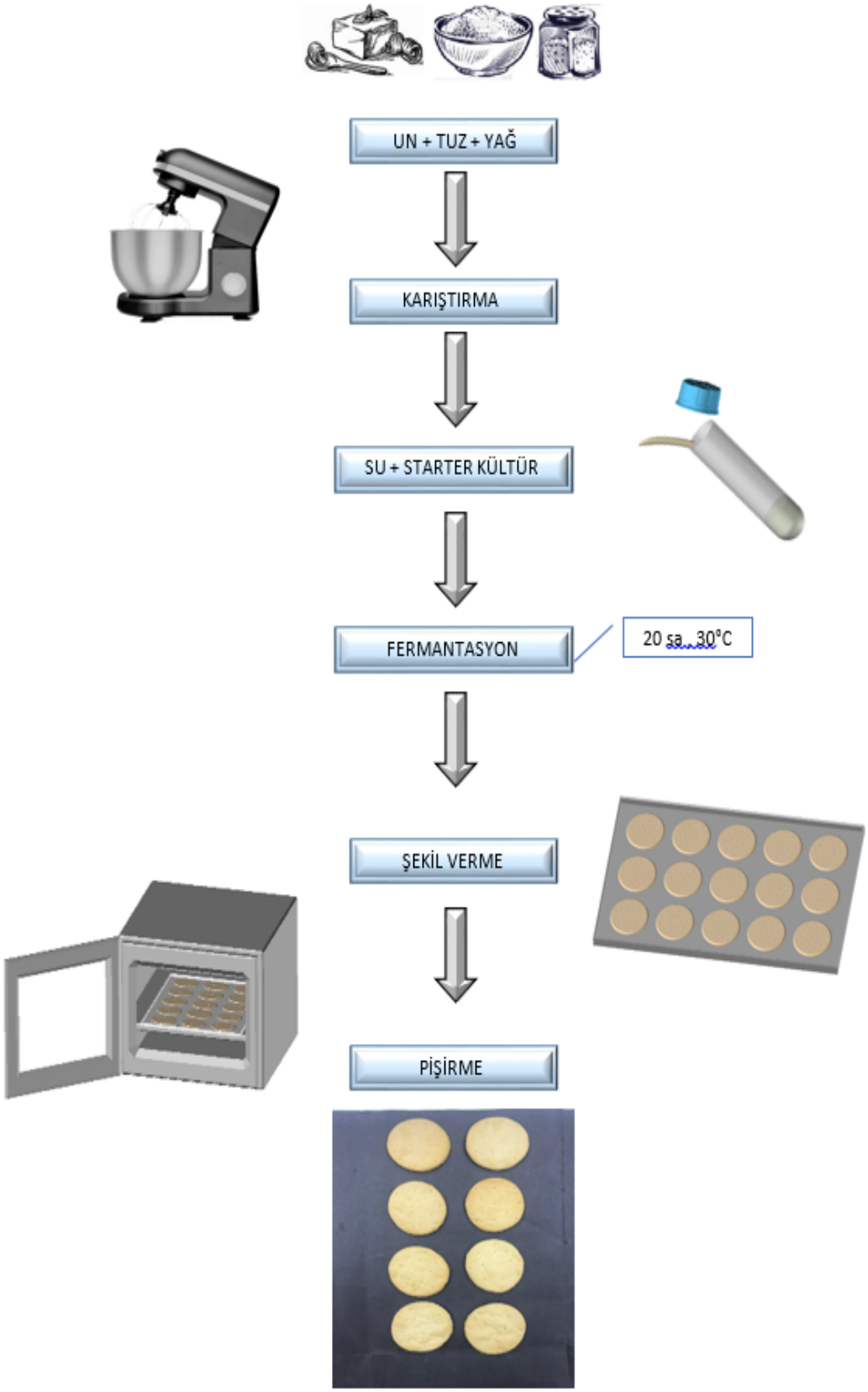
Ekşi hamur mikroorganizmaları eklenerek yapılan kraker hamurları kontrol hamurlarından farklı olarak sodyum bikarbonat kullanılmadan yapılmıştır. İlk aşamada un (67 g), tuz (1,4 g) kuru bileşenleri mikser (Kitchen Aid) içerisinde 2 numaralı kademe hızında ve 1 dakika boyunca karıştırılmıştır.

Karışan kuru bileşenler içerisine tereyağı eklenerek 4 numaralı kademede 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Sonrasında el ile sıyırma işlemi yapılmış ve aynı hız ve sürede yeniden karıştırma uygulanmıştır. İkinci kez sıyırma işlemi yapılmış ve sonrasında aynı süre ve hızda karıştırma işlemi tekrarlanmıştır.

Karışan hamur içerisine öncelikle 7 mL deiyonize su eklenmiş ve 1 dakika boyunca 4 numaralı kademe karıştırılmıştır. Karıştırılmış hamura ikinci kez 2 mL deiyonize su ve 10 mL hücre süspansiyonu eklenerek 1 dakika boyunca karıştırılmıştır.

İlave edilen hücre süspansiyonlarının yoğunluğu mayalar için 7,8 log kob/mL, LAB için ise 9,6 log kob/mL 'dir. Kısım 3.2.1'de anlatılan şekil verme işleminin ardından kraker hamurları 30 °C'de 20 sa fermentasyona bırakılmıştır. Sonrasında 180±2°C'deki fırında (Maksan,Türkiye) yaklaşık 15 dakika pişirilmiştir.

Ekşi hamur mikroorganizmaları kullanılarak üretilen krakerlerin akım şeması Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Ekşi hamur mikroorganizmaları ile kraker üretimi

3.3 pH Analizleri

Kraker hamurlarının pH'sı kontrol hamuru için yoğurulduktan sonra, ekşi hamur mikroorganizmaları ile üretilen hamurlar için fermentasyondan sonra ölçülmüştür (Hanna HI 83141, ABD).

3.4 Kraker Hamurunda Dinamik Reolojik Analizler

Kraker hamuru, MRC-302 kontrollü stres reometre cihazında (Anton Paar MCR 302, Avusturya) paralel plakalar arasına (çap: 25 mm) konulmuş ölçüm aralığı 2 mm olarak ayarlanmıştır. Dinamik salınım testinden önce, lineer viskoelastik bölgenin belirlenmesi amacıyla örneklere 1 Hz frekansta ve % 0,1 ile % 100 gerinim aralığında genlik kayma testi (amplitude sweep test) uygulanmıştır. Dinamik reolojik ölçümler 0,1 Hz ile 30 Hz aralığında gerçekleştirilmiş, gerinim değeri (strain) ise % 0,2 olarak belirlenmiştir. Analiz süresince sıcaklık 25°C'ye ayarlanmıştır. 2 paralel örnekle yapılan analizde hamur örneğine ait depolama modülü (G'), kayıp modülü (G"), tan δ ve kompleks viskozite (η*) değerleri hesaplanmıştır.

3.5 Kraker Örneklerine Yapılan Fiziksel Analizler

3.5.1 Çap, Kalınlık Ölçümü

6 paralel kraker örneği alınarak 3 tekrarlı olacak şekilde kumpas (Mitutoyo, Japonya) kullanılarak çap ve kalınlıkları ölçülmüştür. Yayılma oranı, bisküvi çapının bisküvi kalınlığına bölünmesiyle hesaplanmıştır.

3.5.2 Tekstür Analizi

Krakerlerin sertlik değeri (N), tekstür profil analiz cihazı (SMS TA.XT2 Plus, İngiltere) kullanılarak örneklerin merkez noktası esas alınmıştır. Üç nokta kırılma tekniği (three point bend rig) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm, 50 N kuvvet ve 3 mm/s test hızı ile yapılmıştır. Analiz 3 paralel olacak şekilde yapılmıştır.

3.5.3 Renk Ölçümü

Krakerlerin renk analizleri (CR-100 Konica Minolta, Japonya) cihazında 6 paralel örnek ile gerçekleştrilmiştir. Renk analizleri yapılırken CIE* L*,a*,b* renk skalası kullanılmıştır. L* değeri 0 (siyah)'tan 100 (beyaz)'a kadar ürünün açıklık ve

koyuluk değerini gösterir, a*; - - 100 (yeşil)'den +100 (kırmızı)'ya kadar kırmızılık değerine ve b*; -100 (mavi)'den +100 (sarı)'ya kadar sarılık değerine ait değişimleri göstermektedir.

3.6 Tahmini Glisemik İndeks Değerinin Belirlenmesi

Kraker örneklerinde glisemik indeks analizi için Englyst [62] yöntemi kullanılmıştır glisemik indeks değerini belirlemek için sindirim ve analizde gerekli olan enzimler ve diğer tüm çözeltiler Demirkesen Bıçak [63], çalışmasında tarif edildiği gibi yapılmıştır. eGI değerleri "Megazyme D-Glucose Assay Kit" (GOPOD Format Megazyme International Ireland Ltd.) kullanılarak belirlenmiştir. Analiz, toz haline getirilen beyaz ekmek ve kraker örneklerine uygulanmıştır. 1 g öğütülmüş örneklere 5 mL saf su eklenmiştir. Homojen hale getirilen örneklere pepsin-guar gum ilavesi ardından 30 dakika boyunca 37 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübe edilen örnekler asetat eklenmesiyle pH değeri 5 olarak ayarlanmıştır. Enzim solüsyonu eklenerek 37 °C'de inkübe edilmiştir. Örneklere 180 dakika süreyle in vitro sindirim işlemi uygulanmış ve işlemin 20., 30., 60., 90., 120. ve 180. dakikalarında alınan örnekler ile sindirim sürecindeki değişimler değerlendirilmiştir. Absorbansları 510 nm dalga boyuna sahip UV spektrumları kullanılarak numuneler okunmuş hidroliz indeksi (HI) hesaplanmıştır.

Sonrasında ise aşağıdaki 3.1' de verilen denklem kullanılarak glisemik indeks değeri hesaplanmıştır.

$$GI = 39.71 + 0.549 * HI \qquad (3.1)$$

3.7 Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite Analizleri

3.7.1 Ekstraksiyon

Kraker örnekleri kahve öğütücüsünde toz hale getirilmiştir. Toz halindeki kraker örnekleri metanol solüsyonu (%80) ile karıştırılarak ultraturax ile 2,5 dakika homojenize edilmiştir. Örneklerin biyoaktif bileşenleri oda sıcaklığında ve karanlıkta 2 saat bekletilerek ekstrakte edilmiş ve 6000 rpm'de 10 dakika santrifüjlendikten sonra süpernatant kısım alınmış ve analize kadar +4°C'de depolanmıştır.

3.7.2 Toplam Fenolik Madde

Kraker örneklerinin toplam fenolik içerikleri Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak Singleton [64] yöntemine göre belirlenmiştir. Distile su ile uygun oranlarda seyreltildikten sonra 0,5 mL numune ekstraktı sırasıyla 2,5 mL folin reaktifi (0,2N) ve 2 mL Na_2CO (%7) ile karıştırılarak 25 °C'de 30 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Numunelerin toplam fenolik içeriği, 760 nm dalga boyuna ayarlanmış bir spektrofotometre (Shimadzu UV 1800; Kyoto, Japonya) absorbansları okunarak hesaplanmıştır. Toplam fenolik içerik sonuçları, doğrusal bir standart eğri aralığında (r 2 =0,994) numunenin 100 gr'ı başına mg Gallik asit eşdeğeri olarak ifade edilmiştir.

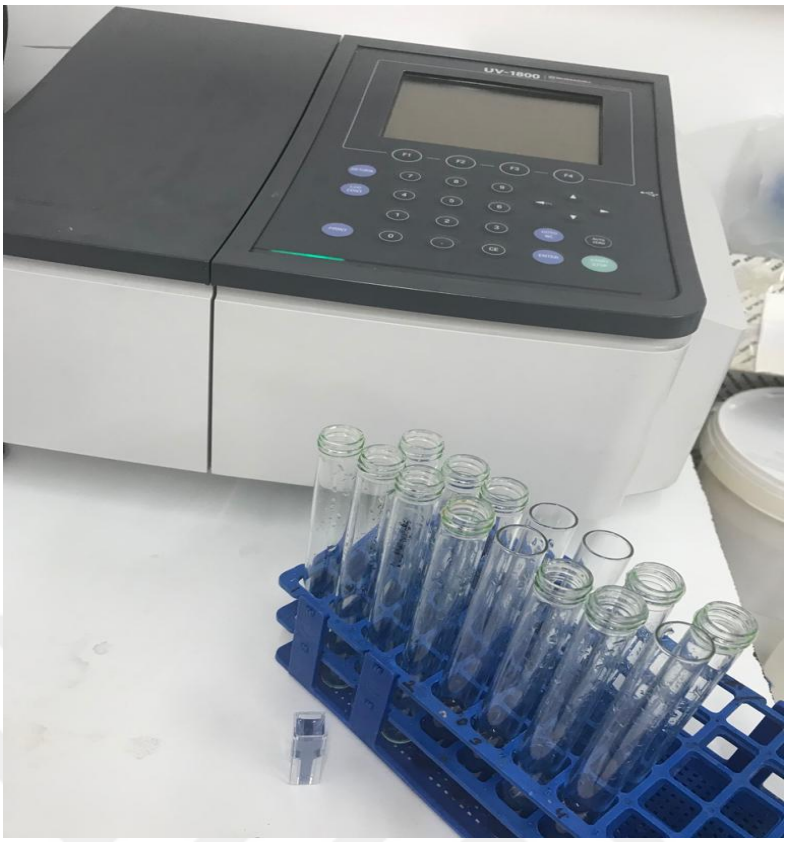
3.7.3 DPPH Yöntemi

DPPH (2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil) yönteminde, Brand-Williams [65] tarafından açıklanan metot kullanılmıştır. 0,1 mL numune 4,9 mL DPPH çözeltisi ile karıştırılarak 27°C'de 20 dakika karanlıkta bekletildikten sonra 517 nm dalga boyunda UV spektrofotometre (Shimadzu UV 1800; Kyoto, Japonya) absorbansı belirlenmiştir. Aşağıdaki denklem kullanılarak DPPH radikalinin inhibisyon yüzdesi hesaplanmıştır (Şekil 3.3).

$$DPPH\ Radikal\ \text{İ}nhibisyon(\%) = \frac{\text{KA}-\text{NA}}{\text{KA}} * 100 \qquad (3.2)$$

K_A: Kontrolün absorbansı

N_A: Numunenin absorbansı



Şekil 3.3 Kraker örneklerinde DPPH analizi

3.7.4 ABTS Yöntemi

ABTS (2,2'-azino-bis 3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) yönteminde Re ve arkadaşları tarafından [66] belirlenen yöntem kullanılmıştır. İlk olarak 7 mM ABTS amonyum ile 2,45 mM $K_2S_2O_8$ sulu solüsyonları karıştırılarak karanlık ortamda ve oda sıcaklığında 12-16 saat bekletilmiştir. Elde edilen ABTS+ stok solüsyonu daha sonra distile su ile 734 nm'de absorbansı 0,700± 0,02 olacak şekilde seyreltilmiştir. 100 μl numune, 2 mL ABTS+ solüsyonu ile karıştırılmış ve 6 dakika karanlık ortamda inkübe edilmiştir, ardından 734 nm'de absorbans değeri ölçülmüştür. (r2 =0,998).

3.8 Duyusal Analizler

Krakerlerin duyusal değerlendirmesinde 9 puanlı hedonik test kullanılmıştır (Tablo A.1). 9 puanlı hedonik skalada; “9: çok fazla beğendim, 5: ne beğendim,

ne beğenmedim, 1: hiç beğenmedim" olarak ifade edilmiştir. Panelistlerden (5 kadın, 2 erkek, 21-35 yaş) aroma, renk, görünüm, tekstür, genel beğeni parametreleri üzerinden puanlama yapmaları istenmiştir.

3.9 İstatistiksel Analizler

Denemelerde hazırlanan hamurların, üretilen kraker örneklerinin ölçülen tüm özelliklerine ilişkin olarak elde edilen verilere "SPSS" paket programı (SPSS, version 18.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, ABD) kullanılarak öncelikle varyans analizi (ANOVA) uygulanmış, sonra önemli bulunan değerler Tukey çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur.

4
ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1 Kraker Hamurlarının pH Değeri

Kraker hamurlarının pH değerleri şekil 4.1'de gösterilmektedir. Ekşi hamur mikroorganizmalarının kraker hamur formülasyonuna katılmasıyla istatistiksel açıdan önemli düzeyde azalma görülmüştür ($p<0,05$).

pH değerinin en düşük olduğu kraker grubu LPSC (*Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker) örnekleri olmuştur (pH 4,36±0,030). Kontrol örnekleri 6,17±0,005 ile en yüksek pH değerini vermiştir. Kontrol örneklerine en yakın pH değeri sadece maya içeren kraker grubu (pH 5,27±0,00) olduğu görülmüştür.

Yapılan bir çalışmaya göre *Lactiplantibacillus plantarum* kullanılan ekşi mayalı hamurlardan kraker üretimi gerçekleştirmişler ve fermantasyon süreci boyunca pH değişimleri gözlemlemişlerdir. pH oranının kontrol krakerlerine oranla en düşük değerini 24 saatin sonunda olduğunu bildirmişlerdir. Düşük pH değerinin fermantasyon süreci boyunca gelişen asetik asitten kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir [67]. Çalışmamızda heterofermantatif olan sadece *L. brevis* içeren kraker örneklerinin pH değeri 4,47±0,040 bulunurken fakültatif heterofermantatif olan sadece *L. plantarum* içeren kraker örnekleri ise 4,86±0,045 ile daha yüksek pH değerini vermiştir.

Lönner [68] yaptıkları çalışmada, ekşi hamur yönteminde bazı heterofermantatif *Lactobacillus spp.* ile yapılan denemede homofermantatif türlere göre oranla asit oranının arttığını pH değerinde düşüş yaşandığını bildirmişlerdir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz veriler bu çalışmayı destekler nitelikte sonuçlar vermiştir.

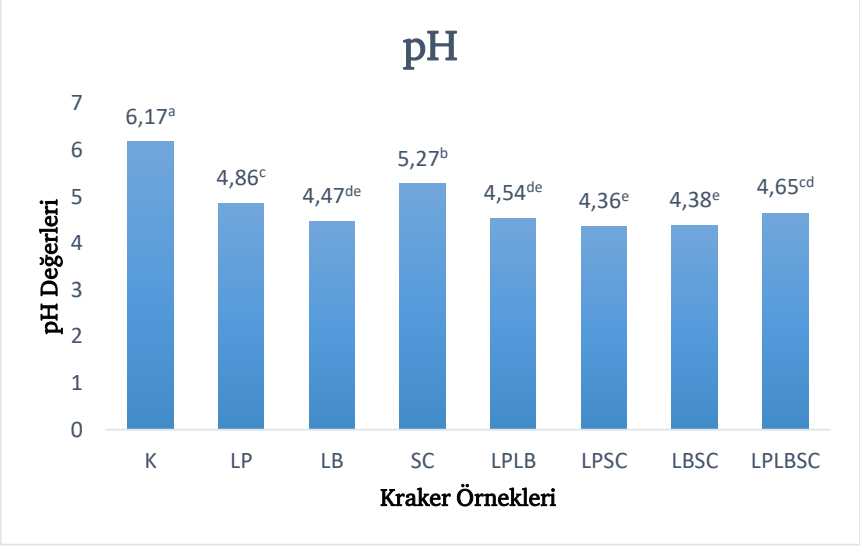
Kraker grupları incelendiğinde *L. plantarum* ve maya (LPSC) içeren kraker hamurları (4,36±0,030) ve *L. brevis* (LBSC) (4,38±0,095) içeren kraker hamur örnekleri arasında istatitiksel açıdan farklılık gözlemlenmemiştir ($p>0,05$). Mayanın laktik asit bakterileri ile birlikte katıldığı ekşi hamurların diğer kraker

numunelerine oranla daha yüksek asitlik gösterdiği görülmüştür. Sadece maya ve bir tür LAB içeren kraker örneklerinin (LPSC ve LBSC) pH değerleri istatistiksel açıdan farklılık göstermezken ($p>0,05$), bu krakerlerin tüm örnekler içinde en düşük pH değerine sahip oldukları ($p<0,05$) görülmüştür (Şekil 4.1)

LPLB kraker grubunun pH dereceleri (4,54±0,025) ile LB kraker numunelerinin ph (4,47±0,040) değerleri arasında istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Pepe vd. [69] yaptığı çalışmada, İtalyan ekşi hamurunun teknolojik özelliklerinin, starter kültürün değişkenliği ile büyük ölçüde etkilendiğini gözlemledi. Hamurda tespit edilen mayalanma süresi ve asitleştirme aktiviteleri, *L. plantarum* suşlarının varlığı ile arttırılmıştır. Çalışmamızda da görüşü destekler nitelikte *L. plantarum* suşu eklenen kraker gruplarının asitlik oranını arttırdığı gözlemlenmiştir.

Yapılan bir çalışmaya göre *L. brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* tek ve kombinasyon halinde ekşi hamur fermantasyonuna katılarak ekmek üzerindeki karakteriksel özelliklerini incelemişlerdir. Suşların birlikte kullanımıyla birlikte maya sayısında azalma görülürken *L. brevis* sayısının neredeyse sabit kaldığı bulunmuştur. Aynı zamanda karıştırılan starterler ile birlikte etanolde azalma asetik asitte artma ve laktik asitin sabit kaldığı bildirilmiştir [70].



K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC***: Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker

*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

Şekil 4.1 Kraker örneklerinin pH değerleri

4.2 Kraker Hamurlarının Dinamik Reolojik Özellikleri

Krakerlerin reolojik özellikleri son ürünün kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Hamur reolojisi, üründe oluşabilecek olası sorunlar ve iyileştirmeler için yol göstericidir. Bu sebeple önemli kontrol kriterlerinden biridir [71]. Hamurun viskoz veya elastik yapıda olup olmadığı hakkında reolojik analizlerden yararlanılmaktadır [72].

Reolojik özellikleri incelerken; Depolama modulü (G′) maddenin elastikiyeti hakkında bilgi verir. Maddenin enerjiyi depoladığı ve şeklinin bozulmadan dayanabildiği kısımdır. Kayıp modulü (G″) ise maddenin deformasyon sırasında kaybettiği enerjidir. Kayıp modülü maddenin viskoz özellikleri hakkında bilgi verir [73].

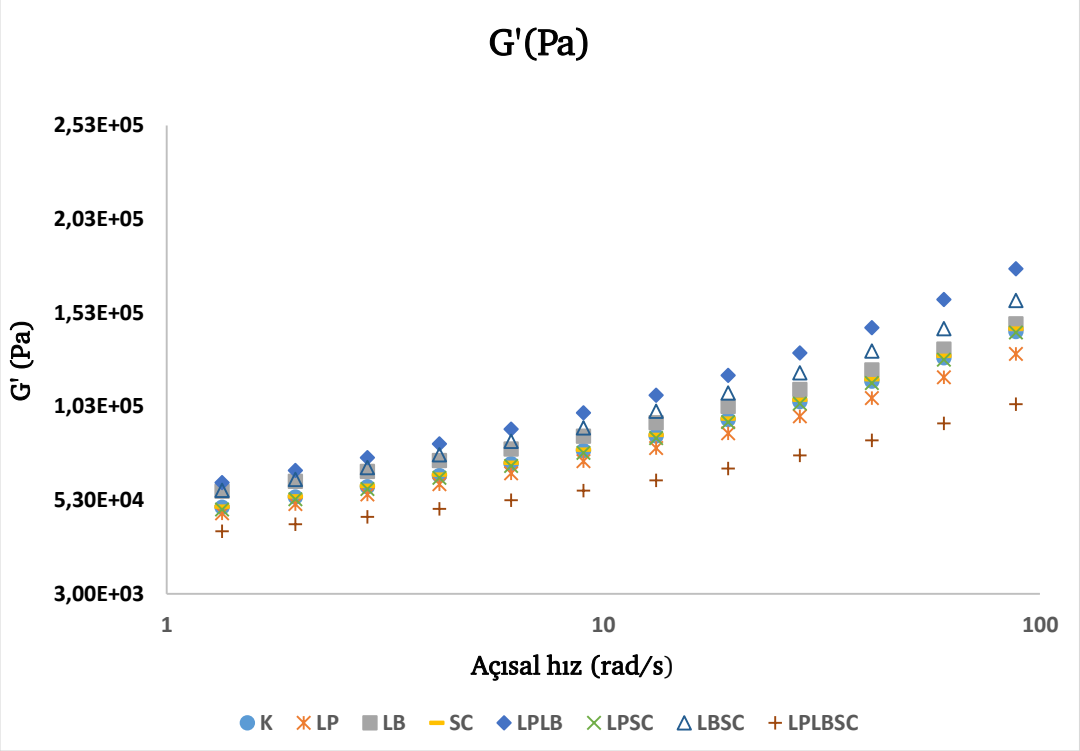
Şekil 4.2'de depolama modulü (G′) ve Şekil 4.3'de ve kayıp modulü (G″) değerleri verilmiştir. Depolama modulü (G′) değerlerinin kayıp modulü (G″) değerinden fazla çıkması halinde hamurun elastik özellik gösterdiği ve ayrıca depolama modulü (G′) ve kayıp modulü (G″) değerlerinin artan frekanslar ile birlikte artması da elastik özelliklerinin arttırdığını göstermektedir [74].

Yaptığımız çalışmada da kontrol hamuru ve ekşi hamur mikroorganizmaları eklenerek üretilen kraker hamurlarının hepsinin depolama modulü (G′) değerinin kayıp modulü (G″) değerinden yüksek olduğu ve aynı zamanda G′ ve G″ değerlerinin artan frekanslarla arttığı görülmüştür. Bu durumda, kraker hamurlarının viskoelastik yapıda olduğunu göstermektedir [70]. Çalışmadaki hamurların tanδ değerleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

Analizi gerçekleştirilen kraker hamuru numuneleri açısal hız değerlerine karşılık olarak elde ettiğimiz G′, G″ ve η* verileri Üslü yasa modeliyle modellenmiş ve bunun sonucunda numunelere ait kıvam katsayıları (K', K", K*), akış davranış indeksi (n', n", n*) ve R^2 değerleri elde edilmiştir (Tablo 4.1). Tüm numunelerin K' değerleri K" değerlerinden daha yüksek çıkmıştır. En yüksek K' değerleri ve K″

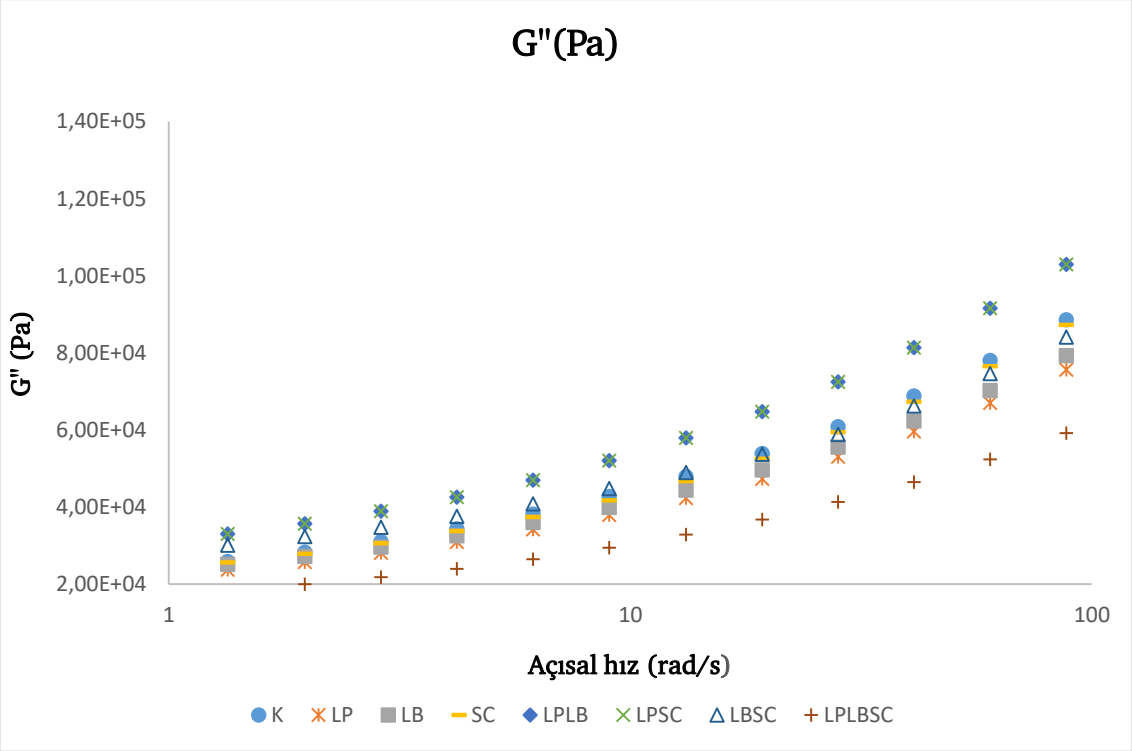
LPLB hamur grubunda olurken en düşük değerler LPLBSC hamur grubunda olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Diğer örnekler arasında ve parametreler açısından istatistiksel bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0,05$). Kraker hamuruna, ekşi hamur mikroorganizmalarının ilave edilmesi hamur reolojisini kontrol örneğine göre etkilememiştir.

Clarke vd. [75], yaptıkları çalışmada farklı asitlendirme yöntemleri ile 24 saat ekşi hamur fermantasyonu gerçekleştirmiştir. Hamura katılan *L. brevis* örneklerinin fermantasyon sonunda dinamik reolojik özellikleri incelenmiştir. Normal hamur ile sonuçları kıyaslandığında *L. brevis* içeren hamurların G* değerleri azalmıştır hamurun fermantasyon süresi boyunca önemli ölçüde daha yumuşak hale geldiğini bildirmişlerdir.



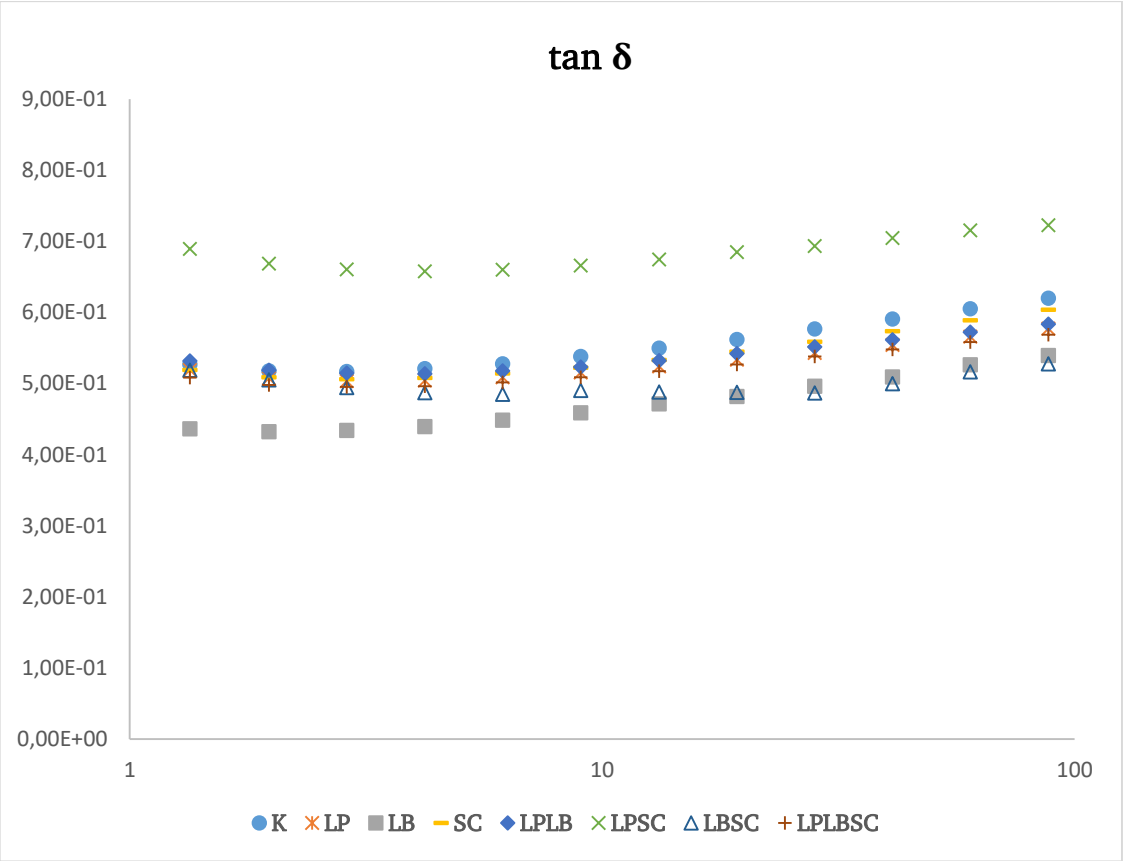
K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC:** *Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker

Şekil 4.2 Ekşi hamur mikroorganizmalarının kraker hamuru depolama modulü üzerine etkisi (G′)



K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC***: Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker

Şekil 4.3 Ekşi hamur mikroorganizmalarının kraker hamuru kayıp modulü üzerine etkisi (G″)



K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC***: Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker

Şekil 4.4 Ekşi hamur mikroorganizmalarının kraker hamuru Tanδ değerlerine etkisi

Tablo 4.1 Kraker örneklerinin dinamik reolojik ölçümleri

NUMUNE	K'	n'	R^2	K''	n''	R^2	K*	n*	R^2
K	44497±2333[ab]	0,262±0,005[a]	0,9971	23471,5±1387[ab]	0,292±0,0002[a]	0,9949	50306,5±2695[a]	0,270±0,0[a]	0,9986
LP	41444±2402[ab]	0,259±0,001[a]	0,9986	21623,5±1179[ab]	0,275±0,0010[a]	0,9947	46760,5±2659[a]	0,263±0,001[a]	0,9986
LB	52323±10522[ab]	0,235±0,031[a]	0,9983	23511,5±1260[ab]	0,265±0,0136[a]	0,984	57516±10113[a]	0,240±0,0285[a]	0,9992
SC	44680±254[ab]	0,263±0,004[a]	0,999	23206,5±140[ab]	0,290±0,0029[a]	0,9949	50341±283[a]	0,270±0,0040[a]	0,9986
LPLB	56738±1000[a]	0,256±0,0006[a]	0,9991	30141±656[a]	0,270±0,0006[a]	0,9938	64582,5±946[a]	0,259±0,0005[a]	0,9992
LPSC	43045±2980[ab]	0,269±0,0005[a]	0,9963	22821±1783[ab]	0,282±0,0002[a]	0,9935	48786,5±3490[a]	0,272±0,0005[a]	0,9998
LBSC	53105±13334[ab]	0,249±0,0109[a]	0,997	27560±7172[ab]	0,248±0,0266[a]	0,9922	59977,5±15205[a]	0,249±0,014[a]	0,9998
LPLBSC	32764±2467[b]	0,259±0,00005[a]	0,9976	16790,5±1219[b]	0,276±0,0008[a]	0,9919	36825,5±2765[a]	0,263±0,0005[a]	0,9998

K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC***: Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker

*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

4.3 Kraker Örneklerinin Fiziksel Özellikleri

4.3.1 Kraker Örneklerinin Çap ve Kalınlık Özellikleri

Krakerlerde kalite belirlemek için çap değeri önemli bir kriterdir ve çap değerinin yüksek olması istenilen bir durumdur. İstenilen çap değerine ulaşılması krakerleri çıtır, geniş çatlaklara sahip olmayan, arzu edilen nitelikte, gevrek yapar [34].

Labuschagne vd. [76], çap değerleri krakerlerde kullanılan unların protein miktarı hakkında bilgi verdiğini bildirmiştir. Çap değeri arttıkça protein miktarında azalma meydana gelmektedir [76].

Maya eklenerek yapılan krakerlerin çap değeri 5,19±0,02 bulunmuştur. Bu değer kontrol numunesinden sonra en yüksek çap değeri olduğu görülmüştür.

Krakerlerin kalınlık oranlarına bakıldığında en yüksek kalınlık 4,35 ±0,15 değeri ile *L. brevis* ve maya içeren (LBSC) numunesinde görülmüştür. Kontrol numunesinin kalınlık değeri 3,54 ±0,03 olarak bulunmuştur.

En düşük kalınlık kontrol numunesinde görülmüştür. Tüm suşların kombinasyonuyla yapılan kraker numunesi 3,84 ±0,05 olarak bulunmuştur. Bu değer kontrol numunesi en yakın kalınlık değeridir. Krakerlerin yayılma oranına bakacak olursak kontrol örneklerinin en yüksek yayılma oranını verdiğini en düşük oranın ise LBSC örneklerinde görüldüğü gözlemlenmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre kontrol numunesi ve ekşi hamur mikroorganizmaları eklenerek üretilen kraker grupları arasında istatistiksel açıdan fark gözlemlenirken ($p<0,05$) ekşi hamur mikroorganizmaları katılarak üretilen krakerlerin birbirleri arasındaki istatistiksel farkın önemsiz olduğu görülmüştür($p>0,05$). Kraker hamuruna, ekşi hamur mikroorganizmalarının ilave edilmesi, krakerlerin çap değerlerini azaltmış, kalınlıklarını artırmıştır. Yapılan bir çalışmada, kraker üretiminde kullanılan sodyum metabisülfit yerine çeşitli enzimler ve maya ekstraktı kullanılmış ve çap oranları kıyaslandığında maya ekstraktı kullanılan kraker örneklerinin diğer numunelere oranla en düşük değer verdiği, kalınlık değerinin en yüksek olduğu görülmüştür.

Yayılma oranı çap ve kalınlık sonuçları ile eşdeğer olarak en düşük değerler maya ekstraktı olan krakerlerde tespit edilmiştir [77]. Bizim çalışmamızda da ekşi hamur mikroorganizmalarının çap değerini azaltması ve kalınlık değerlerini yükseltmesi Terzi [77]'nin yaptığı çalışmayı destekler niteliktedir.

Bir diğer çalışmada da, tam buğday unlu ekşi hamurun bisküviye ikame edilmesi ile birlikte çap oranlarında azalma ve kalınlık değerlerinde yükselme olduğu bildirilmiştir [78].

4.3.2 Kraker Örneklerinin Tekstürel Özellikleri

Kraker örneklerinin tekstürel özellikleri tablo 4.2'de verilmiştir. En yüksek sertlik derecesine sahip kraker, 39,81±2,02 N değeri ile maya ve *L. brevis* (LBSC) içeren kraker olarak bulunmuştur. Sadece maya katılarak üretilen krakerler (28,08±1,07 N) en düşük sertlik derecesine sahip krakerler olup, istatistiksel açıdan, kontrol örneği ile kıyaslandığında aralarında önemli bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Çalışmamızda laktik asit bakterileri katılarak üretilen krakerler maya katılarak üretilen krakerlere oranla daha yüksek sertlik derecesinde olduğu görülmüştür.

Yapılan bir çalışmaya göre de, ekşi hamur ilavesinin ekmek üzerinde sertlik derecesini azalttığını bildirmişlerdir [79].

Yapılan bir diğer çalışmada ise tatlı ekmek hamurunun kalite teknolojisinde karışık kültürlerin etkisini doğrulamak için *L. brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* maya kullanıldı ve indirekt mayalama yöntemi ve doğrudan hamurfermantasyonu olmak üzere iki çeşit yöntem kullanıldı. İndirekt fermantasyın yöntemi ile yapılan ürünün sertlik derecesi daha yumuşak olduğu belirlenmiştir [80].

Bir diğer çalışmaya göre ise bisküvi örneklerinin hamur içerisine belirli oranlarda ekşi hamur ilavesiyle birlikte sertlik derecesini azalttığını göstermiştir [78].

Kontrol grubu numunelerine (32,71±2,4 N) en yakın krakerler ise Sadece *L. brevis* suşlarını içeren numunelerdir (32,41±1,13 N).

Tablo 4.2'ye bakılacak olduğunda kontrol numunesi ile sadece laktik asit bakterileri içeren kraker örnekleri, LPLB (*Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker), LPSC (*Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker), LPLBSC

(*Lactobacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker) örnekleri arasında istatiksel açıdan fark görülmemiştir ($p>0,05$).

Çalışmamıza göre *L. brevis* suşu içeren örneklerde sertlik derecesini diğer suşlara oranla daha fazla arttırdığı gözlemlenirken maya içeren kraker gruplarının ise sertliği azalttığı gözlemlenmektedir.

4.3.3 Kraker Örneklerinin Renk Özellikleri

Fırıncılık ürünlerinde tüketicilerin kabul edilebilirliğini gösteren önemli kalite parametrelerinden biri ürünün rengidir. Tablo 4.2'de kraker numunelerinin L* a* b* cinsinden değerleri verilmiştir. Değerler incelenecek olduğunda en yüksek L*(parlaklık) değeri, 74,79±0,31 değeri ile maya (SC) ve *L. Plantarum* ve maya içeren (LPSC) numune olmuştur.

Kontrol numunesi 70,48±0,19 değeri ile en düşük L* değerine sahip kraker örneğidir.

Kontrol numuneleri ile sadece maya içeren kraker (SC) ve sadece *L. brevis* içeren kraker (LB) gruplarının L* değerleri (70,75±0,52) istatisiksel açıdan birbirinden farksızdır ($p>0,05$).

LAB eklenmesiyle birlikte, sadece *L. brevis* içeren kraker (LB) dışında diğer kraker gruplarının L* değeri kontrole göre artmıştır ($p<0,05$). Mikrorganizmalar arasında kombinasyon farklılığı krakerlerin L* değerini etkilememiştir ($p>0,05$).

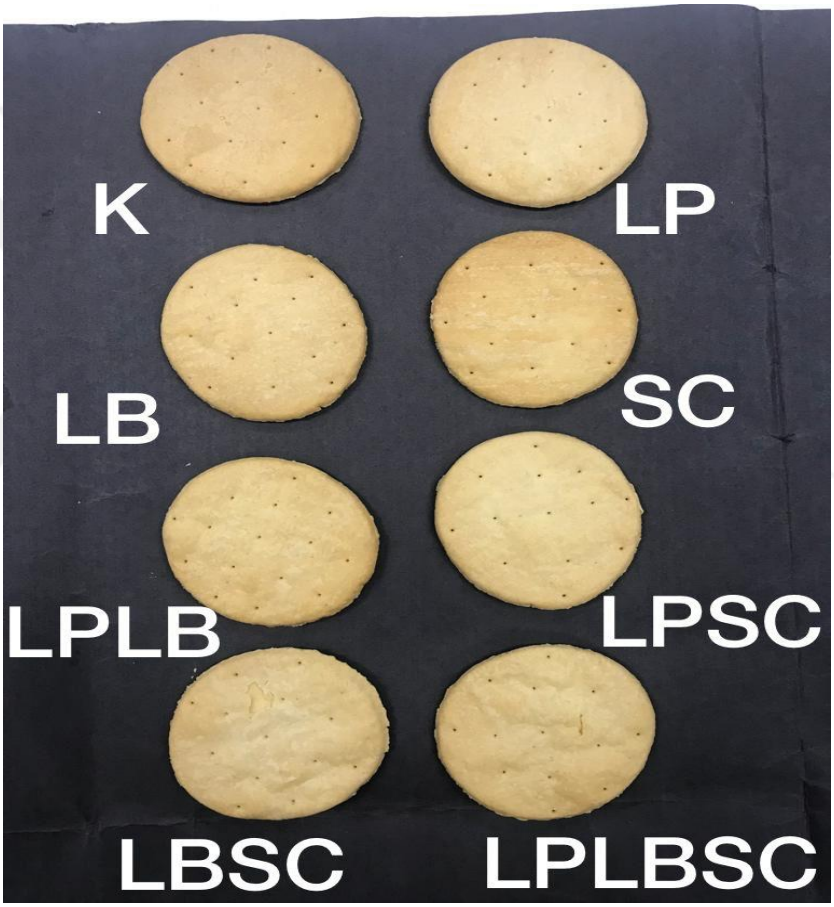
Yapılan bir çalışmaya göre pH derecesi azaldıkça bisküvi renginin daha açık L* değerinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar da çalışmayı destekler nitelikte bulunmuştur [81].

Tablo 4.2' de a* değeri ise krakerlerin kırmızılık değerlerini göstermektedir. En yüksek oran kontrol krakeri (2,94±0,29) iken ona en yakın kraker grubu ise sadece maya içeren (SC) kraker grubu (1,94±0,60) olmuştur.

Laktik asit bakterileri ve mayaların birlikte ilave edildiği kraker grupları en düşük a* değerini vermiştir ve aralarındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

b* (sarılık) değeri ise kontrol kraker gruplarında 32,24±0,14, sadece maya içeren (SC) örneklerde 32,51±0,35, *L. plantarum* ve *L. brevis* içeren (LPLB) örneklerde 32,64±0,52 olarak bulunmuştur ve bu kraker grupları arasındaki fark önemsizdir ($p>0,05$).

Kraker grubunun renk değerleri şekil 4.5'e bakılacak olduğunda kontrol krakerine en yakın örneklerin sadece maya (SC) ilave edilen ekşi hamurlar ile üretilen krakerler olduğu görülmektedir ($p>0,05$).



K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC***: Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker

Şekil 4.5 Kraker örneklerinin renk özellikleri

Tablo 4.2 Kraker örneklerinin fiziksel Özellikleri

Numune Adı	Çap (cm)	Kalınlık (mm)	Yayılma Oranı	Sertlik (N)	L*	a*	b*
K	5,31±0,02^{a}	3,54 ±0,03^{c}	1,50±0.05^{a}	32,71±2,4^{ab}	70,48±0,19^{b}	2,94±0,29^{a}	32,24±0,14^{a}
LP	5,094±0,02^{b}	4,00 ±0,12^{ab}	1,29±0.15^{bc}	30,14±1,58^{ab}	74,77±0,83^{a}	-0,33 ±0,69^{c}	31,27±0,12^{ab}
LB	5,15±0,02^{b}	3,85 ±0,10^{bc}	1,35±0.13^{b}	32,41±1,13^{ab}	72,63±0,33^{ab}	1,21±0,47^{b}	31,89±0,32^{ab}
SC	5,19±0,02^{b}	3,95 ±0,07^{b}	1,32±0.11^{bc}	28,08±1,07^{b}	70,75±0,52^{b}	1,94±0,60^{ab}	32,51±0,35^{a}
LPLB	5,18±0,02^{b}	4,21 ±0,07^{ab}	1,24±0.09^{bc}	34,92±2,50^{ab}	73,16±0,56^{a}	1,20±0,93^{b}	32,64±0,52^{a}
LPSC	5,17±0,03^{b}	4,12 ±0,05^{ab}	1,26±0.07^{bc}	33,73±1,73^{ab}	74,79±0,31^{a}	-0,68±0,92^{c}	31,29±0,44^{ab}
LBSC	5,16±0,03^{b}	4,35 ±0,15^{a}	1,21±0.17^{c}	39,81±2,02^{a}	74,13±0,29^{a}	-0,63±046^{c}	30,3±0,37^{b}
LPLBSC	5,15±0,02^{b}	3,84 ±0,05^{bc}	1,35±0.08^{bc}	29,74±3,51^{ab}	73,2±0,45^{a}	-0,32±0,48^{c}	31,30±0,33^{ab}

K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC***: Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker

*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

4.4 Kraker Örneklerinin Tahmini Glisemik İndeks Değerleri

Tablo Tablo 4.3'de glisemik indeks ve hidroliz indeks değerleri verilmiştir. Glisemik indeks (GI) analizi beyaz ekmek glisemik indeks değeri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Gıdalar, GI değerlerine göre, yüksek (≥70), orta (69 ile 55 arasında) ve düşük (≤55) olarak sınıflandırılır [2]. Çalışmamızda kontrol örnekleri yüksek glisemik indeks grubunda yer alırken, sadece *L. Plantarum* (LP), *L. brevis* (LB), sadece maya içeren (SC), *L. Plantarum* ve maya (LPSC), *L. brevis* ve mayanın (LBSC) eklendiği kraker örnekleri orta glisemik indeks grubunda olduğu görülmektedir. *L. Plantarum* ve *L. brevis* (LPLB), *L. Plantarum* maya ve *L. brevis* (LPLBSC) ilave edilen krakerler ise en düşük değerleri vermiştir ve düşük glisemik indeks grubuna dahildir.

Kraker grupları arasında en yüksek glisemik indeks değeri kontrol numunesinde (77,427±1,63) bulunmuştur. En düşük glisemik indeks değeri ise *L. Plantarum* maya ve *L. brevis* (LPLBSC) numunesinde 52,115±1,23 olarak bulunmuştur.

En düşük değere sahip kraker numuneleri ile LPLB kraker grubu (52,385±1,87) ve LPSC (55,702±0,78) kraker grupları açısından istatistiksel açıdan önemsizdir ($p>0,05$). Sadece maya ile hazırlanan ekşi hamur krakerlerinin glisemik indeks değeri 64,663±0,40 olarak bulunmuştur. Bu değer kontrol numunesi en yakın değerdir. Kontrol numunesiyle arasında istatistiksel açıdan fark bulunmuştur ($p<0,05$).

Şekil 4.6'da da görüldüğü üzere laktik asit bakterileri içeren krakerler, sadece maya içeren krakerlere oranla glisemik indeks değerinde daha fazla düşüşe sebep olmuştur. Fakat çalışmamızdaki tüm suşların kombinasyonu ile üretilen kraker grupları en düşük glisemik indeks değerini vermiştir.

L. plantarum ve *L. brevisin* iki suşun kombinasyonuyla elde edilen ekşi hamurların glisemik indeks değeri üzerinde daha fazla etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Novotni [51] yaptıkları çalışmaya göre kısmen pişirilmiş ve dondurulmuş ekmeklere bazı laktik asit bakteri suşları ve maya ilavesi ilavesi ile hazırlanmış ekşi hamur ilave edilerek glisemik indeks değerleri incelenmiştir ve çalışmanın

sonucuna göre ekşi hamur eklenen ekmeklerde glisemik indeks değerinde düşüş görülmüştür. %10 oranında ilave edilen ekşi hamurun en iyi sonucu verdiği düşük orta ve düşük glisemik indekse sahip ekmeklerin ortaya çıktığını bildirmişlerdir.

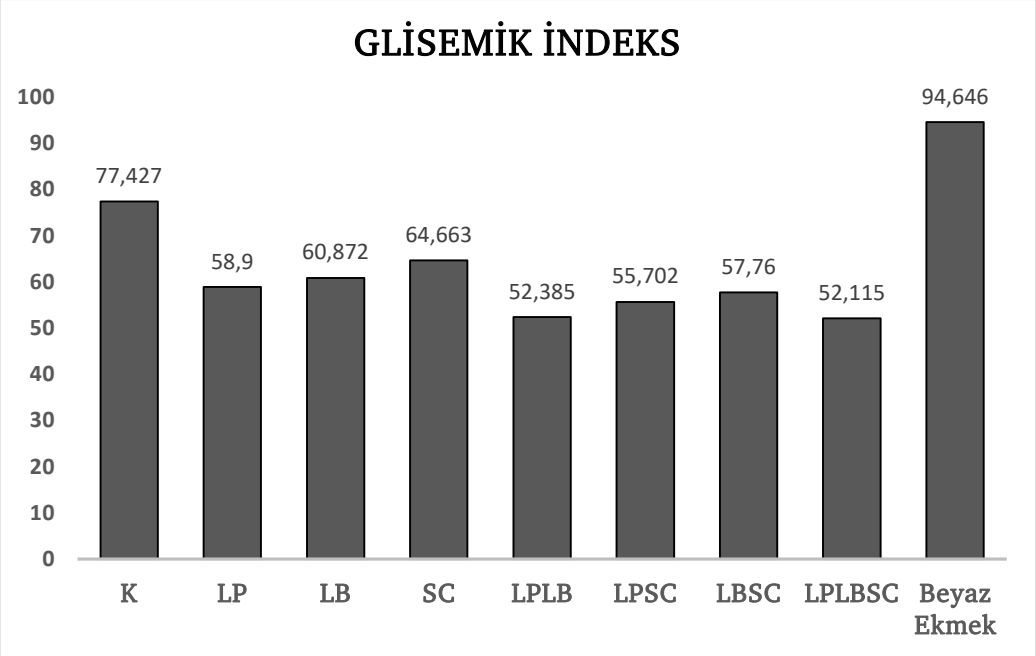
Yapılan bir diğer çalışmaya göre ise farklı fermantasyon koşullarında ekşi hamur eklenen ekmeklerin glisemik indeks değerlerindeki değişim incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre glisemik değerin ekşi hamur eklenmesiyle düştüğü soğukta fermante edilen ekmeklerin zamanla glisemik indeks değerlerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir [82]. Hidroliz indeks değerleri kraker grupları arasında incelenecek olduğunda tablo 4.3'de değerler 22,597±2,24 ve 68,702± 2,97 olarak bulunmuştur. Kontrol grubu değeri 68,702± 2,97 bulunmuştur. Maya örneği ise kontrol numunesine en yakın sonucu vermiştir.

Tablo 4.3 Kraker örneklerinin hidroliz indeks ve glisemik indeks değerleri

Örnek Adı	Hidroliz İndeks	Glisemik İndeks
K	$68,702\pm 2,97^{b}$	$77,427\pm1,63^{b}$
LP	$34,954\pm1,80^{d}$	$58,900\pm0,99^{de}$
LB	$38,547\pm2,20^{cd}$	$60,872\pm1,20^{cd}$
SC	$45,452\pm0,73^{c}$	$64,663\pm0,40^{c}$
LPLB	$23,0881\pm3,42^{e}$	$52,385\pm1,87^{f}$
LPSC	$29,129\pm1,42^{de}$	$55,702\pm0,78^{ef}$
LBSC	$32,879\pm0,03^{d}$	$57,760\pm0,01^{de}$
LPLBSC	$22,597\pm2,24^{e}$	$52,115\pm1,23^{f}$
Beyaz Ekmek	$100,067\pm0,00^{a}$	$94,646\pm0,00^{a}$

K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC***: Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker

*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).



K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC***: Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker

Şekil 4.6 Kraker örneklerinin glisemik indeks dağılımı

4.5 Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite Özellikleri

4.5.1 Toplam Fenolik Madde

Ekşi hamur fermantasyonu biyoaktif bileşenlerin seviyesini etkilemektedir. Asit oluşumu toplam fenolik maddeyi arttırdığı bilinmektedir. Yapılan bir çalışmaya göre *S. cerevisiae, L. brevis ve L. plantarum* suşları ile oluşturulan ekşi mayalı hamurun asitlik seviyesi arttıkça toplam fenolik madde oranının arttırdığı bildirmişlerdir [83].

Tablo 4.4'e bakıldığında toplam fenolik madde oranı en yüksek olan örnek sadece maya içeren kraker (SC) grubudur (133,377±0,56 mg GAE/100g). Kontrol krakerleri karşılaştırıldığında asitlik oranının artmasıyla birlikte toplam fenolik

madde oranındaki artış Liukkonen vd. [83] yaptığı çalışmayı destekler nitelikte olmuştur. Fakat asitlik değerinin en yükek olduğu *L.plantarum* ve maya (LPSC) kraker grubu 67,770±1,27 GAE/100g değerini vermiştir. Bu sonuç bizim çalışmamızda asitlik oranının en yüksek olduğu kraker grubunun, en yüksek toplam fenolik madde değerini vermediğini göstermiştir.

Yapılan başka bir çalışmaya göre ise geleneksel yöntem ve starter kültür seçilerek iki farklı ekşi hamur üretimiyle ekmek üretilmiştir. Bunların toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde kontrol ekmeğine oranla ekşi hamur mayalı ekmeklerin toplam fenolik maddesinde artış gözlemlenmiştir. Starter kültür ile ekşi hamur fermantasyonu gerçekleştirilen ekmeklerin toplam fenolik madde oranı daha yüksek bulunmuştur [84].

Coda vd. [85], tahılların ve baklagillerin ekşi hamur fermantasyonu için *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Lactococcus lactis* kullanmıştır. Fermantasyon tipinin, tahılların potansiyel olarak biyoaktif bileşenleri üzerinde açıkça etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Ekşi hamur fermantasyonu, toplam fenolikler ve serbest ferulik asit seviyesini arttırdığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda sadece *L. plantarum* (LP) kraker örnekleri sadece *L. brevis* (LB) örneklerine oranla daha yüksek değerler vermişir fakat bu fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Yapılan bir diğer çalışmaya göre *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Lactobacillus rossiae* suşları starter kültür olarak seçmişlerdir ve ekşi hamur fermantasyonu ile buğday tohumu ve ham buğday tohumu kullanılarak toplam fenolik madde açısından değerlendirilmiştir. Sonuçlara bakıldığında buğday tohumu kullanılan fermantayon işlemi yapılmayan örnekler 2,061 mM gallic acid/g bulunurken bu oran ekşi hamur fermantasyonlu ürünlerde 2,747 mM gallic acid/g olarak bulunmuştur. Ekşi hamurun toplam gallik asit cinsinden fenolik madde değerlerini arttırdığı görülmüştür [86].

Çalışmamızda kontrol krakerleri ile kıyaslandığında üretilen ekşi hamur ilaveli krakerlerde toplam fenolik madde değerinin artışında önemli ölçüde fark gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Sadece laktik asit bakterileri (LP, LB) ilave edilen ekşi hamurlu krakerlerin birbiri arasında fark gözlemlenmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 4.4 Kraker örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan değerleri

Örnek Adı	Toplam Fenolik (mg GAE/100g)	DPPH (% inhibisyon)	ABTS (μmol TE/100g)
K	55,52±2,76^{d}	14,087±0,14^{c}	164,884±8,07^{f}
LP	84,698±4,24^{b}	19,087±0,23^{ab}	336,145±20,70^{ab}
LB	79,689±1,13^{b}	21,283±0,95^{a}	337,229±9,97^{ab}
SC	133,377±0,56^{a}	15,709±1,67^{bc}	375,736±6,13^{a}
LPLB	79,289±1,13^{b}	20,608±0,95^{a}	314,451±6,90^{bc}
LPSC	67,770±1,27^{c}	16,385±1,67^{ab}	221,168±8,43^{e}
LBSC	79,489±0,28^{b}	18,918±0^{ab}	241,234±16,87^{de}
LPLBSC	74,982±1,84^{bc}	18,412±1,19^{ab}	280,283±7,66^{cd}

K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC***: Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker
*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

4.5.2 Antioksidan Kapasite

Ekşi hamurun antioksidan kapasitesini arttırdığı yapılan çalışmalar sonucu bilinmektedir. Laktik asit bakterileri fermantasyon sırasında lipid oksidasyonu yaparak antioksidatif etki sağlamada rol oynar. Ekşi hamur fermantasyonu ile birlikte asidifikasyon ve proteoliz etkileşimi ile biyoaktif peptitler oluşur. Oluşan biyoaktif peptitler, antioksidatif ve mineral bağlama gibi faydaları vardır. Bazı laktik asit bakteri suşlarında proteolitik enzimleri ile antioksidan peptitler oluşturdukları bilinmektedir.

Bizim çalışmamızda sonuçlar % inhibisyon cinsinden ifade edilmiştir. Kontrol kraker grubu değeri 14,087±0,14 olarak bulunmuştur. Kontrol kraker örnekleri kraker grupları arasındaki en düşük sonucu vermiştir. Laktik asit ve mayanın ilave edildiği hamurların hepsi kontrol hamuruna oranla daha yüksek değerleri vermiştir ve istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Kontrol kraker örneklerinden sonra en düşük değeri sadece *Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker grubu vermiştir. (5,709±1,67) (Tablo 4.4)

En yüksek sonuç ise sadece *L. brevis* içeren kraker grupları ve *L. brevis* ve *L. plantarum* içeren (LPLB) kraker grupları olmuştur. Hem laktik asit bakterileri hem

de maya ile üretilen kraker grubunun değeri 18,412±1,19 olarak bulunmuştur. Heterofermantatif laktik asit bakterisi katılan hamurların, fakültatif heterofermantatif bakterilere oranla daha yüksek değerler verdiği görülmüştür.

Yapılan bir diğer çalışmaya göre ekmeğin antioksidan aktivitesi % inhibisyon olarak hesaplanmıştır ve sonuç %6,37 olarak bulunmuştur. Ekşi hamur kullanılarak üretilen hamurlarda bu değer %11,92 en yüksek değer ise kepekli unla üretilmiş ekşi hamurlarda (%19,51) bulunmuştur. Ekşi hamurun antioksidan aktiviteyi arttırdığı bu çalışmada destekler nitelikte olmuştur [53].

Genellikle, ekstrakte edilebilir fenolik bileşiklerin artışı, antioksidan kapasitenin artmasından sorumludur. Birkaç tahılın uzun süreli ekşi maya fermantasyonu, fenoliklerin toplam içeriğini ve ekstrakte edilebilirliğini ve DPPH radikal süpürme aktivitesi, ferrik iyon azaltıcı antioksidan güç ve lipid peroksidasyon inhibisyon yeteneği ile ölçülen antioksidan aktivitelerini arttırdığı gözlemlenmiştir [87].

Kontrol kraker örneklerinin ABTS süpürme aktiviteleri incelenmiştir. Kontrol kraker örneklerinin değeri 164,884±8,07 μmol TE/100g bulunmuştur. En yüksek ABTS süpürme aktivitesinini sadece maya içeren kraker örneklerinin olduğu gözlemlenmiştir (375,736±6,13 μmol TE/100g) kontrol krakeri ve maya içeren kraker örnekleri arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunmuştur ($p<0,05$).

L. plantarum ve maya içeren (LPSC) kraker örnekleri 221,168±8,43 μmol TE/100g ve *L. brevis* ve maya içeren (LBSC) kraker örnekleri 241,234±16,87 μmol TE/100g, tüm suşları içeren (LPLBSC) kraker örnekleri ise 280,283±7,66 μmol TE/100g değerlerini vermiştir. Sadece *L. plantarum* içeren kraker grubu 336,145±20,70 μmol TE/100g sadece *L. brevis* içeren kraker grubu ise 337,229±9,97 μmol TE/100g değerini vermiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre laktik asit bakterileri ve mayanın birlikte ilave edildiği kraker grupları, sadece laktik asit bakterisi veya sadece maya içeren kraker gruplarına oranla daha düşük ABTS süpürme aktivitesi gösterdiği gözlemlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada ekşi hamur katılmayan bisküviler ile ekşi hamur ilaveli bisküvilerin ABTS radikal süpürme aktivite değerlerini kıyaslamıştır elde edilen sonuçlara göre ekşi hamur ilavesiz bisküviler 42,01±0,25 μmol/TE/100 g değerini verirken ekşi hamur ilave edilmiş bisküvilerde bu oran 60,31±0,42 μmol/TE/100

gdeğerini vermiştir. Ekşi hamur ilavesinin ABTS radikal süpürme aktivite değerlerini arttırdığı görülmektedir. Yaptığımız çalışmanın sonuçları incelendiğinde bu çalışmayı destekler nitelikte sonuçlar elde ettiğimiz görülmektedir. Ekşi hamur ilavesi ile birlikte kraker gruplarında ABTS değerleri artmıştır [88].

Ekşi mayalı çavdar ekmeklerinin antioksidan potansiyeli beyaz buğday ekmeklerinden daha yüksekti. Ekşi hamur fermantasyonu, ekstrakte edilebilir fenolik bileşiklerin seviyelerini arttırmıştır [87].

Çalışmamızın sonucu da ekşi hamur fermantasyonu ile antioksidan potansiyelin arttığını tüm ekşi hamurlarının kontrol grubu örneklerine oranla antioksidan aktvitesinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

4.6 Kraker Örneklerinin Duyusal Özellikleri

Duyusal örnek için katılımcalara aroma, renk, görünüm, tekstür ve genel beğeniyi puanlamaları istenmiştir. Tablo 4.5'e bakılacak olduğunda en yüksek aroma değerini 7,428 ile *L. plantarum, L. brevis ve S. cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker (LPLBSC) örnekleri göstermiştir. Kontrol numunesi ise en düşük aroma değerini almıştır. Ancak bu fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$).

Ekşi hamur mikroorganizmaları ilave edilen krakerlerin kontrol krakerleri ile aroma özellikleri açısından istatistiksel açıdan fark bulunmamıştır.

Tatlı ekmek hamurunun kalite teknolojisinde karışık kültürlerin etkisini doğrulamak için *L. brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kullanılmıştır. Duyusal değerlendirme sonucunda indirekt fermantasyon ile üretilen tatlı ekmeğin, doğrudan hamur fermantasyonu ile üretilen ekmeğe kıyasla yumuşaklık ve tat açısından daha kabul edilebilir olduğunu göstermiştir [75].

Kraker örneklerinde tekstür, diğer parametrelere oranla panelistler tarafından daha düşük puanlar almıştır. *L. plantarum* içeren kraker örnekleri kraker grupları arasında en düşük puanı almıştır.

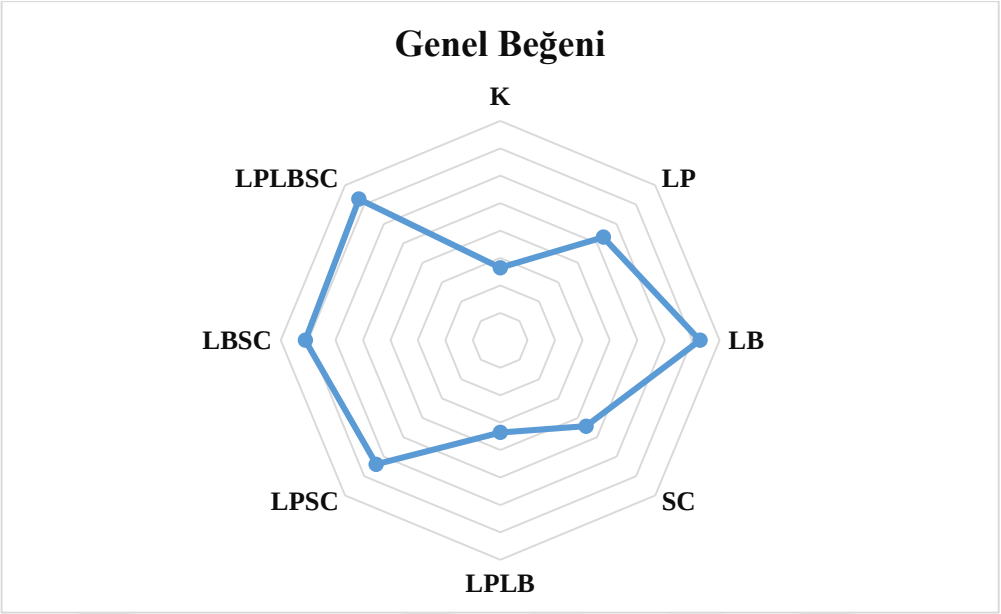
Şekil 4.7'de görüldüğü gibi en yüksek genel beğeni puanı alan numuneler ise laktik asit bakterileri ve mayayın içeren (LPLBSC) kraker örnekleri ve *L. brevis* (LB) olmuştur.

Duyusal analiz sonuçlarına göre ekşi hamur mikroorganizmaları ile üretilen krakerler ve kontrol krakerleri açısından istatistiksel anlamda fark görülmemiştir ($p>0,05$). Bu durum çalışmamızdaki örneklerimizin duyusal parametreleri olumsuz etkilemediğini panelistler tarafından kontrol krakerleri kadar beğenildiğini göstermektedir.

Tablo 4.5 Kraker örneklerinin duyusal analiz değerleri

Kraker Örnekleri	Aroma	Renk	Görünüm	Tekstür	Genel beğeni
K	$6,1\pm1,1^{a}$	$7,1\pm1,6^{a}$	$7,1\pm1,6^{a}$	$5,6\pm3,0^{a}$	$5,9\pm1,8^{a}$
LP	$7,3\pm1,5^{a}$	$7,1\pm1,5^{a}$	$7,6\pm0,8^{a}$	$5,1\pm2,0^{a}$	$6,5\pm1,0^{a}$
LB	$7,1\pm1,2^{a}$	$7,1\pm1,8^{a}$	$7,6\pm1,3^{a}$	$6,3\pm2,5^{a}$	$6,9\pm1,8^{a}$
SC	$6,9\pm1,3^{a}$	$7,4\pm1,1^{a}$	$7,4\pm1,5^{a}$	$5,4\pm2,6^{a}$	$6,3\pm1,5^{a}$
LPLB	$7,0\pm1,4^{a}$	$6,7\pm0,8^{a}$	$6,7\pm1,0^{a}$	$5,9\pm1,3^{a}$	$6,1\pm0,8^{a}$
LPSC	$7,3\pm1,4^{a}$	$7,1\pm0,9^{a}$	$7,0\pm0,6^{a}$	$6,0\pm1,6^{a}$	$6,7\pm1,0^{a}$
LBSC	$7,3\pm1,6^{a}$	$6,9\pm1,1^{a}$	$6,4\pm1,0^{a}$	$5,9\pm1,1^{a}$	$6,8\pm0,7^{a}$
LPLBSC	$7,4\pm1,6^{a}$	$7,0\pm1,2^{a}$	$6,3\pm1,0^{a}$	$6,4\pm1,1^{a}$	$6,9\pm0,4^{a}$

K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC:** *Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker
*Aynı harfle ve aynı sütunda gösterilmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).



K: Kontrol Krakeri, **LP:** *Lactiplantibacillus plantarum* içeren kraker, **LB:** *Levilactobacillus brevis* içeren kraker, **SC***: Saccharomyces cerevisiae* içeren kraker **LPLB:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Levilactobacillus brevis* kombinasyonunu içeren kraker, **LPSC:** *Lactiplantibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisia* kombinasyonunu içeren kraker, **LBSC:** *Levilactobacillus brevis* ve *Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker, **LPLBSC:** *Lactiplantibacillus plantarum, Levilactobacillus brevis ve Saccharomyces cerevisiae* kombinasyonunu içeren kraker

Şekil 4.7 Kraker örneklerinin duyusal analiz genel beğeni değerleri

5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Ekşi hamur mikroorganizmalarının kraker formülasyonuna eklenmesiyle birlikte hamurlardaki pH değerinin azaldığı görülmüştür. pH'nın azalması ile birlikte kraker örneklerinin parlaklıkları artarak daha açık renkli krakerler üretilmiştir.

Ekşi hamur mikroorganizmaları ile elde edilen hamurlar ve kontrol hamurunun reolojik özellikleri kıyaslandığında istatistiksel açıdan farklılık görülmemiştir kontrol hamuru ile benzer sonuçlar elde edilmiştir ($p>0,05$).

Krakerlerde çap ve kalınlık açısından kontrol krakerlerine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ekşi hamur mikroorganizmaları ilavesiyle çap oranı azalırken kalınlık oranı artmıştır.

Renk özelliklerine bakıldığında ise parlaklık oranının kontrol numunelerine kıyasla hepsinde arttığı gözlemlenmiştir. Yalnızca *L. plantarum* eklenen kraker grubu renk açısından en iyi sonucu verdiği söylenebilir.

Krakerlerin sertlikleri ise maya ve laktik asit bakterilerinin eklenmesiyle birlikte kontrol örneklerinden istatistiksel açıdan farklı bulunmamıştır ($p<0,05$). Bu kraker grupları, sodyum bikarbonat ilave edilmeden de sertlik değerinin kontrol numunesi ile benzer sonuçlar alabildiğimizi göstermiştir. *L. brevis* ve *S. cerevisiae* içeren kraker örnekleri en yüksek sertliği göstermiştir. Maya numunesi tek başına sertlik değerinini düşürürken *L. brevis* ile kombinasyonuyla sertlik derecesinde önemli ölçüde artış göstermiştir.

Krakerlere eklenen ekşi hamur mikroorganizmaları ile birlikte glisemik indeks değerlerinde önemli derecede düşüşler yaşanmıştır. Kontrol numuneleri ile yüksek glisemik indeks değerinde sayılan krakerler laktik asit bakterilerinin eklenmesiyle birlikte düşük glisemik indeks sınıfına girmiştir. En düşük glisemik indeks değeri ise *L. brevis*, *L. plantarum* ve *S. cerevisiae* kombinasyonu (LPLBSC) ile üretilen krakerler örneklerinde görülmüştür. Maya numuneleri kontrol numunelerine oranla glisemik indekste düşüş yaşasa bile laktik asit bakterilerine oranla daha yüksek glisemik indekse sahip olmuştur. Maya ve laktik asit

bakterilerinin bir arada eklendiği hamurlar en düşük glisemik indeks değerini göstermiştir.

Krakerlere ilave edilen ekşi hamur mikroorganizmalarının, krakerlerin kalite özelliklerine olumlu etki göstermekle birlikte glisemik indeks oranında düşüş sağlayarak sağlığa da faydalı etki göstermiştir.

Ekşi hamur ilavesinin toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteyi arttırıcı etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Sadece maya içeren kraker örneklerinin en yüksek toplam fenolik madde değerini verdiği ve antioksidan aktivitesi en yüksek kraker grubu olduğu gözlemlenmiştir.

Ekşi hamur mikroorganizmaları ile kraker üretimi kalite özelliklerini olumsuz etkilemeden, katkı maddesi kullanımını en aza indirerek hem sağlığa faydalı hem de lezzeti yüksek krakerler üretmede tercih edilebilecek bir yöntem olduğu söylenebilir.

KAYNAKÇA

[1] A. A. Selimovića, D. Miličevića, A. Selimovića, S. O. Žuljevićb, A. Jašića, A. Vranacb, "Properties of crackers with buckwheat sourdough," Acta Chimica Slovaca, Vol. 10, No. 2, pp. 152—158, 2017.

[2] C. O. Eleazu, The concept of low glycemic index and glycemic load foods as panacea for type 2 diabetes mellitus; prospects, challenges and solutions. African Health Sciences, 16, 468–479, 2016. https://doi.org/10.4314/ahs.v16i2.15

[3] H. Demirkesen-Bicak, M. Arici, M. Yaman , S. Karasu, O. Sagdic, Effect of Different Fermentation Condition on Estimated Glycemic Index, In Vitro Starch Digestibility, and Textural and Sensory Properties of Sourdough Bread, Foods, 10, 514, 2021.

[4] R. S. Chavan, S. R. Chavan, Sourdough Technology—A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review, Comprehensive Reviewsin Food Science and Food Safety Vol.10, 2011.

[5] A. Hansen, P. Schıeberle, Generation of Aroma Compounds During Sourdough Fermentation: Applied and Fundamental Aspects. Trends in Food Science and Technology, 16: 85-94, 2005.

[6] K. Arora, H. Ameur , A. Polo, R. Di Cagno, C. G. Rizzello, M. Gobbetti, Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review, Trends in Food Science & Technology 108, 71–83, 2021.

[7] M. J. Brandt, Sourdough products for convenient use in baking. Food Microbiology, 24(2), 161–164, 2007.

[8] S. Paramithiotis, A. Sofou, , E. Tsakalidou, G. Kalantzopoulos, World Journal of Microbiology and Biotechnology, 23, 1417, 2007.

[9] L. De Vuyst, G. Vrancken, F. Ravyts, T. Rimaux, S. Weckx, Biodiversity, ecological determinants, and metabolic exploitation of sourdough microbiota. Food Microbiology, 26(7), 666–675, 2009.

[10] L. De Vuyst, V. S. Kerrebroeck, H. Harth, G. Huys, H. M. Daniel, S. Weckx Microbial ecology of sourdough fermentations: diverse or uniform?. Food microbiology, 37, 11-29, 2014.

[11] L. De Vuyst, V. S. Kerrebroeck, F. Leroy, 2017 Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation. Advances in applied microbiology, 100, 49-160, 2017.

[12] A. Martín-Garcia, M. Riu-Aumatell, E. López-Tamames, Influence of process parameters on sourdough microbiota, physical properties and sensory profile. Food Reviews International, 1-15, 2021.

[13] P. Gereková, Z. Petruláková, E. Šturdík, Importance of lactobacilli for bread-making industry. Acta Chimica Slovaca, 4, 118–135, 2011.

[14] G. Özülkü, Laktik Asit Bakterileri ve Şerbetçiotu (Humulus lupulus) Kullanılarak Süne-kımıl (Eurygaster spp. ve/veya Aelia spp.) Zararı Görmüş Unların Ekmeklik Kalitesinin İyileştirilmesi, Hacettepe Üniversitesi, 2013.

[15] G. Kezer, Doğal Ekşi Hamurlardan Laktik Asit Bakterilerinin İzolasyonu Ve Tanimlanmasi İle Bazi Probiyotik Özelliklerinin Saptanmasi, Hacettepe Üniversitesi, 2019.

[16] L. De Vuyst, P. Neysens, The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions, Trends in Food Science & Technology 16 , 43–56, 2005.

[17] E. Caplice, G. F. FitzgeraldFood fermentations: Role of microorganisms in food production and preservation. International Journal of Food Microbiology, 50(1-2), 131–149, 1999.

[18] S. Paramithiotis, S. Gioulatos, , E. Tsakalidou, G., Kalantzopoulos, Interactions Between Saccharomyces cerevisiae and Lactic Acid Bacteria in Sourdough. Process Biochemistry, 41:2429-2433, 2006.

[19] O. Pepe, G. Blaiotta, M. Anastasio, G. Moschetti, D. Ercolini, and F. Villani, Technological and Molecular Diversity of *Lactobacillus plantarum* Strains Isolated from Naturally Fermented Sourdoughs, System. Appl. Microbiol. 27, 443–453, 2004.

[20] Z. J. Zheng S. Wittouck Elisa S. Charles Franz , Hugh M B Harris P. Mattarelli , P. W O'Toole , B. Pot , P. Vandamme , J. Walter , K. W. Sander W. Giovanna, E. Felis , M. G. Gänzle, S. Lebeer, A taxonomic note on the genus Lactobacillus: Description of 23 novel genera, emended description of the genus Lactobacillus Beijerinck 1901, and union of Lactobacillaceae and Leuconostocaceae, 2020.

[21] T. Klaenhammer, E. Altermann, F. ArıgonıBolotın, A. F. Breıdt, J. Broadbent, R. Sıezen, Discovering Lactic Acid Bacteria By Genomics. Antonie Van Leeuwenhoek, 82:29-58, 2002.

[22] S. Karlıdağ, Keçiboynuzu Unu İlavesinin Ekşi Hamur Fermantasyonuna Etkisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2019.

[23] V. Giannone, C. Longo, A. Damigella, D. Raspagliesi, A. Spina, ve M. Palumbo, Technological Properties Of Bakers' Yeasts İn Durum Wheat Semolina Dough. Journal Of Industrial Microbiology And Biotechnology, pp 443-453, 2010.

[24] M. Parapouli, A. Vasileiadis, A. Afendra, Efstathios Hatziloukas, S.cerevisae and its indrustrial application, National Central for Biotechnology Information, 6(1): 1–31, 2020.

[25] S. A. Mir, S. J. D. Boscoa, M. A. Shaha, S. Santhalakshmya, M. M. Mir, Effect of apple pomace on quality characteristics, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 16, 25-32, 2017.

[26] A. Ranok, P. Dissamal, C. Kupradit,C. Khongla, S. Musika, S. Mangkalanan, Physicochemical properties and antioxidant activity of gluten-free riceberry-

cheese cracker under simulated gastrointestinal transit, Journal of Food Science and Technology volume 58, 2825–2833, 2021.

[27] İ. Toğrul, Gölevez (Colocasia Esculenta (L.) Schott) Unu İlavesinin Glutensiz Krakerlerin Besleyici Ve Duyusal Özelliklerine Etkisi, Kocaeli Üniversitesi, 2021.

[28] I. Sedej, Faculty of Technology. University of Novi Sad, Serbia. Doctoral thesis prop. Sour, 2011.

[29] J. Han, J. Janz, M. Gerlat, Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. Food Research International. 43(2), 627–633, 2010.

[30] R.C. Hoseney, Principles of cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists International St. Paul, Minesota, USA, 275-305, 1998.

[31] J. Xu, Y. Zhang, W, Wang, Yonghui, Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review, Trends in Food Science & Technology 103,200–213, 2020.

[32] D. Manley, Biscuit, cracker and cookie recipes for the food ındustry, Woodhead Publishing, England, 2001.

[33] G. H. Mirsaeed, Emam-Djomeh, Z., Sayed, M.A.M., Rheometric measurement of dough rheological characteristics and factors affecting it, Internatıonal Journal of Agriculture and Biology, 10(1), 112-119, 2008.

[34] B. Yazıcı, Muhtelif un örnekleri kullanilarak glutensiz yeni kraker formüllerinin geliştirilmesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, 2019

[35] A. Corsetti, M. Gobbetti, Antimould activity of sourdough lactic acid bacteria: Identification of a mixture of organic acids produced by Lactobacillus sanfrancisco CB1. Applied Microbiology and Biotechnology, 50, 253–256, 1998.

[36] P. Crowley, T. J. Schober, C. I. Clarke, E. K. Arendt, The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. European Food Research and Technology, 214, 489–4962, 2002. https://doi.org/10.1007/s00217-002- 0500-7

[37] Ö. H. Sıkılı, M. Karapınar, Ekşi maya ekmeğinin mikroflorası ve aromatik karakteristikleri, 2002.

[38] A. W. Sahin, K. Rice, Sourdough technology as a novel approach to overcome quality losses in sugarreduced cakes. Food and Function, 10, 4985–4997 2019. https://doi.org/10.1039/ c8fo02340a

[39] C. Thiele, M. G. Ganzle R. F. Vogel, Contribution of sourdough lactobacilli, yeast, and cereal enzymes to the generation of amino acids in dough relevant for bread flavor. Cereal Chemistry, 79, 45–51.2002. https://doi.org/10.1094/

[40] M. Ganzle, Sourdough from fundamentals to applications. Trends in Food Science & Technology, 8-11, pp 69-70, 2005.

[41] A. Corsetti, L. Settanni Lactobacilli in sourdough fermentation. Food Res Intern 40:539–58, 2007.

[42] C. Thiele, C. M. G. Gänzle, R.F. Vogel, Cereal Chem, 79: 45—51, 2002.

[43] C. Hoseney Principles of cereal science and technology. 2nd ed. St. Paul, Minn.: American Association of Cereal Chemists, 1994.

[44] W. Messens W, L. De Vuyst, Inhibitory substances produced by Lactobacilli isolated from sourdoughs – a review. Intern J Food Microbiol 72:31–43, 2002.

[45] L. A. M. Ryan, F. D. Bello, M. Czerny, P. Koehler, E. K. Arendt, Quantification of phenyllactic acid in wheat sourdough using high resolution gas chromatography-mass spectrometry. J Agric Food Chem 57:1060–4, 2009.

[46] D. Jenkins, T. Wolever, A. Jenkins, M. Thorne, R. Lee, Kalmusky J, et al. The glycaemic index of foods tested in diabetic patients: a new basis for carbohydrate exchange favouring the use of legumes. Diabetologia, 24(4):257-64, 1983.

[47] S. K. Raatz, C. J. Torkelson, J. B. Redmon Kristell P. Reck, C. A. Kwong, Joyce E. Swanson, C. Liu, William Thomas, J. P. Bantle, Load Diets Do Not İncrease the Effects of Energy Restriction on Weight Loss and İnsulin Sensitivity in Obese Men and Women. American Society for Nutrition, 135: 2387-2391, 2005.

[48] B. Yusufoğlu, M. Yaman, E. Karakuş, Enzymatic Hydrolysis And Glycemic Assessment Of The Carbohydrates In Some Natural Turkish Indigenous Foodstuffs In Simulated System, Sigma J Eng & Nat Sci 38 (4), 2123-2131, 2020.

[49] K. Mahan, S. Escott-Stump, Weight management and eating disorders, Krause's Food, Nutrition, Diet Therapy, Philadelphia451-476, 1996.

[48] T. M. Wolever, D. J. Jenkins, R. G. Josse, "the glycemic index: Methodology and Clinical implications". Am J Clin Nutr. ; 54:846–854, 1991.

[49] C. G. De Angelis Rizzello, G. Alfonsi, P. Arnault S. Capelle R. Di Cagno M. Gobbetti Use of sourdough lactobacilli and oat fibre to decrease the glycaemic index of white wheat bread. Br J Nutr 98:1196–1205, 2007.

[50] S. Malisova, F. A. Lindberg, G. Karaniki, Glycemic Index (GI) or Glycemic Load (GL) and Dietary Interventions for Optimizing Postprandial Hyperglycemia in Patients with T2 Diabetes: A Review. Nutrients, 12(6): 1561, 2020.

[51] D. Novotni, D. Uric, M. B. I. C. Baric´, D. Sˇkevin, N. Cˇ Ukelj Glycemic index and phenolics of partially-baked frozen bread with sourdough, International Journal of Food Sciences and Nutrition, February; 62(1): 26–33, 2011.

[52] S. W. Lau, A. Q. Chong, N. L. Chin, R. A. Talib, R. K. Basha, Sourdough Microbiome Comparison and Benefits, Microorganisms, 9, 1355, 2021.

[53] I, Banu, I. Vasilean, I. Aprodu, Effect of Lactic Fermentation on Antioxidant Capacity of Rye Sourdough and Bread Food Sci. Technol. Res., 16 (6), 571 – 576, 2010.

[54] D. Sands, C. Morris, E. Dratz, A. Pilgeram, Elevating optional human nutrition to a central of plant breeding and production of plant-based foods. Plant Science, 177, 377-389, 2009.

[55] R. Iyer, R. S.K. Tomar, Folate: a functional food constituent. J. Food Sci., 74, 114-122, 2009.

[56] C. G. Rizzello, R. Coda, F. Mazzacane , D. Minervini, M. Gobbetti, Micronized by-products from debranned durum wheat and sourdough fermentation enhanced the nutritional, textural and sensory features of bread, Food Research International, 304–313, 2012.
[57] A. V. Moroni, E. Zannini, G. Sensidoni, E.K. Arendt, Exploitation of Buckwheat Sourdough for the Production of Wheat Bread. Eur. Food Res. Technology, 235, 659–668, 2012.
[58] C. G. Rizzello, A. Lorusso, V. Russo, D. Pinto, B. Marzani, M. Gobbetti, Improving the Antioxidant Properties of Quinoa Flour through Fermentation with Selected Autochthonous Lactic Acid Bacteria. Int. J. Food Microbiology, 241, 252–261. 2017.
[59] P. Filannino, R. Di Cagno, M. Gobbett, Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: get out of the labyrinth, Current Opinion in Biotechnology, 49:64–72, 2018.
[60] C. Laurent-Babot, J. Guyot, Should Research on the Nutritional Potential and Health Benefits of Fermented Cereals Focus More on the General Health Status of Populations in Developing Countries?, Microorganisms 2017, 5, 40
[61] M. Gobbettia, , M. De Angelisb , R. Di Cagnoa , M. Calassob , G. Archettic , C. G. Rizzello, Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation, International Journal of Food Microbiology, 0168-1605, 2018.
[62] K. N. Englyst, H. N. Englyst, G. J. Hudson, T. J. Cole, ve J. H. Cummings, (1999). Rapidly available glucose in foods: an in vitro measurement that reflects the glycemic response. The American journal of clinical nutrition, 69(3), 448- 454.
[63] H. Demirkesen Bıçak, Ekşi Hamur Fermantasyonunun Nişasta Sindirilebilirliğine, Mineral Ve Protein Biyoerişilebilirliğine Etkisi, Yildiz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2021.
[64] B. V. L. Singleton, R. Orthofer, R. M. Lamuela-Ravent6s, Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent Am. J. EnoL Vitic. 25, 119, 1974.
[65] W. Brand-Williams, C. L. W. T. Cuvelier, Berset, Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. LWT-Food Science and Technology, 28, 25-30, 1995.
[66] R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, C. Rice-Evans, Antioxidant Activity Applying An Improved Abts Radical Cation Decolorization Assay, Free Radical Biology & Medicine, Vol. 26, Nos. 9/10, pp. 1231–1237, 1999.
[67] H. Alibašić , H. Junuzović , A. Selimović , A. Selimović T. Brčina, Chemical composition and sensory properties of gluten-free crackers with buckwheat sourdough, International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology, ISSN: 2349-8889 Volume-7, Issue-4, July 2020.
[68] C. Lönner, K. Preve-Akesson, Acidification of lactic acid bacteria in rye sour doughs. Food Microbiology 5: 43-58, 1988.
[69] O. Pepe, G. Blaiotta, M. Anastasio, G. Moschetti, D. Ercolini, F. Villani, Technological and molecular diversity of *Lactobacillus plantarum* strains isolated from naturally fermented sourdoughs. Syst. Appl. Microbiol., 27, 443–453, 2004.

[70] B. Meignen, B. Onno, P. Gelinas, M. Infantes, S. Guilois, and B. Cahagnier, Optimization of sourdough fermentation with lactobacillus brevis and baker's yeast. Food Microbiology, 18, 239-245, 2001.
[71] C. Xin, L. Nie , H. Chen , J. Li, B. Li, "Effect of degree of substitution of carboxymethyl cellulose sodium on the state of water, rheological and baking performance of frozen bread dough", Food Hydrocolloids 80 8-14, 2018.
[72] H. Gujral, I. Guardiola, J. V. Carbonell, C. M. Rosell, Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(13), 3814-3818, 2003.
[73] M. Çepiç, Dondurulmuş hamurların çözündürülmesinde ultrasesin kullanilmasi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2022.
[74] T. J. Schober, P. Dockery, Arendt EK (2003) Eur. Food Res. Technol. 217: 299—304
[75] C. I. Clarke, T. J. Schober, P. Dockery, K. O'Sullivan, E. K. Arendt, Wheat Sourdough Fermentation:Effects of time and acidification on fundamental rheological properties, Cereal Chem. 81(3):409–417,2004.
[76] M.T. Labuschagne, M.C.B. Coetzee, C.S. Van Deventer, Biscuit-making quality prediction using heritability estimates and correlations, Journal of the Science of Food and Agriculture, 70, 25-28, 1996.
[77] A. M. Terzi, Kraker Üretiminde Sodyum metabisülfit kullaniminin çeşitli enzimler ve maya ekstrakti ile ikame edilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
[78] T. Alioğlu, Tam Buğday Unlu Ekşi Hamurun Bisküvi Üretiminde Kullaniminin Bisküvi Kalite Özelliklerine Etkisi, Yildiz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
[79] H. G. Kotancilar , T. Yakar, M. M. Karaoğlu, Ekşi hamur ve buğday, çavdar, yulaf tam unu katkılı ekmeklerin kalitatif özellikleri, ATA-Gıda Dergisi, 1(1), 0004, 2022.
[80] M.R. Spier, M. Rapacci, S. D. Dutcosky, M. R. G. de Almeida Souza Tedrus, Sweet Bread Produced by the Lactic Acid Bacteria *L. brevis* and the Yeast S. cerevisiae, International Journal of Food Engineering, Vol. 3, Iss. 5, Art. 2, 2007.
[81] E. Taş Bisküvi üretiminde bazı kabartıcı kombinasyonlarının bisküvinin kalitatif özelliklerine etkisi üzerine bir araştırma, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
[82] E. Şenol, In vitro glycemic index determination of turkish sourdough breads and strategies to reduce glycemic index, Yıldiz Technical University Graduate School Of Natural And Applied Sciences, 2018.
[83] K. H. Liukkonen, Process-induced changes on bioactive compounds in whole grain rye. Proc. Nutr. Soc., 62, 117-122, 2003.
[84] M. Hayta, M. Hendek Ertop, Optimisation of sourdough bread incorporation into wheat bread by response surface methodology: Bioactive and nutritional properties, International Journal of Food Science and Technology, 2017.
[85] R. Coda, G. Rizzello, M. Gobbetti, Use of sourdough fermentation and pseuso-cereals and leguminous flours for the making of a functional bread enriched of γ-aminobutyric acid. Int. J. Food Microbiol., 137, 236-245, 2010.

[86] C. G. Rizzello, L. Nionelli, R. Coda, M. De Angelis, M. Gobbetti, Effect of sourdough fermentation on stabilisation, and chemical and nutritional characteristics of wheat germ, Food Chemistry 119,1079–1089, 2010.
[87] M. Gobbettia, M. De Angelisb, R. Di Cagnoa, M. Calassob , G. Archettic, C. G. Rizzello, Novel insights on the functional/nutritional features of the sourdough fermentation, International Journal of Food Microbiology, 0168-1605, 2018.
[88] O. S. Omoba, L. R. Isah, Influence of sourdough fermantation on amino acids composition, phenolic profile, and antioxidant properties of sorghum biscuits, Prev Nutr Food Sci, 23 (3): 220-227, 2018.

A
KRAKER ÖRNEKLERİNİN DUYUSAL ANALİZ DEĞERLENDİRME FORMU

Tablo A.1 Duyusal analiz değerlendirme formu

1-9 Arasında Puanlama Yapınız	**ÖRNEK KODLARI**							
	254	873	138	459	612	537	948	675
Aroma								
Renk								
Görünüm								
Tekstür								
Genel Beğeni								
1- Hiç beğenmedim, **5-**Ne beğendim ne beğenmedim **9-**Mükemmel								
Ek değerlendirme varsa yazınız:								

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Buse Bölükbaş, Görkem Özülkü, Hatice Bekiroğlu, Osman Sağdıç, “Ekşi Hamur Mikroorganizmaları İle Kraker Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Araştırılması” Uluslararası Araştırma-Geliştirme ve Tasarım Konferansı 15-18 Aralık 2021