T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEK ÜRETİMİNDE EKŞİ HAMUR KULLANIMI

Figen GÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Gıda Mühendisliği Programı

Danışman
Prof. Dr. Muhammet ARICI

Aralık, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KEK ÜRETİMİNDE EKŞİ HAMUR KULLANIMI

Figen GÜL tarafından hazırlanan tez çalışması 12.12.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Muhammet ARICI

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Muhammet ARICI, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

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

Dr. Öğr. Üyesi Banu METİN, Üye
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Muhammet ARICI sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Kek Üretiminde Ekşi Hamur Kullanımı 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.

Figen GÜL

İmza

Bu çalışma, Şölen Çikolata Gıda San. ve Tic. A.Ş.'nin TÜBİTAK tarafından desteklenen 1501 Sanayi Ar-ge Projesinden (Proje no: 3180282) üretilmiştir.

Aileme

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansım boyunca ve tez çalışmamın başından sonuna kadar her aşamasında bilgisi ve tecrübesini paylaşarak bana yardımcı olan, sabır ve hoşgörü ile desteğini esirgemeyen ve bana yol gösteren saygıdeğer danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Muhammet ARICI'ya sonsuz saygı ve teşekkürü borç bilirim.

Bu tez çalışmasının TÜBİTAK tarafından desteklenen 3180282 proje numaralı 1501 Sanayi Ar-ge Projesinden üretilmesine, gerçekleştirilmesine olanak sağlayan ve her türlü konuda destek veren Şölen Çikolata Gıda San. ve Tic. A.Ş. ailesine ve TÜBİTAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam sırasında her konuda yardımcı olan Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü saygıdeğer hocalarına ve araştırma görevlilerine teşekkür ederim. Ar. Gör. Ruşen Metin YILDIRIM ve Ar. Gör. Hatice BEKİROĞLU'na ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Tüm bu süreçte yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen başta Merve KAHRAMAN, Ahmet AY ve Bahar GÜL olmak üzere arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca daima yanımda olarak sevgilerini her zaman yürekten hissettiren, attığım her adımda beni maddi ve manevi olarak destekleyen sevgili annem, babam, ablam ve kardeşime teşekkür ve şükranlarımı borç bilirim.

Figen GÜL

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ VIII
KISALTMA LİSTESİ IX
ŞEKİL LİSTESİ X
TABLO LİSTESİ XI
ÖZET XII
ABSTRACT XIV
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Hipotez 2
2 LİTERATÜR TARAMASI 3
2.1 Kek 3
2.2 Ekşi Hamur 5
2.3 Ekşi Hamur Ürünleri 14
2.4 Ekşi Hamurla Üretilmiş Kek ve Benzeri Ürünler 16
3 MATERYAL VE METOT 19
3.1 Materyal 19
3.2 Metot 19
3.2.1 Un Analizleri 19
3.2.2 Ekşi Hamur Eldesi 21
3.2.3 Kek Denemeleri 22
3.2.4 Ekşi Hamurlarda ve Ekşi Hamurlu Keklerde Yapılan Analizler 22
4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 28
4.1 Kek Ununun Özellikleri 28
4.2 Ekşi Hamurların Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Özellikleri 30
4.3 Kek Örneklerinin Fizikokimyasal, Tekstürel ve Duyusal Özellikleri 32
4.3.1 Kek Örneklerinin pH ve Titrasyon Asitliği Değerleri 32
4.3.2 Kek Örneklerinin Su Aktiviteleri, Nem, Protein ve Toplam Şeker İçerikleri 35
4.3.3 Kek Örneklerinin Kek İçi ve Kabuğuna Ait Renk Değerleri 38

4.3.4 Kek Örneklerinin Tekstürel Özellikleri 43
4.3.5 Kek Örneklerinin Duyusal Değerlendirilmesi 46
5 SONUÇ VE ÖNERİLER **50**
A DUYUSAL ANALİZ FORMU **54**
B ÖRNEK FARİNOGRAF VE EKSTENSOGRAF GRAFİĞİ **55**
C ÖRNEK TEKSTÜR GRAFİĞİ **56**
KAYNAKÇA **57**
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **67**

SİMGE LİSTESİ

±	Artı Eksi İşareti
˚C	Derece Santigrat
a*	Kırmızı ve Yeşil Renk
b*	Sarı ve Mavi Renk
L*	Parlaklık
%	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

BU	Brabender Birimi
CO_2	Karbondioksit
cm^2	Santimetre kare
dk	Dakika
FE	Farinogram Birimi
g	Gram
H_2O	Su
H_2SO_4	Sülfürik Asit
H_3BO_3	Borik Asit
kg	Kilogram
kob	Koloni Birimi
log	Logaritma
mJ	Milijoule
mL	Mililitre
MTI	Yoğurma Tolerans Sayısı
N	Normalite
NaOH	Sodyum Hidroksit
ppm	Milyonda Bir
s	Saniye
ssp.	Alt tür
TGK	Türk Gıda Kodeksi
var.	Varyete
WAC	Water absorption corr. for default consistency

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1 Soldan soğa doğru sırasıyla %0 ekşi hamurlu kontrol keki, %10, %15, %20 Tip I, %10, %15, %20 Tip II ekşi hamurlu kek örneklerinin dış görünümleri 38
Şekil 4.2 Soldan soğa doğru sırasıyla %0 ekşi hamurlu kontrol keki, %10, %15, %20 Tip I, %10, %15, %20 Tip II ekşi hamurlu kek örneklerinin iç görünümleri 39

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Ekşi hamurdan en yaygın izole edilen laktik asit bakterileri..... 9
Tablo 4.1 Kek ununun fizikokimyasal özellikleri..... 28
Tablo 4.2 Ekşi hamur örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri, laktik asit bakteri ve maya sayısı..... 31
Tablo 4.3 Kek örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri..... 34
Tablo 4.4 Kek örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri..... 36
Tablo 4.5 Kek örneklerinin iç renk değerleri..... 40
Tablo 4.6 Kek örneklerinin kabuk renk değerleri..... 41
Tablo 4.7 Kek örneklerinin tekstürel özellikleri..... 44
Tablo 4.8 Kek örneklerinin duyusal özellikleri..... 47

ÖZET

Kek Üretiminde Ekşi Hamur Kullanımı

Figen GÜL

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Muhammet ARICI

Çalışma kapsamında ekşi hamurun kekte kullanılabilirliği belirlenmeye çalışılmıştır. Tip I ve Tip II ekşi hamurdan %10, %15, %20 oranlarında kullanılmış, üretilen keklerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özellikleri belirlenmiştir. Tip I ve Tip II ekşi hamurun pH değeri sırasıyla 4,25 ve 3,82, laktik asit miktarı %0,93 ve %1,48 bulunmuştur. Tip I ve Tip II ekşi hamurun maya sayısı sırasıyla 5,25 ve 7,36 log kob/g, laktik asit bakteri sayıları sırasıyla 9,10 ve 8,92 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Keklerin pH değeri 6,08-7,03, laktik asit cinsinden titrasyon asitlikleri %0,24-0,50 arasında, nem değerleri %17,16-18,50, su aktiviteleri 0,778-0,790 arasında, kuru maddede protein içerikleri %6,33-7,95, toplam şeker içeriği %34,4-37,8 arasında değişmiştir. Ekşi hamurlu keklerin protein içerikleri kontrol kekinden daha azken, ekşi hamur oranı arttıkça mikrobiyal yük artmış, keklerin toplam şeker miktarı düşme eğilimi göstermiştir. Keklerin iç renk L*, a*, b* değerleri sırasıyla 72,13 ile 73,79, −4,22 ile −2,99, 23,10 ile 26,95 ve kabuk renk L*, a*, b* değerleri 48,31 ile 50,78, 11,69 ile 13,09, 23,73 ile 27,77 arasında değişmiştir. Keklerin

tekstürel özelliklerinden sertlik 342,13-475,20 g, yüzey yapışkanlığı 0,02-0,03 mJ, esneklik 0,22-0,28, iç yapışkanlık 0,50-0,65, elastikiyet 4,74-5,33 mm ve çiğnenebilirlik 8,07-16,32 mJ arasında değişmiştir. Kontrol keki ile kıyaslandığında Tip I veya Tip II ekşi hamur sertlik, esneklik, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik değerlerinin daha düşük olmasına sebep olmuştur. Ekşi hamur katkısı yüzey yapışkanlığını etkilemezken ($p>0,05$), elastikiyet değeri %15, %20 Tip I ve %20 Tip II ekşi hamurlu kekler kontrol kekinden farklıdır ($p<0,05$). Keklerin duyusal özelliklerinden çiğnenebilirlik ve lezzetlerine ekşi hamurların önemli ölçüde etkilemediği ($p>0,05$), ancak %10, %15 Tip II ekşi hamurlu keklerde kontrol kekinden dış ve iç renkte, %10 Tip II ekşi hamurlu keklerde gözenek yapısında farklılık oluşturduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Yapılacak çalışmalar ile ekşi hamurun keklerde kullanımının arttırılması ve kek özelliklerinin geliştirilmesi muhtemeldir.

Anahtar Kelimeler: Kek, ekşi hamur, fizikokimyasal, tekstürel, duyusal özellikler

ABSTRACT

Usage of Sourdough in Cake Production

Figen GÜL

Department of Food Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Prof. Dr. Muhammet ARICI

In the scope of the study, usability of sourdough in cake was tried to determine. Type I and Type II sourdough were used in 10%, 15%, 20% ratios and the physicochemical, textural and sensory properties of the produced cakes were determined. Type I and Type II sourdough's pH values were respectively found as 4,25 and 3,82, lactic acid content were found as 0,93% and 1,48%. The yeast counts of Type I and Type II sourdough were respectively determined as 5,25 and 7,36 log cfu / g and lactic acid bacteria counts were determined as 9,10 and 8,92 log cfu / g. The pH values of the cakes ranged from 6,08-7,03, titration acidity in terms of lactic acid 0,24-0,50%, moisture values 17,16-18,50%, water activities 0,778-0,790, protein content in dry matter 6,33-7,95% and the total sugar content in dry matter 34,4 to 37,8%. While the protein contents of the sourdough cakes were less than the control cake, the microbial load increased as the sourdough ratio increased, and the total sugar content of the cakes tended to decrease. The interior color L *, a *, b * values of the cakes ranged from 72,13 and 73,79, −4,22 and −2,99, 23,10 and 26,95 and exterior color L *, a *, b * values ranged from 48,31 to 50,78, 11,69 and 13,09, 23,73 and 27,77, respectively. In terms of textural properties, hardness values

ranged from 342,13-475,20 g, adhesiveness 0,02-0,03 mJ, resilience 0,22-0,28, cohesiveness 0,50-0,65, springiness 4,74-5,33 mm and chewiness 8,07-16,32 mJ. Compared with control cake, Type I or Type II sourdough caused to be less in term of hardness, resilience, cohesiveness, chewiness values. While the sourdough additive does not affect the adhesiveness ($p > 0.05$), the springiness value of 15%, 20% Type I and 20% Type II sourdough cakes is different from the control cake ($p < 0.05$). In terms of sensory proporties, sourdoughs did not significantly affect the chewiness and flavor of the cakes ($p > 0.05$), but 10%, 15% Type II sourdough cakes differed from the control in term of interior and exterior color, and 10% Type II sourdough cakes differed in pore structure was found ($p < 0.05$). Increasing the usage of sourdough in cakes and improving the properties of cakes is possible with future studies.

Keywords: Cake, sourdough, physicochemical, textural, sensory properties

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

İnsanlık tarihinin en önemli ve ayrılmaz bir parçası olan gıdalar, insanların sağlıklı bir yaşam sürdürebilmek için ihtiyaç duydukları enerjinin karşılanması için gereklidir. Toplumun ihtiyaç duyduğu gıdalara erişimde, gıdaların kullanımında ve kalitesinin arttırılmasında gıda endüstrisi oldukça büyük bir yere sahiptir [1,2].

Gıda endüstrisinde unlu mamuller önemli bir yer tutmaktadır. Unlu mamul sektöründe özellikle son 150 yılda büyük gelişmeler yaşanmış, tüketici taleplerinde değişmelerle birlikte ürün çeşitliliği artmıştır. Mayalı veya mayasız ekmek, kek, çörek, bisküvi, kurabiye gibi çok çeşitli ürünler bulunmakta olup bu ürünlerin şekil, boyut ve aroma gibi özellikleri değiştirilerek kendi içlerinde çeşitlendirilebilir. Bu nedenle ürün grubu oldukça büyüktür. Bu geniş ürün grubu arasında ise kekler önemli bir yer tutmakta ve tüketicilerin hazır gıdalara eğilimleri ve farklı tat arayışları sebebiyle keklere olan yönelimi gün geçtikçe artmaktadır [1,3, 4, 5].

İnsanlar son zamanlarda daha farklı ve sağlık açısından daha iyi olduğunu düşündükleri ürünleri tercih etme eğiliminde olduklarından bu yöndeki araştırma ve geliştirme çalışmaları artış göstermiştir. Tüketici talebinin karşılanmasına yönelik özellikle ürünlere fonksiyonel bileşenlerin eklenmesi ya da bu fonksiyonel bileşenlerin formülasyonda yer alan diğer bileşenlerin yerine kullanılması önem taşımaktadır [6, 7].

Günümüz insanlarının doğal, katkısız ürünler doğrultusundaki tercihleri ekşi hamurla yapılan çalışmaları da arttırmıştır. Laktik asit bakterileri ve mayaları içeren ekşi hamur, fermente olmuş un ve su karışımı olarak tanımlanmaktadır. Ekşi hamur kullanıldığı ürünlerin lezzet ve aroma gibi duyusal özellikleri ile tekstür gibi fizikokimyasal özelliklerinin yanı sıra besinsel özelliklerini ve raf ömrünü de geliştirmektedir [5, 8, 9]. Bu değişikliklerde ekşi hamur mikrobiyotası aktivitesi sonucu meydana gelen metabolitler etkili olmaktadır [10]. Mikrobiyal metabolitler

dışında asidifikasyon, proteoliz, birçok enzimin aktive olması da değişikliklere sebep olmaktadır [11].

Ekşi hamur fermentasyonu sonucu oluşan metabolitler bayatlamayı geciktirmektedir ve küf gibi mikroorganizmaların gelişimi üzerine inhibe edici etki göstermektedir. Bunun sonucunda ekmek gibi ekşi hamur kullanılan ürünler daha uzun raf ömrüne sahip olmaktadır. Mikroorganizmaların aktivitesi sonucu oluşan gaz ekşi hamur kullanılan ürünlerin kabarmasını sağlamaktadır. Ayrıca ekşi hamur fermentasyonu ürünlerin besinsel ve duyusal özelliklerini de etkilemektedir [5].

Ekşi hamur günümüzde ekmek, kraker, kek ve benzeri ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Dünyada örneğin ekşi hamurlu ekmek, İtalyan Noel keki gibi kek ve benzeri ürünler ve kraker gibi ürünler ekşi hamur kullanılarak üretilmektedir [5]. Ülkemizde ise ekşi hamurlu ürünlerin başında Vakfıkebir ekmeği gelmektedir [12, 13].

Bu çalışmada, kullanıldığı ürün üzerinde birçok faydalı etkisi bulunan ekşi hamur, kek formülasyonuna eklenmiş ve ekşi hamur fermentasyonunun ürünün fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın başlıca amacı farklı tip ve konsantrasyonlarda ekşi hamur ilave edilen keklerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özelliklerinin incelenmesi ile ekşi hamurun kek üretiminde kullanılabilirliğinin belirlenmesidir. Ayrıca ekşi hamurun sağladığı faydalı etkileri keklere kazandırarak tüketici taleplerini karşılayan bir ürün elde etmektir.

1.3 Hipotez

Ekşi hamur üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde ekşi hamurun başta ekmek olmak üzere kullanıldığı ürünlerin fizikokimyasal, tekstürel, besinsel ve duyusal özellikleri geliştirdiği ve raf ömrünü etkilediği belirlenmiştir. Hipotezimiz, kek formülasyonuna ekşi hamur ilavesi ile tüketicilerin sağlık açısından etkilerini de dikkate alarak, daha doğal ve daha az katkılı ürünlere olan taleplerini karşılayan, fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özellikleri iyileştirilmiş kek geliştirilmesidir.

2
LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Kek

Kek, unlu mamul sektöründe önemli bir yer tutan, dünyada ve ülkemizde her yaştan insan tarafından sevilerek tüketilen bir üründür. Yaygın olarak tercih edilmesinin nedenleri olarak düşük maliyetli olması, üretim kolaylığına ve uzun raf ömrüne sahip olması sayılmaktadır. Ayrıca kek, endüstriyel olarak üretiminin yaygınlaşmasıyla birlikte herkes tarafından kolaylıkla elde edilebilen bir ürün olmuştur [14, 15]. Kek endüstriyel olarak üretilmesinin yanında evlerde de yapılmaktadır. Çok farklı formülasyonlara sahip kekler üretilmekte ve böylece kek çeşitleri artmaktadır [16]. Ancak genel olarak kek, 'un, yumurta, şeker, su, süt, yağ, kabartıcı ve tatlandırıcı gibi temel bileşenlerin bir araya getirilmesi ve elde edilen hamurun uygun koşullarda pişirilmesi sonucu üretilen unlu mamul' olarak tanımlanmaktadır [17, 18]. Kek kalitesi kullanılan bileşenlere ve bu bileşenlerin fonksiyonuna, formülasyonun dengeli olmasına ve uygulanan karıştırma, pişirme işlemlerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Kaliteli bir kek elde etmenin ilk koşulu kek bileşenlerinin seçimi ve bu bileşenlerin fonksiyonu hakkında yeterli bilgiye sahip olunmasıdır [16].

Kek üretiminde kullanılan un, kek yapısını ve tekstürünü oluşturmasının yanı sıra lezzet gelişiminde önemli rol oynayan temel bileşenlerdendir. Pişirme işlemi aşamasında hem unda bulunan nişastanın jelatinizasyonunun gerçekleşmesi hem de proteinlerin koagüle olması yapının oluşumunu sağlamaktadır [16, 19]. Keklerde kullanılan unun yumuşak buğday unu olması, bu unun %7-9 protein içermesinin yanında gluten kalitesi ve gücünün kek için uygun olması ve yaklaşık %0,4 kül içermesi gerekmektedir [20]. Ayrıca nişastası fazla miktarda zedelenmiş ince yapıdaki unların kullanıldığı keklerin kalitesinin düşük olduğu buna karşın partikülleri düzgün ve orta irilikte olan unların kullanılmasıyla kaliteli kek elde edileceği belirtilmektedir [21, 22].

Şeker, tatlılık, nemlilik, yumuşaklık, hacim, renk ve enerji gibi özellikler kazandıran kek bileşenidir. Karıştırma sırasında şeker hava ile yağ moleküllerinin bir araya gelmesini sağlayarak kek hacminin arttırılmasında rol oynamaktadır. Ayrıca şeker nişastanın jelatinizasyon sıcaklığında yükselmeye neden olmaktadır. Bu sırada gözenekler daha da büyümektedir. Böylece hacim artmakta, daha düzgün bir tekstür oluşmaktadır [16, 23, 24]. Şeker higroskopik özelliği nedeniyle keklerin nemini arttırmaktadır ve karamelizasyon ve Maillard reaksiyonu ile renk gelişimine de katkıda bulunmaktadır [16, 25].

Kek üretiminde kullanılan yağlar ürüne yumuşaklık, işlenebilirlik kazandırmaktadır. Karıştırma sırasında havayı tutması ve böylece hamurun havalandırılmasının yanında hamurların daha stabil yapıda olmasını sağlamaktadır. Ayrıca ürünlerin gevrekliğini arttırmakta, yeme kalitesini geliştirmekte, daha düzgün son ürün elde edilmesini sağlamaktadır [26]. Kekin duyusal özellikleri üzerinde etkili olan tereyağı da diğer yağlara ek olarak kek formülasyonuna eklenebilmektedir. Ancak tereyağının hacimde düşüşe neden olması nedeniyle emülgatör ilavesi gerekmektedir [27, 28].

Kek formülasyonunda yer alan başlıca bileşenlerden bir diğeri de yumurtadır [28, 29]. Yumurta su içeriğinin yüksek olmasından dolayı kekin nemlenmesini sağlarken, çırpıldığında köpük oluşturması nedeniyle hamurun havalandırılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca yumurta sarısındaki lesitin nedeniyle emülgatör özellik göstermektedir. İçerdiği proteinlerin koagüle olması ile yumurtanın yapıyı geliştirme gibi etkileri bulunmaktadır. Yumurta keklerin renk, görünüş ve besin değerini de etkilemektedir [16, 30].

Kekte bulunan su, süt vb. gibi sıvı bileşenlerin keke pek çok etkisi bulunmakta olup bu sıvı kısım nişastanın hidratasyonunu sağlayarak nişasta jeletinizasyonuna neden olmaktadır. Ayrıca hamur içerisinde bulunan bileşenlerin çözünmesini sağlamaktadır. Pişme sırasında sıvı kısmın buharlaşması kabartıcılardan kaynaklanan karbondioksit ile birlikte ürünün kabarmasında etkili olmaktadır. Bununla birlikte su, kabartıcıların reaksiyonunun başlamasını sağlamaktadır. Ayrıca hamurun sıcaklığına, yoğunluğuna etki etmesi nedeniyle yapının oluşumuna

katkıda bulunmaktadır. Kek üretiminde yaygın olarak kullanılan süt, ürünün besin değeri, görünüşü, tekstürü ve rengi üzerinde etkili olan bir bileşendir [16, 28, 31].

Kabartıcıların hamur içerisindeki kimyasal reaksiyonları sonucu karbondioksit oluşmaktadır. Böylece hamurun fizikokimyasal yapısını geliştirmekte, hacim artışına katkıda bulunmaktadır. Oluşan gaz ile birlikte son ürün hafif olmasının yanı sıra parlak, yumuşak, uniform gözenekli bir iç yapı elde edilmektedir. Ayrıca kimyasal kabartıcılar ürünün yeme kalitesinin artmasını, görünümünün daha iyi ve sindiriminin daha kolay olmasını sağlamaktadır [32, 33, 34, 35]. Sodyum bikarbonat, sodyum bikarbonat ile kabartıcı asit ve taşıyıcı karışımı, amonyum bikarbonat, sodyum asit pirofosfat (SAPP), potasyum bikarbonat, sodyum karbonat ve tartarik asidin mono potasyum tuzu en çok kullanılan kabartıcılardır [22, 36].

Günümüzde tüketicilerin ürünlerin besin değeri ve sağlık açısından etkilerini göz önünde bulundurarak yaptıkları tercihler nedeniyle ürün bileşimine fonksiyonel bileşenlerin eklenmesi veya formülasyondaki bileşenlerin yerine kullanılması büyük önem arz etmektedir [6]. Bununla birlikte raf ömrü boyunca nem kaybının meydana gelmesi, aromasında, lezzetinde, renginde ve tekstürel özelliklerinde değişim ile bayatlama ve küf gelişimi keklerde en sık karşılaşılan sorunlardan olup kek kalitesinin arttırılması, raf ömrünün uzatılması amacıyla doğal bileşenler, koruyucular eklenmekte, değişik ambalajlama teknikleri kullanılabilmektedir. Özellikle doğal maddelerin kek formülasyonuna ilavesi ile hem üretici hem de tüketicilerin istediği uzun raf ömrüne sahip, sağlık açısından olumlu etkileri bulunan, kaliteleri iyileştirilmiş keklerin üretimine yönelik araştırma ve geliştirme çalışmaları gün geçtikçe artmaktadır [15, 37].

2.2 Ekşi Hamur

Tahıl ürünleri, karbonhidrat, protein, vitamin, lif ve mineral gibi besin öğelerinin kaynağıdır. Bu nedenle tahıl ürünleri günlük diyette önemli bir yere sahiptir. Buna karşın lisin başta olmak üzere bazı esansiyel aminoasitler bakımından fakir, protein içeriğinin daha düşük, fitik asit, polifenol ve tanenler açısından zengin olması gibi nedenler dolayısıyla süt ürünlerine kıyasla besin değeri daha düşüktür. Tahılların besin değerinin arttırılması, duyusal özelliklerinin iyileştirilmesi ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla uygulanan en kolay ve en ucuz yöntemlerden

birisi fermentasyon olup istenmeyen bileşiklerin parçalanması, gıdanın pişirilmesi sırasında harcanan enerjinin azaltılması, daha güvenli ürün elde edilmesi, ürünün raf ömrünün uzatılması ve benzeri amaçlarla da uygulanmaktadır [11, 38, 39]. Çeşitli tahıl ürünlerinin üretiminde kullanılan en eski biyoteknolojik yöntemlerden birisi de ekşi hamur fermentasyonudur [40].

Ekşi hamur antik Mısır'a kadar dayanan çok eski bir tarihe sahiptir. Mısırlılar 50'den fazla çeşitte olmak üzere maya içermeyen ekmek, bira köpüğü ile mayalandırılan ekmek veya ekşi hamur ile mayalı ekmek, kek gibi ürünler üreterek günümüz ürünlerinin temelini oluşturmuştur. 20. yüzyılın başlarına gelindiğinde daha fazla ekmek yapabilmek adına ekşi hamur yerini ekmek mayasına bırakmıştır [4, 41, 42, 43, 44]. 1920'lerde ve 1930'larda ise kurutulmuş ekşi hamur üretilmeye başlanmış ve 1970'lerin başına gelindiğinde ise kurutulmuş ekşi hamurlar fermente edilmiş organik formda üretilmiştir. 1849'dan bu yana Akdeniz, Orta Doğu ülkelerinde ve San Francisco körfezinde geleneksel olarak elde edilen ekşi hamurun ekmeklerde kullanımı devam etmektedir [45, 46, 47]. Son yıllarda tüketici tercihinde değişmelerle birlikte geleneksel yöntemlere dönülmeye başlanmıştır [10]. Ekşi hamura verilen değerin artmasında katkı maddesi içermeyen ve temiz etikete sahip gıdalara olan ilginin artması etkili olmuştur [8]. Ekşi hamur günümüzde ekmek, kek, kraker gibi ürünlerin formülasyonunda yer almaktadır [41, 48].

Ekşi hamur, ortamda metabolik olarak aktif halde laktik asit bakterilerinin ve mayaların bulunduğu fermente olmuş un ve su karışımı olarak tanımlanmaktadır [49]. Ekşi hamur fermentasyonu un, su ve bu hammaddelerin bünyesinde ve çevrede bulunan mikroorganizmalar ile veya un ve su içerisine doğrudan starter kültür ilavesi ile gerçekleşmektedir [10]. Daha genel bir tanımla pek çok ekşi hamur daha önce yapılmış, olgunlaşmış ekşi hamurdan elde edilirken, standardizasyonu sağlanarak ticari olarak kullanılan ekşi hamurlar rekabet edebilme, vizkoziteyi ürettikleri ekzopolisakkaritler ile modifiye edebilme, aromayı geliştirme gibi kendine özgü niteliklerine dikkat edilerek seçilen, tanımlanmış laktik asit bakterileri ve maya suşları ile elde edilmektedir [50, 51].

Ekşi hamur; Tip I, Tip II ve Tip III olarak 3 sınıfa ayrılmaktadır. Tip I ekşi hamurlar geleneksel yöntemlerle üretilen, laktik asit bakterileri ve mayaların canlılığını

koruması için devamlı olarak çoğaltılan ekşi hamurlardır. Çoğaltma işlemi günlük olarak gerçekleştirilmektedir. Bu ekşi hamurların üretimi daha önce fermente edilmiş olgun ekşi hamurun bir kısmının un ve su karışımına eklenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Genellikle 20-30 °C aralığında (oda sıcaklığı) fermentasyon için uygundur. Fermentasyon sonunda elde edilen ekşi hamurun pH'sı yaklaşık 4,0'dır [40, 52, 53, 54].

Tip II ekşi hamurlar fermentasyon için uygun suşların kullanıldığı endüstriyel ekşi hamurlardır. Bu tip ekşi hamur sıvı formda olabilmektedir. Bu nedenle endüstriyel proseslerde kolaylıkla kullanılabilir. Fermentasyon 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda uzun süre (5 güne kadar) gerçekleştirilmektedir [40, 52, 54].

Tip III ekşi hamur, fermentasyonu gerçekleştirilmiş ekşi hamurların kurutulması ile elde edilmektedir. Bu ekşi hamurlar ürüne asit ve aroma kazandırmak amacıyla kullanılmaktadır. Mikrobiyal stabilizasyon için sıvı pastörizasyona ek olarak kurutma yapılabilmektedir ve suyun uzaklaştırılması, püskürterek kurutma veya tamburlu kurutucular gibi farklı kurutma yollarıyla gerçekleştirilmektedir. Tip III ekşi hamurlarda kurutma nedeniyle mikrobiyal aktivite engellendiğinden ürün kalitesi sabit kalmaktadır ve bu nedenle genellikle endüstride Tip III ekşi hamur kullanılmaktadır. Ancak Tip II ve Tip III ekşi hamurların ürünlerde yeterli kabarma sağlaması için ticari mayanın bu ekşi hamurlara eklenmesi gerekmektedir [3, 40, 47, 52, 54, 55].

Tip I ekşi hamurun mikrobiyotası kullanılan hammaddeler, hijyenik koşullar ve depolama sıcaklığı, pH, fermentasyon süresi ve benzeri fermentasyon parametreleri gibi faktörlere bağlıdır. Bu nedenle fermentasyonu spontan şekilde gerçekleştirilmiş ekşi hamurda mikrobiyota değişkenlik göstermektedir. Tip II ve Tip III ekşi hamurlarda ise spontan şekilde oluşan mikrobiyota hakim değildir. Bu tip ekşi hamurlarda ticari starter kültürler kullanılmakta olduğundan starter kültürler baskın mikrobiyotayı oluşturmaktadır [5, 56, 57].

Ekşi hamur fermentasyonu sırasında farklı mikroorganizma türleri gelişim göstermesine rağmen fermentasyon boyunca metabolik olarak etkileşimde bulunan laktik asit bakterileri ve mayalardan baskın özellik gösteren türler bulunmaktadır. Böylece ekşi hamur mikrobiyotası birbirleriyle simbiyotik ilişki içerisinde olan

laktik asit bakterileri ve mayalardan meydana gelmektedir. Büyük bir kısmını *Lactobacillus* cinsi oluşturmakla birlikte 50'den fazla laktik asit bakterisi ve baskın olarak *Saccharomyces* ve *Candida* cinsinden olmak üzere 20'den fazla maya ekşi hamurlarda değişkenlik göstermektedir. Ekşi hamurda bulunan maya sayısının laktik asit bakteri sayısına oranının genellikle 1/100 olduğu belirtilmektedir. Ekşi hamurlarda laktik asit bakteri sayısı 1×10^9 ve 3×10^9 kob/g arasındayken, mayalar 1×10^6 ve 5×10^7 değerleri arasında değişmektedir [41, 47, 48, 58, 59]. Ekşi hamurun mikrobiyotası ve dolayısıyla ekşi hamur kullanılarak üretilmiş son ürün, hammaddelerin sahip olduğu endojen özellikler ve fermentasyon parametrelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Endojen özellikler arasında karbonhidrat, lipit, serbest yağ asitleri, azot içeren bileşikler, mineral, enzim aktiviteleri sayılırken, fermentasyon parametreleri olarak sıcaklık, oksijen, ekşi hamur verimi, fermentasyon süresi ve gerçekleştirilen adım sayısı gösterilmektedir [41, 60].

Ekşi hamurun mikrobiyotası hamurun kendine özgü özelliklerinin oluşmasından sorumludur. Laktik asit bakterilerinden heterofermentatif olanlar laktik asit, asetik asit, CO_2 ve etil alkol üretirken, homofermentatifler laktik asit üretmektedir. Bunun sonucunda heterofermentatif laktik asit bakterileri aroma da sağlarken, homofermentatif laktik asit bakterileri hızlı bir şekilde asit üretmektedir. Mayalar ise genellikle hamurun kabarmasında etkilidir [41, 47].

Ekşi hamurda bulunan laktik asit bakterileri genel olarak *Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus* veya *Weissella* cinsindendir. Laktik asit bakteri türlerinin büyük bir kısmı *Lactobacillus* cinsinden olup bu laktobasillerden en çok *Lactobacillus sanfranciscensis, Lb. brevis* ve *Lb. plantarum* izole edilmektedir [41, 61]. Ekşi hamurda bulunan en yaygın türler Çizelge 2.1'de verilmiştir. Yapılan çalışmalarda laktik asit bakterilerinden *Lb. sanfranciscencis, Lb. brevis, Lb. brevis* var. *linderi, Lb. plantarum, Lb. fermenti, Lb. farciminis, Lb. fermentum, Lb. acidophilus, Lb. sake, Lb. dextranicum, Lb. leichmannii, Lb. fructivorans, Lb. homohiochii, Lb. delbrueckii, Lb. alimentarius, Lb. casei, Lb. pontis, Lb. reuteri, Lb. hilgardii, Lb. curvatus, Lb. buchneri, Lb. amylovorus, Lactococcus lactis* ssp. *lactis, Leuconostoc mesenteroides, Pediococcus acidilactici, Pediococcus pentosaceus, Enterococcus durans, Enterococcus faecium,*

Enterococcus casseliflavus, Streptococcus equinus, Streptococcus constellatus izole edildiği belirtilmektedir [62].

Tablo 2.1 Ekşi hamurdan en yaygın izole edilen laktik asit bakterileri [5, 63]

Zorunlu Homofermantatif	*Lb. acidophilus*
	Lb. farciminis
	Lb. delbrueckii
Fakültatif Heterofermantatif	*Lb. casei*
	Lb. plantarum
	Lb. rhamnosus
Zorunlu Heterofermantatif	*Lb. brevis*
	Lb. sanfranciscensis
	Lb. fermentum

Saccharomyces cerevisiae, S. exiguous, Candida holmii, Candida milleri veya bu mayalara yakın suşların ekşi hamurdaki en yaygın mayalar olduğu belirtilmektedir [40, 60]. Bununla birlikte *Candida boidinii, C. guilliermondii, C. stellata, C. tropicalis, Hansenula anomala, H. subpelliculosa, H. tropicalis, Pichia polymorpha, Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces fructuum, Saccharomyces dairensis, Saccharomyces inusitatus, Saccharomyces ellipsoideus* çavdar ve buğday ekşi hamurlarından izole edilmiş mayalar olup *Saccharomyces exiguus, Candida holmii, Candida milleri* türlerine ek olarak *Candida crusei, Pichia saitoi, Torulopsis holmii* de tipik ekşi hamur mayalarıdır [57].

Laktik asit bakterileri ürettiği laktik asit ve diğer organik asitler üretmesi nedeniyle asidifikasyonda rol oynayıp aynı zamanda ekşi hamur fermentasyonunun sağladığı besinsel ve fonksiyonel özelliklerine katkıda bulunmaktadır. Mayalar ise

fermentasyon sırasında aktiviteleri ile ürettiği uçucu bileşikler, CO_2 gibi metabolitlerle genellikle kabarma ve aroma oluşumunda etkili olmaktadır [64].

Ekşi hamur fermentasyonu sırasında mikroorganizmaların aktivitesi sonucu meydana gelen metabolitler, ekşi hamur kullanılan ürünlerin besinsel, duyusal, fizikokimyasal özelliklerini ve raf ömrünü etkilemektedir. Bununla birlikte asit oluşumu, proteoliz, birçok enzimin aktive olması gibi biyokimyasal değişiklikler de bu özellikler üzerinde etkili olmaktadır [10, 11].

Ekşi hamur unlu mamüller içerisinde ekmek gibi ürünlerin raf ömrünün ekşi hamur içermeyen ürünlere göre nispeten daha uzun olması amacıyla genellikle formülasyona ilave edilmektedir [65]. Ekşi hamur fermentasyonu sırasında laktik asit bakterileri tarafından laktik asit, asetik asit ve benzeri organik asitlerin yanında karbondioksit, etanol, hidrojen peroksit, diasetil, bakteriyosin, yağ asitleri gibi antimikrobiyal özellik gösteren bileşikler de açığa çıkmaktadır. Bu bileşiklerden organik asitler pH'ın 4'ün altına düşmesine sebep olmaktadır ve böylece unlu mamüllerde bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini sınırlandırmaktadır [39, 66]. Laktik asit bakterilerinden özellikle heterofermentatif olanlar kullandığında laktik aside ek olarak asetik asit ve benzeri diğer bazı asitlerin üretilmesi nedeniyle asitlik daha da artmaktadır [8, 47]. Ekşi hamurun antimikrobiyal özelliği yüksek asiditesinin yanında fermentasyon sırasında üretilen antimikrobiyal bileşiklerden de kaynaklanmaktadır. Unlu mamül sektöründe en çok *Aspergillus, Fusarium, Penicillium, Monilia, Mucor, Cladosporium, Endomyces* ve *Rhizopus* cinslerinin bozulmaya sebep olduğu belirtilmektedir [66, 67, 68]. Örneğin *Lb. sanfranciscensis* CB1'in ürettiği kaproik asit, asetik asit, propiyonik asit, formik asit, bütirik asit ve n-valerik asitten oluşan organik asitler ekmekte bulunan *Aspergillus, Penicillium, Fusarium* ve *Monilia* cinslerinin gelişiminin sınırlandırılmasında etkili olmaktadır. Bununla birlikte *Lb. plantarum* tarafından üretilen 4-hidroksifenillaktik ve fenillaktik asitlerin antifungal özellik gösterdiği belirtilmektedir [40, 69]. Unlu mamüllerde koruyucu olarak ise propiyonik, sorbik ve benzoik asit tuzları kullanılmaktadır [66, 67, 68]. Ekşi hamur ürün bileşiminde kullanılan bu koruyucuların miktarının azaltılmasını ya da bu koruyucuların formülasyonda kullanılmamasını sağlayabilmektedir [40]. Ürünlerin bozulmasına

sebep olarak ekonomik açıdan sorun oluşturan küflerin üründe çoğalmasının engellenmesi ile aynı zamanda mikotoksin oluşma riski de ortadan kaldırılmış olmaktadır [70, 71]. Ryan vd. [65] yaptığı bir çalışmada antifungal özelliğe sahip *Lactobacillus plantarum* suşları içeren ekşi hamurun, ekmekte bozulmaya neden olan küflere etkisi incelenerek *Aspergillus niger, Penicillium expansum* ve *Fusarium culmorum* sporlarının gelişimini sınırladığı, ancak *Penicillium roqueforti* sporlarını etkilemediği belirlenmiştir. Ayrıca aynı çalışmada ekmek formülasyonunda yer alan kimyasalların azaltılması için ekşi hamur kalsiyum propiyonat ile birlikte formülasyona eklenmiş ve içerdiği mikroorganizmalar sayesinde antifungal özellik gösteren bu ekşi hamurun kullanımının kimyasal koruyucuların azaltılmasında etkili olabileceği belirtilmiştir.

Raf ömrü oldukça kısa olan unlu mamüllerin depolama süresinde gün geçtikçe tazelikleri azalmaktadır ve bayatlama başlamaktadır. Bayatlama olayında gıdalarda bozulma yapan mikroorganizmalar etkili olmamasına rağmen iç yapıda sertleşme gibi kaliteye olumsuz etkilerinden dolayı tüketici kabulünde düşüş meydana gelmektedir. Kabuk ve iç kısmı etkileyen bayatlama olayında iç yapı sertleşmekte, kolay dağılmakta ve opak olmaktadır. Kabuk kısmına ise iç bölgelerden nem geçişi olmaktadır. Böylece ilk olarak yumuşayan kabuk daha sonra sertleşmektedir [72]. Amiloz ve amilopektinden oluşan nişastanın retrogradasyonu bayatlamanın esas sebebidir. Laktik asit bakterileri organik asit, ekzopolisakkarit ve enzim gibi birçok bileşik üretmektedir ve böylece ekmeğin yapısının geliştirilmesine katkı sağlamasının yanında ekmeğin bayatlamasının geciktirilmesi üzerinde de etkili olmaktadır. Fermentasyon sırasında üretilen ekzopolisakkaritler, ekmeğin geliştirilmesi amacıyla kullanılan hidrokolloidlere kıyasla daha az maliyetli olarak kullanılabilirken organik asitler, unun içerdiği protein ve nişasta üzerinde etkili olmaktadır [73]. Yapılan bir çalışmada ekşi hamur fermentasyonu sırasında *Weissella cibaria*'nın üretmiş olduğu dekstranın ekmek özelliklerinde etkili olduğu belirtilmektedir [74]. Ancak ksantan, dekstran gibi ekzopolisakkaritlerin kuru madde ağırlığında %0,1-2 arasında olması durumunda raf ömrünün uzaması ve hacim artışı istenen düzeyde sağlanmaktadır [5]. Fermentasyon sırasında düşen pH ise unun sahip olduğu proteazlar ve amilaz enzimlerinin aktif hale gelmesini sağlamaktadır. Bu olayda proteaz enzimi sayesinde ortaya çıkan protein ağ

yapısındaki suyun amilaz enziminin daha iyi çalışmasını sağlaması etkili olmaktadır. Fermentasyonla görülen bu olaylar neticesinde bayatlama geciktirmektedir [73, 75].

Ekşi hamurda bulunan hem mayalar hem de heterofermantatif laktik asit bakteri türleri kabarma üzerinde etkili olmaktadır ve kabarma olayı neticesinde ürün daha kolay pişmektedir ve daha yumuşak bir ürün elde edilmektedir [45]. Ayrıca yapılan bir çalışmada laktik asit bakterilerinin kabarma ile ekmeğin hacminin artmasını sağlamasının yanında ekmeğin kabuk özellikleri, ekmek iç rengi, lezzeti, tekstürü vb. üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir [76].

Ekşi hamur fermentasyonu sırasında homofermentatif ve heterofermentatif laktik asit bakterileri, mayaların aktiviteleriyle ve ürünün fermente olması için gerekli sürenin uzun tutulmasıyla ekmekte daha fazla aromatik bileşikler oluşmaktadır. Aroma bileşenleri ayrıca starter kültürler, substrat, fermentasyon sıcaklığı ve pişirme sıcaklığına göre değişiklik göstermektedir. Ekmek aromasında çeşitli organik asitlerin, alkollerin ve karbonil bileşiklerinin etkili olduğu bildirilmiştir. Bu bileşikler hamurdaki karbonhidratların, azotlu bileşiklerin ve lipitlerin mikrobiyolojik ve enzimatik reaksiyonlar neticisinde parçalanması ile açığa çıkmaktadır [50, 77, 78]. Laktik asit ve asetik asit yanında propiyonik asit, isobütirik asit, n-bütirik asit, valerik asit, isovalerik asit, α-metil-n-valerik asit gibi üretilen farklı organik asitler nedeniyle heterofermentatif laktik asit bakterileri ekmek aromasına daha fazla katkı sağlamaktadır [78, 79]. Laktik asit ile asetik asit oranı da aroma üzerinde değişikliklere neden olmaktadır [41]. Ayrıca pişme işlemi sayesinde meydana gelen esmerleşme reaksiyonlarından Maillard reaksiyonu ve karamelizasyon da aroma gelişimine katkı sağlamaktadır [58, 80].

Fermentasyonla mineral biyoyararlanımının artması, mikroorganizmalar tarafından ekzopolisakkarit üretimi, glutenin degrade olması ile birlikte nişasta sindirilebilirliğinde, diyet liflerde, biyoaktif bileşik ve vitamin içeriğinde değişiklikler gibi besinsel özelliklerde olaylar meydana gelmektedir. Böylece ürünlerin ve bu ürünlerde bulunan bileşenlerin sağlığa olan olumlu etkileri ve besleyicilik özellikleri daha iyi olmaktadır [10, 81].

Kalsiyum, demir, çinko, magnezyum, potasyum ve fosfor gibi mineraller bakımından zengin olan tam tahıl içeren ürünler aynı zamanda şelatlama kapasitesi yüksek olan fitik asit de içermektedir. Fitik asit pozitif yüklü iyonlar ile şelat oluşturmaktadır ve böylece mineral biyoyararlanımı düşük olmaktadır. Ancak ekşi hamur fermentasyonu sırasında tahıl taneleri, laktik asit bakterileri ve maya kaynaklı olan fitaz enziminin pH düşmesine bağlı olarak aktif hale geçmesi mineral biyoyararlanımını arttırmaktadır. Bunun nedeni fitaz enziminin fitik asitten defosforilasyon yoluyla serbest inorganik fosfat ve inositol fosfat esterleri meydana getirmesidir [81].

Potansiyel olarak prebiyotik özellik gösteren ekzopolisakaritler laktik asit bakterileri tarafından üretilebilmektedir. Bu EPS'ler arasında fruktan, glukan, fruktooligosakkarit ve glukooligosakkarit sayılabilir. Oligosakkaritlerin sindirilemez nitelikte olanları doğal bağırsak mikrobiyotasının gelişimine teşvik etmektedir. Ayrıca patojenlerin üremesinin durdurulmasında rol oynamaktadır ve kısa zincirli yağ asitlerinin üretiminde artış sağlamaktadır. *Lb. sanfranciscensis* tarafından üretilen ekzopolisakkaritler ekşi hamurun polisakkarit içeriğini artırmakla birlikte bifidobakteriler tarafından metabolize edilebilmeleri nedeniyle ürünlerin besinsel özelliklerini geliştirmektedir [11, 81, 82, 83].

Ekşi hamur teknolojisinin kullanımı ile diyet liflerin özellikleri ve biyoyararlanımı iyileştirilebilmektedir [11]. Ekşi hamur tahıl tanelerinin kepek kısmının endojen mikrobiyotasına etki etmekle birlikte endojen ksilanaz aktifliğinde ve arabinoksilanların çözünürlüğünde de değişikliklere sebep olmaktadır. Böylece diyet lif açısından zengin tahıl tanelerinin kepeği üzerinde olumlu değişikliklere neden olmaktadır [84].

Endojen ve eksojen proteazlar tahıl kaynaklı iken peptidazlar laktobasiller tarafından üretilmektedir. Bu proteaz ve peptidazlar tahıl ürünlerine karşı gelişen alerji ve intoleransların azaltılmasında etkili olabilmektedir [11]. pH 5,5'te inaktif formda bulunan tahıl proteazlarının pH 3,7 düşmesiyle aktivasyonu gerçekleşmektedir ve böylece gliadin ve glutenin hidrolize uğramaktadır [5]. Tahıl proteazları ile oluşan peptitler ise laktik asit bakterileri tarafından hücre içlerinde

üretilen peptidazları ile aminoasitlere parçalanarak daha sonra kullanılmak üzere hamurda hazır halde beklemektedir [70, 71].

Fermentasyon nişastanın sindirilebilirliğini etkileyerek glisemik indeksi azaltmaktadır. Fermentasyon sırasında meydana gelen pek çok mekanizma nişasta sindirilebilirliğinin düşmesinde etkili olmaktadır ve böylece kandaki glukoz seviyesinin sabit kalmasına yardımcı olarak obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar vb. olumsuzluklara/rahatsızlıklara karşı koruma sağlamaktadır [9, 81].

Ekşi hamur fermentasyonu sırasında laktik asit bakterileri ve maya aktivitesiyle biyoaktif bileşiklerin salınması sağlanmakta veya biyoyararlılıkları etkilenmektedir [81]. Fermentasyon sırasında asidifikasyon ile proteoliz gibi biyokimyasal olayların etkileşimi ile insan sağlığına olumlu etkileri bulunan çeşitli fonksiyonlara sahip peptitler ve aminoasit türevleri gibi biyoaktif bileşikler meydana gelmektedir. Ekşi hamur bünyesinde bulunan çeşitli laktik asit bakterileri antioksidan peptidleri üretmektedir [10, 85]. Fermentasyon fenolik bileşiklerde de artışa neden olmaktadır. Buğday kepeğinde en fazla bulunan bileşen olan ferulik asit hücre duvarı yapılarına kovalent olarak bağlandığı için biyoyararlanımı düşüktür. Yapılan bir çalışmada çavdar kepeğinin maya aktivitesi sonucunda serbest ferulik asit seviyesini arttırdığı belirlenmiştir [81, 86]. Tam tahıllı çavdardaki biyoaktif bileşiklerde proses kaynaklı değişiklikler üzerine yapılan bir çalışmada ekşi hamur fermentasyonunun folat içeriğini arttırdığı, fermentasyon sonucu asitlik artışı ile tokoferol içeriğinin azaldığı belirlenmiştir [87]. Özellikle ekşi hamur bünyesinde bulanan mayaların fermentasyonunun folat içeriğinde artış sağladığı ve laktik asit bakterilerinin folat sentezini destekleyici etkilerde bulunduğu belirtilmektedir [84].

2.3 Ekşi Hamur Ürünleri

Binlerce yıldır fırıncılık ürünlerinin üretiminde kullanılan ekşi hamur unlu mamül sektöründe önemli bir yere sahiptir. Yılda 3 milyon tonun üzerinde fırıncılık ürünü ekşi hamur kullanılarak üretilmektedir [88, 89]. Dünyanın çeşitli bölgelerinde ekşi hamur içeren çok çeşitli ürünler bulunmakla birlikte özellikle ekmek, kraker, kek ve benzeri ürünlerin üretiminde ekşi hamurun kullanımı yaygındır. Akdeniz ülkelerinde ekşi hamur fermentasyonu daha çok buğday ürünlerinde uygulanmaktadır. Orta Avrupa ve İskandinavya ülkelerinde ise buğday, çavdar veya

buğday ve çavdarın her ikisininin de kullanılmasıyla üretilen, ekşi hamurlu ekmeklere rastlanmaktadır. Finlandiya'da hammadde olarak buğdayın kullanımı ile elde edilen ekşi hamur endüstriyel ölçekli bulunmamakla birlikte ülkedeki ekmek tüketiminin yaklaşık olarak 1/3'ünü çavdar ekşi hamurları ile hazırlanan ekmekler oluşturmaktadır. Polonya'daki ekmeklerin %70'inde çavdar ununun katıldığı ekşi hamur kullanılırken, İtalya'da fırıncılık ürünlerinin yaklaşık %30'unun formülasyonunda ekşi hamur bulunmaktadır [16, 47, 48, 90].

İtalya'da durum buğdayı kullanılarak geleneksel yöntemlerle Altamura ekşi hamur ekmeği üretilmektedir [91]. Ayrıca Panettone, Pandoro, Colomba gibi kekler de İtalyan fırıncılık ürünleridir. Bu ürünlerin dışında İtalya'daki ekşi hamurun kullanıldığı ürünler arasında Lagaccio bisküvi, Bisciola, Focaccia Dolce gibi ekmek benzeri ürünler, Cornetto, Pandorino, Brioche gibi kahvaltıda veya kahve ile tüketilen ürünler, bebekler için özel olarak üretilen küçük kekler, pizzalar yer almaktadır [47, 66].

Amerika Birleşik Devletleri'nde ise San Francisco ekşi hamur ekmeği üretimi yaygındır [16]. San Francisco ekşi hamurunda baskın olarak bulunan laktik asit bakterisi *Lb. sanfranciscensis*'dir ve ekşi hamur uzun süre ve düşük sıcaklıkta fermentasyona bırakılması nedeniyle keskin asetik asit aromasına sahiptir. Ekmek hamurunun elde edilmesi amacıyla un ağırlığının tamamı kadar miktarlarda ekşi hamur eklenebilmektedir ve bir gece tekrar fermentasyona bırakılarak fazla miktarda buhar kullanılarak pişirilmektedir. San Francisco ekşi hamur ekmeğinin tipik bir özelliği kabuğunun çok kıtır ve kırmızımsı renkte olmasıdır [3, 92].

Türkiye'de Karadeniz Bölgesi'nde yüzyıllar öncesinden bu yana üretimi devam eden Vakfıkebir ekmeği ülkemizde ekşi hamur ile geleneksel olarak üretilen bir ekmektir ve ülkemizde ekşi hamur kullanılan ürünlerden en çok bilinendir. Kendine özgü özelliklerinden dolayı Türkiye'nin çoğu bölgesinde bilinmekte ve farklı yörelerde üretilen ekşi hamurlu ekmekler Vakfıkebir ekmeği ile tamamen aynı olmasa bile bu isim verilmektedir. Vakfıkebir ekmeğinin kendine has özellikleri arasında kabuğunun sert ve kalın olması, gözeneklerinin büyük olması, hacim ve ağırlığının fazla olması, üretiminin uzun sürmesi, düşük sıcaklıkta pişmesi, diğer ekmeklere göre daha aromatik olması ve raf ömrünün daha uzun olması sayılabilir [93, 94].

Ülkemizde halen geleneksel olarak yapımına devam edilen diğer bir ekşi hamur ekmeği Gelveri ekmeğidir. Aksaray ilinin Güzelyurt ilçesine özgü olan bu ekmek burada yaşayan kadınlar tarafından ekşi hamur kullanarak hazırlanıp tarihi Rum evleri bahçelerindeki taştan yapılmış fırınlarda pişirilmektedir. Gelveri ekmekleri üretildikten 15 gün sonrasına kadar taze olarak kalabilmektedir [95, 96].

Külünçe ülkemizin Şanlıurfa iline özgü bir çörek çeşidi olup üretiminde ekşi hamur kullanılmaktadır. Ayrıca Külünçe hamuruna içerisinde çeşitli baharatlar bulunan Külünçe dermeni adı verilen karışım katılmaktadır. Külünçe özellikle bayramlarda misafirlere sunulmak üzere yapılan, uzun süre taze kalabilen, doyurucu özellikte, tatlı olduğu gibi tuzlu olarak da üretilebilen bir çörektir [97].

Dünyada çeşitli ülkelere göre ekşi hamurdan beklentiler farklılık göstermektedir ve aynı ülkenin bölgelerinde bile bu istekler farklıdır. Örneğin; çavdar ekmeklerindeki ekşi hamurun asitliğinin çavdar yetiştiriciliğinin yaygın olduğu Avrupa'nın kuzey, orta ve doğu ülkelerinde yüksek olması istenirken, Avrupa'nın güney kesimlerinde buğday ekmeğinin üretiminde düşük asitliğe sahip ekşi hamurlar kullanılmakta ve böylece çok çeşitli ekşi hamurlu ürünler elde edilmektedir [46, 50, 71].

2.4 Ekşi Hamurla Üretilmiş Kek ve Benzeri Ürünler

Çeşitli fırıncılık ürünlerinin formülasyonunda yer alan ekşi hamur kek ve benzeri ürünlerin üretiminde de kullanılmaktadır. Özellikle İtalya'nın bazı bölgelerinde geleneksel olarak dini günler için üretilen Panettone, Pandoro, Colomba gibi tatlı fırıncılık ürünleri bulunmaktadır. İtalya'nın Milano şehrinde Panettone ve Colomba üretilirken, Pandoro Verona orijinlidir ve ürünler bu şehirlerden dünyanın çeşitli bölgelerine dağılım göstermiştir [72].

Panettone Noel zamanı için geleneksel ekşi hamur yöntemi (Tip I) ile üretilen, raf ömrü yaklaşık altı ay olan, kendine özgü tat, koku gibi özelliklere sahip bir üründür [98]. Noel'de tüketiminin fazla olması Panettone üretimini aylar öncesinden başlatmaktadır. Buna rağmen geleneksel yollarla elde edilen ekşi hamurun üretimde kullanılması nedeniyle Panettone tazeliğini uzun süre korumaktadır [3]. Panettone üretiminde kullanılan ekşi hamur düzenli olarak bir önceki prosesten ayrılan hamur çoğaltılarak elde edilmektedir. Panettone, Pandoro gibi fırıncılık

ürünlerinin üretiminde kullanılan ekşi hamurlardan bazıları 60 yıldan daha uzun süredir özel yöntemlerle korunmaktadır. Bu ürünler için üretilen ekşi hamurlara üzüm, elma, incir, limon kabuğu, portakal kabuğu, kepek gibi bitkisel kaynaklı ürünlerin ilave edilmesi mikrobiyotanın oluşumunda etkili olmaktadır [99]. San Francisco ekşi hamur ekmeğinde olduğu gibi Panettone'de de *Lb. sanfranciscensis* ve *S. exiguus* arasında yaşadıkları bu ortamda sıkı bir ilişki bulunmaktadır [41]. Ekşi hamurun mikrobiyotasının fermentasyon sırasında gösterdiği aktivite ürünün aroması, tekstürü ve raf ömrü üzerinde etkilidir [100].

Panettone üretiminde, üretimde kullanılacak ekşi hamur 30°C'de 24 saat fermentasyona bırakıldıktan sonra belirli oranlarda un ve su ilave edilmekte ve 30°C'de 7 saat bekletilmektedir. Bu süre sonunda tekrar un ve su ilavesi gerçekleştirilerek 30°C'de 4 saat fermente edilmektedir. Ekşi hamur eldesinden sonra un, su, yumurta, şeker (sakkaroz), tereyağı gibi bileşenlerin bir kısmı eklenerek 30°C'de 10-12 saat arası fermentasyona bırakılmaktadır. Süre sonunda un, su, yumurta, şeker (sakkaroz), tereyağı, tuz, kuru meyve gibi ingrediyenler, mono ve diaçil gliserid, aroma ilavesiyle elde edilen son hamur parçalara bölünüp 30°C'de 6-7 saat fermente edilerek pişirilmektedir. Son olarak soğutma ve paketleme işlemi gerçekleştirilerek tüketime sunulmaktadır [53, 101].

Pandoro da Panettone'ye benzer şekilde genellikle Noel zamanı tüketilen, özel yöntemlerle üretilen, geleneksel, ekşi hamurlu tatlı fırıncılık ürünüdür [102]. Panettone formülasyonunda başta üzüm olmak üzere kuru meyveler veya meyve şekerlemeleri bulunurken, Pandoro yüksek oranda tereyağı içermektedir. Ayrıca Pandoro'nun diğer bir karakteristik özelliği yüksek, sekiz köşeli yıldız şeklinde olmasıdır [53].

Pandoro'nun üretiminin ilk aşaması ekşi hamurun un ve su ile sürekli olarak beslenerek canlandırılmasıdır. Ekşi hamur eldesinden sonra un, su, süt tozu gibi bileşenler ile karıştırılarak oda sıcaklığında (24±2°C) 2 saat fermentasyona bırakılmaktadır. Fermentasyon sonunda un, su, tereyağı, şeker (sakkaroz), yumurta, ekmek mayası ilave edilerek oda sıcaklığında (24±2°C) yaklaşık 45 dakika fermente edilmektedir. Son olarak un, su, tereyağı, şeker (sakkaroz), yumurta, süt tozu, tuz, mono ve diaçil gliserid, aroma gibi bileşenlerin ilavesiyle elde edilen hamur 15

dakika bekletildikten sonra parçalara ayrılarak oda sıcaklığında (24±2°C) yaklaşık 7-8 saat fermentasyona bırakılmaktadır. Fermentasyon sonunda hamur parçaları pişirilerek soğutulmakta ve tüketime hazır hale gelmektedir [102].

Ekşi hamur ile üretilen bir başka İtalyan fırıncılık ürünü olan Colomba ise Panettone ve Pandoro'dan farklı olarak Paskalya Bayramı için üretilmektedir [103]. Colomba tipik olarak güvercin şeklindedir ve üzerine badem, toz şeker, şekerli krema ile süslemeler yapılmaktadır. Ayrıca Colomba hamurunda Panettone'de olduğu gibi meyve şekerlemeleri bulunmaktadır [53].

Colomba üretimi, Panettone ve Pandoro üretimindeki gibi ekşi hamur besleme aşamaları ile başlamaktadır. Elde edilen ekşi hamur un, su ve süt tozu ile karıştırılarak oda sıcaklığında (24±2 °C) 2 saat fermente edilmekte ve bu fermente hamura un, su, tereyağı, yumurta, şeker (sakkaroz), ekmek mayası ilave edilerek oda sıcaklığında (24±2 °C) yaklaşık 30-45 dakika dinlendirilmektedir. Fermentasyon sonunda hamura un, su, tereyağı, yumurta, şeker (sakkaroz), tuz, mono ve diaçil gliserid, meyve şekerlemeleri gibi bileşenler karıştırılarak parçalara ayrılıp kalıplanmakta ve tekrar oda sıcaklığında (24±2 °C) 7-8 saat fermentasyona bırakılmaktadır. Son olarak üzerine badem, toz şeker, şekerli krema gibi süslemeler eklenerek pişirilmektedir [103, 104].

3
MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bu çalışmada ürün formülasyonunda yer alan hammaddeler Şölen Çikolata Gıda San. ve Tic. A.Ş. tarafından sağlanmıştır. Kullanılan kek unu Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'ne (Tebliğ No: 2013/9) göre özel amaçlı buğday unu olarak tanımlanmaktadır [105] ve bu çalışma kapsamında unun analize tabi tutulmasıyla kek yapımına uygun olduğu belirlenmiştir. Tip I ekşi hamur un ve su karışımının fermentasyona bırakılmasıyla elde edilmiştir. Tip II ekşi hamur ise sıvı formda doğrudan üründe kullanılabilir nitelikte olup maya üreten bir firmadan ticari olarak tedarik edilmiştir.

3.2 Metot

3.2.1 Un Analizleri

Ekşi hamur ve kek üretiminde kullanılan unun nem, kül, sedimentasyon, gecikmeli sedimentasyon, yaş gluten, kuru gluten, gluten indeksi değerleri tespit edilmiştir. Un örneklerinin reolojik özellikleri hakkında bilgi edinmek amacıyla farinograf ve ekstensograf analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler aşağıdaki gibi Elgün vd.'nin yöntemlerine göre yapılmıştır [106].

3.2.1.1 Nem Tayini

Un örneklerinin nem tayininde halojen ısıtma sistemine sahip nem tayin cihazı (Ohaus MB45, İsviçre) kullanılmış ve % nem miktarı tespit edilmiştir [106].

3.2.1.2 Kül Tayini

Örneklerin kül miktarının belirlenmesi için ilk olarak tayinde kullanılan porselen krozeler sabit tartıma getirilmiştir. Krozeler desikatörde soğutulduktan sonra daraları alınmış ve 3-3,5 g un tartılarak üzerine 1-2 mL alkol ilave edilmiştir. İlk olarak 600°C'de ön yakma işlemi gerçekleştirilmiş, daha sonra kül fırınında

(Protherm Furnaces, Türkiye) sıcaklık kademeli olarak arttırılarak sıcaklık 900°C'ye çıkarılmıştır. Yaklaşık 3 saat yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma işlemi tamamen bittikten sonra krozeler desikatöre alınarak soğutulmuş, tartım yapılmış ve % kül miktarı hesaplanmıştır [106].

3.2.1.3 Sedimantasyon ve Gecikmeli Sedimantasyon Analizi

Örneklerin sedimantasyon analizinde 3,2 g örnek tartılarak mezüre aktarılmıştır. Ardından 50 mL, 4 ppm'lik brom fenol çözeltisi eklenerek mezürlerin ağzı kapatılmış ve ilk olarak el ile bir süre çalkalanmıştır. Mezürler sedimantasyon cihazına (Tekpa, Türkiye) yerleştirilerek 5 dk daha çalkalanmıştır. Daha sonra 25 mL laktik asit çözeltisi eklenerek yeniden 5 dk çalkalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Mezürler 5 dk düz bir zemin üzerinde bekletilerek okuma yapılmıştır. Gecikmeli sedimantasyon analizinde ise sedimantasyon analizindeki aşamalar aynı şekilde takip edilmiş, sedimantasyon analizinden farklı olarak brom fenol çözeltisi eklenip 5 dk karıştırıldıktan sonra düz bir zemin üzerinde 2 saat bekletilmiş, daha sonra laktik asit çözeltisi ilave edilerek diğer işlemler uygulanmıştır [106].

3.2.1.4 Yaş ve Kuru Gluten Tayini

Örneğin yaş gluten miktarının belirlenmesi amacıyla un örneğinden 10 g tartılmış ve üzerine yaklaşık 5 mL, %2'lik tuz çözeltisi eklenmiştir. Gluten yıkama cihazında (Perten Instruments, İsveç) yoğurma işleminin ardından yıkama işlemi gerçekleşmiştir. Bu işlem sonunda elde edilen yaş gluten santrifüj cihazının (Perten Instruments, İsveç) eleklerine yerleştirilerek santrifüj edilmiş ve eleklerde kalan gluten ve toplam gluten tartılarak gluten indeksi hesaplanmıştır. Kuru gluten tayininde ise elde edilen yaş gluten cihaza (Perten Instruments, İsveç) yerleştirilerek kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kuru gluten soğuduktan sonra tartılmış ve % kuru gluten miktarı hesaplanmıştır [106].

3.2.1.5 Farinograf Analizi

Unun farinograf özelliklerinin belirlenmesi için ilk olarak farinograf cihazı (Brabender Farinograph AT, Almanya) açılarak yaklaşık 1 saat ısınması için bekletilmiştir. Ardından un örneğinin nem içeriğine göre belirlenen miktar kadar un tartılmış ve cihazın haznesine aktarılmıştır. Cihazdan otomatik olarak su verilerek

500 konsistens çizgisi yakalanmaya çalışılmış ve işlem sonlandırılarak cihazdan yaklaşık olarak belirlenmiş % cinsinden su kaldırma kapasitesi okunmuştur. Daha sonra cihaza aynı miktarda un tartılmış ve bir önceki denemede belirlenmiş olan % su kaldırma kapasitesine göre su ilave edilerek 20 dk süreyle grafik çizdirilmiştir. Böylece unun farinograf özellikleri belirlenmiştir [106].

3.2.1.6 Ekstensograf Analizi

Ekstensograf denemesinde ise %14 neme uygun olarak belirlenen 300 g un ve 6 g tuz farinograf cihazının haznesine aktarılmıştır. Ardından unun daha önceki farinograf denemesi ile tespit edilen % su kaldırma kapasitesi değerinden %2 daha az olacak şekilde su eklenmiştir. Bu şekilde hamur önce yaklaşık 1 dk cihaz ile yoğurulmuştur ve daha sonra 5 dk dinlenmesi için bekletilmiştir. Son olarak 500 konsistens çizgisi yakalanmaya çalışılmıştır. Buradan elde edilen hamurdan 2'şer tane 150 g hamur kesilerek ekstensograf cihazında (Brabender Extensograph-E, Almanya) ilk olarak yuvarlanmış, daha sonra uzun silindir haline getirilmiştir. Hamurlar ekstensograf cihazına yerleştirilerek dinlendirilmiş ve 45, 90 ve 135'inci dakikalarda grafikleri elde edilen hamurun ekstensograf özellikleri tespit edilmiştir [106].

3.2.2 Ekşi Hamur Eldesi

Kek üretiminde kullanılan Tip I ekşi hamurun elde edilmesinde ilk olarak 1:1 oranında un ve su mikser (KitchenAid, ABD) yardımıyla karıştırılmış ve 25-27°C'de, %80-90 bağıl nemde 24 saat fermentasyon kabininde (Wiesheu GmbH, Almanya) fermentasyona bırakılmıştır. 24 saat sonunda elde edilen bu ekşi hamura, ekşi hamurlara ait özelliklere sahip olması amacıyla aynı oranlarda olacak şekilde un ve su ilavesi ile besleme işlemi yapılarak, tekrar aynı koşullarda 24 saat fermente edilmiştir. Böylece bir besleme işlemi ile 2 aşamalı olarak fermentasyon işlemi yapılmıştır. Süre sonunda elde edilen ekşi hamurun maya ve laktik asit bakteri sayımı yapılmış, ayrıca pH ve titrasyon asitliği tayini gerçekleştirilmiştir.

Tip II ekşi hamur ise üründe doğrudan kullanıma uygun olduğundan bu ekşi hamurdan direk olarak örnek alınarak analize tabi tutulmuştur.

3.2.3 Kek Denemeleri

Kek üretimi için Tip I ve Tip II ekşi hamur farklı oranlarda (%0 (kontrol), %10, %15, %20) kek formülasyonuna eklenmiştir. Kek formülasyonunda un, yumurta, süt, şeker, yağlar, kabartıcılar, tuz, fruktoz şurubu, aroma verici, kuru meyve çeşitleri, ekşi hamur gibi temel bileşenler bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamındaki keklerin tümünde kabartıcı miktarı azaltılırken, koruyucu ve asitlik düzenleyici bu keklerin bileşiminde yer almamıştır. Kek hamurları 30-35°C'de, %80-90 bağıl nemde 4-6 saat fermentasyon kabininde (Wiesheu GmbH, Almanya) fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyon sonunda kek hamurları fırında (İnoksan FBE010, Türkiye) 160-170°C'de 22-25 dk boyunca pişirilmiştir. Kekler soğutulduktan sonra ambalajlanmıştır.

3.2.4 Ekşi Hamurlarda ve Ekşi Hamurlu Keklerde Yapılan Analizler

3.2.4.1 Ekşi Hamurlarda Laktik Asit Bakteri Sayımı

Tip I ve Tip II ekşi hamur örneklerinin laktik asit bakteri sayımı için de Man, Rogosa and Sharpe Agar (MRS, Merck) kullanılmıştır. Bu amaçla 10 g ekşi hamur örneği tartılmış, üzerine 90 mL steril peptonlu su eklenmiş ve homojenize edilmiştir. Bu şekilde elde edilen 10^{-1}'lik dilüsyondan 10^{-8}'e kadar dilüsyonlar hazırlanmıştır. Ardından bu dilüsyonlardan 1'er mL olacak şekilde besiyerlerine dökme plak yöntemi kullanılarak ekim yapılmıştır. Tüm petriler 30-32°C'de 2 gün inkübasyona tabi tutulmuş ve inkübasyon sonunda sayım yapılmıştır.

3.2.4.2 Ekşi Hamurlarda Maya Sayımı

Ekşi hamur örneklerinin maya sayımı için Malt Extract Agar (Merck) kullanılmış ve laktik asit bakteri sayımında olduğu gibi 10^{-8}'e kadar hazırlanan dilüsyonlardan 1'er mL olacak şekilde besiyerlerine dökme plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 26-27°C'de 3-5 gün süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucunda petrilerde gelişen koloniler sayılmıştır.

3.2.4.3 Ekşi Hamurlarda ve Keklerde pH Tayini

Tip I ve Tip II ekşi hamur örneklerinin pH değeri pH metre (Mettler Toledo SevenCompact, İsviçre) elektrodunun hamura direk olarak daldırılması ile ölçülmüştür.

Kek örneklerinin pH değeri ise örneklerin 10 g'ının tartılıp 100 mL saf su ile süspansiyonundan sonra üstte kalan kısmın pH'sı (Mettler Toledo SevenCompact, İsviçre) pH metre ile ölçülmüştür [106].

3.2.4.4 Ekşi Hamurlarda ve Keklerde Titrasyon Asitliği Tayini

Tip I ve Tip II ekşi hamurların % laktik asit miktarlarının belirlenmesi amacıyla ilk olarak ekşi hamur örneklerinin 10 g'lık kısmına 100 mL saf su ilave edilmiş ve homojenize edilmiştir. Elde edilen karışıma 3-4 damla fenolftalein ilave edildikten sonra 0,1 N NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Kalıcı pembe renk elde edilene kadar titrasyon işlemine devam edilmiştir. Titrasyon asitliği % laktik asit cinsinden hesaplanmıştır. Kek örneklerinin titrasyon asitliği tayininde ise 10 g örnek tartılmış, üzerine 100 mL saf su ilave edilerek yaklaşık 30 dakika kaynama sıcaklığında olacak şekilde ısıtılmıştır. Soğutulan çözelti üzerine 3-4 damla fenolftalein ilave edilerek 0,1 N NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Titrasyon işlemine belirli aralıklarla, oluşan pembe renk tamamen sabit kalıncaya kadar devam edilmiştir [106]. Titrasyon asitliği % laktik asit cinsinden (3.1)'deki denklem kullanılarak hesaplanmıştır [107, 108].

$$\% \text{ Laktik Asit} = [(V \times F \times E)/m] \times 100 \qquad (3.1)$$

V: Titrasyonda sarf edilen NaOH miktarı (mL)

F: Titrasyonda kullanılan bazın faktörü (Baz çözeltisinin normalitesi tam olarak 0,1 olduğunda çözelti faktörü 1 alınır.)

E:1 ml 0,1 N NaOH'e eşdeğer asit miktar (Laktik asit için E=0,009 g'dır.)

m: Örnek miktarı (g)

3.2.4.5 Keklerde Su Aktivitesi Tayini

Kek örneklerinin su aktivitesi tayini su aktivitesi cihazı (Novasina LabMaster, İsviçre) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kek örnekleri cihazın kabında bulunan çizgiyi aşmayacak şekilde konulmuş ve analiz 25 °C'de gerçekleştirilmiştir. Cihaz ekranından kek örneklerinin su aktivitesi değerleri okunmuştur [109].

3.2.4.6 Keklerde Nem Tayini

Kek örneklerinin % nem miktarının belirlenmesinde halojen ısıtma sistemine sahip nem tayin cihazı (Ohaus MB45, İsviçre) kullanılmıştır. Bunun için cihazın içindeki alüminyum plaklara 3-3,5 g örnek tartılmış, 105 °C'de işlem gerçekleştirilmiştir. Nem tayin cihazında örneğin nem miktarı ilk tartımı ile kurutma sonundaki tartım sonucu arasında olan ağırlık kaybı ile yüzdece hesaplanmıştır. Cihaz ekranından kek örneklerinin % nem miktarları okunmuştur.

3.2.4.7 Keklerde Protein Tayini

Kek örneklerinin protein miktarı Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. Kjeldahl yönteminin prensibi homojen haldeki örneğin derişik sülfirik asit ile yakılmasıyla örneğin içerdiği toplam azotun amonyum sülfata dönüştürülmesi, alkali koşullarda oluşan amonyağın borik asit çözeltisine distile edilmesi, borat anyonlarının hidroklorik asit çözeltisi ile titre edilmesi ile azot miktarının ve sonucun gıdaya uygun faktörle çarpılması ile protein miktarının hesaplanmasına dayanmaktadır [110]. Bu amaçla 1 gram kek örnekleri Kjeldahl tüplerine tartılmış, her bir tüpe 20'şer mL derişik H_2SO_4 ve 2'şer tane Khejdahl tableti eklenmiştir. Tüpler yakma ünitesine (Buchi-K-425 Speed Digester, İsviçre) yerleştirilmiş ve sıcaklığın kademeli olarak arttırılması ile yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma işlemi sonucunda berrak yeşil renk elde edilmiştir. Örnekler soğutulduktan sonra destilasyon aşamasına geçilmiştir. Bu amaçla tüpler destilasyon ünitesine (Buchi-K-360 KjelFlex, İsviçre) koyularak 50 mL H_2O, 90 mL NaOH, 60 mL H_3BO_3 kullanılarak 240 s distilasyon işlemine tabi tutulmuştur. Titrasyonda 0,1 N HCl kullanılmıştır.

3.2 ve 3.3'teki denklem yardımıyla % azot, % azot miktarının faktör ile çarpılması sonucu % protein miktarı hesaplanmıştır [111].

$$\% N: [((V1- V0) \times N \times 0,014)/ m] \times 100 \quad (3.2)$$

V1: Titrasyonda sarf edilen HCl miktarı (mL)

V0: Kör örneğin titrasyon işleminde sarf edilen HCl miktarı (mL)

N: HCl çözeltisinin normalitesi

0,014: Azotun miliekivalent ağırlığı

m: Örnek miktarı (g)

$$\% Protein= \% N \times 5,7 \quad (3.3)$$

3.2.4.8 Keklerde Toplam Şeker Tayini

Kek örneklerinin toplam şeker miktarı Luff Schoorl yöntemine göre belirlenmiştir. Bu amaçla 5 g kek örneği 250 mL'lik bir balon jojeye tartılarak üzerine 200 mL saf su ilave edilmiştir. Daha sonra 5'er mL Carrez I ve Carrez II çözeltisinden eklenerek balon joje çizgisine kadar saf su ile tamamlanmış ve iyice çalkalamanın ardından filtrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Toplam şeker tayini için bu filtratın 25 mL'si 100 mL'lik balon jojeye aktarılmış ve üzerine 50 mL kadar saf su eklenmiştir. Ardından su banyosunda 5 dk içinde sıcaklığının 67-70 °C'ye ulaşması sağlanmış ve 5 mL %35-36'lık hidroklorik asit ilave edilerek 5 dk daha bu sıcaklıkta bekletilmiştir. Akan su altında soğutulan çözeltiye fenolftalein indikatörü eklenerek %30'luk potasyum hidroksit ile titre edilmiştir. Pembe renk oluşunca titrasyon sonlandırılmıştır. Balon jojeye birkaç damla olacak şekilde asetik asit damlatıldıktan sonra çizgiye kadar saf su ile tamamlanmıştır.

Titrasyon için hazırlanan bu çözeltiden 25 mL ve Luff Schoorl çözeltinden 25 mL bir erlene aktarılmış ve erlen geri soğutucuya takılmıştır. Erlen asbest tel üzerine yerleştirilerek bunzen beki üzerinde 10 dk kaynatılmıştır. Daha sonra akan su altında çözelti hızlıca soğutulmuştur. %30'luk potasyum iyodür çözeltisinden 10 mL ve %25'lik 25 mL sülfürik asit eklenmiş, 0,1 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile açık sarı renk olana kadar titrasyon işlemi sürdürülmüştür. Sarfiyat kaydedilmiş ve kör numune için de saf su ve Luff Schoorl çözeltisi ile işlemler tekrarlanmıştır. Elde edilen sarfiyatlar arasındaki fark alınarak analiz yöntemi için uygun tablodan yararlanılarak hesaplama yapılmıştır [112, 113, 114].

3.2.4.9 Keklerde Renk Tayini

Kek örneklerinde renk analizi renk tayin cihazı (Konica Minolta Chroma Meter CR-400, Japonya) kullanılarak yapılmış, analiz öncesinde cihaz beyaz plaka kullanılarak kalibre edilmiştir. Kek örneklerinin L*(parlaklık), a*(+a* kırmızı, -a* yeşil), b* (+b* sarı, -b* mavi) renk ölçümleri yapılmıştır. Burada L* değeri 0 ve 100 arasında olup değer 100'e yaklaştıkça ürünün parlaklığı artmaktadır. a* ve b* değerleri -100 ve +100 arasında değişmektedir. -100 yeşilin, +100 kırmızının maksimum yoğunlukta olduğu değeri ifade ederken -100 maviliğin, +100 ise sarılığın maksimum yoğunluktaki noktasıdır [115].

3.2.4.10 Keklerde Tekstürel Analiz

Kek örneklerinin tekstür profil analizi (TPA) tekstür analiz cihazı (Brookfield CT3-4500, ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla pişirilen kek örnekleri yaklaşık 24 saat bekletilmiş ve iç kısımlarından olmak üzere 2,5 cm×2,5 cm×2,5 cm ebatlarında kesilmiştir. Kekler cihazın tablasına yerleştirilmiş, prob olarak TA4/1000 kullanılmış ve analiz parametreleri olarak test öncesi hızı, test hızı ve test sonrası hızı 1 mm/s, sıkıştırma oranı %25, trigger yükü 5 g olarak uygulanmıştır. Tekstür profil analizi (TPA) ile kek örneklerinin sertlik (hardness), yüzey yapışkanlığı (adhesiveness), iç yapışkanlık (cohesiveness), esneklik (resilience), elastikiyet (springiness), çiğnenebilirlik (chewiness) özellikleri belirlenmiştir [18, 116, 117].

3.2.4.11 Keklerde Duyusal Analiz

Keklerin duyusal analizi dış renk, iç renk, gözenek yapısı, koku, çiğnenebilirlik, lezzet ve genel beğeni açısından değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bunun için kek örnekleri bıçak ile kesilmiş ve farklı kek örnekleri rastgele seçilmiş üç basamaklı farklı sayılar ile kodlanarak panalistlere duyusal değerlendirme için verilmiştir. Panel ekibi Şölen Çikolata Gıda SAN. ve TİC. A.Ş.'den olmak üzere 10 kişiden oluşmaktadır. Kek örneklerinin kalite kriterlerinin değerlendirilmesinde panelistlerden örneklere 1 puan hiç beğenmedim, 5 puan çok beğendim olmak üzere 1'den 5'e kadar puan vermesi istenmiştir [118, 119, 120]. Duyusal analiz formu Ek A'da yer almaktadır.

3.2.4.12 İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada Tip I ve Tip II ekşi hamur kek formülasyonuna %0 (kontrol), %10, %15 ve %20 oranlarında eklenerek ekşi hamurlu kekler üretilmiş ve bu keklerin analizlere tabi tutulması ile elde edilen verilere JMP 6.0 programı ile istatistiksel analiz gerçekleştirilmiştir. Veriler ortalama±standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. İstatistiksel analizde farklı oranda ekşi hamur içeren kek formülasyonlarına ait veriler arasında farklılık olup olmadığının belirlenmesi amacıyla $\alpha=0,05$ önem düzeyinde iki yönlü varyans analizi yapılmış, LS Means Student's t testi ile karşılaştırılarak harflendirilmiştir.

4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Kek Ununun Özellikleri

Bu çalışma kapsamında kullanılan unun fizikokimyasal özellikleri belirlenmiş olup bu özellikler Tablo 4.1'de verilmiştir. Buna göre kek ununun nemi %13,13, kül miktarı kuru maddede %0,50 olarak belirlenmiştir. %14 nem esasına göre düzeltilmiş sedimantasyon ve gecikmeli sedimantasyon değerleri sırasıyla 31,18 mL ve 41,08 mL olarak tespit edilmiştir. Yaş gluten ve kuru gluten değerleri sırasıyla %32,49 ve %10,59 olup gluten indeksi %97,51 olarak belirlenmiştir. Unun farinograf özelliklerinden su absorbsiyonu %58,23, stabilitesi 05:15 dk:s, gelişme süresi 01:56 dk:s, yoğurma tolerans sayısı 41,75 FE olup unun 45. dk, 90. dk ve 135. dk'lardaki ekstensograf özelliklerinden enerjisi sırasıyla 117,25 cm^2, 144,50 cm^2 ve 149,25 cm^2, uzamaya karşı direnci 508,00 BU, 611,25 BU ve 623,75 BU, uzayabilirliği 136,50 mm, 138,25 mm ve 138,25 mm ve maksimum değeri 627,75 BU, 799,50 BU ve 827,00 BU olarak tespit edilmiştir. Kek ununa ait farinograf ve ekstensograf grafik örneği Ek B'de yer almaktadır.

Tablo 4.1 Kek ununun fizikokimyasal özellikleri

Nem (%)	13,13±0,02
Kül (%)[1]	0,50±0,05
Sedimantasyon (mL)[2]	31,18±1,11
Gecikmeli Sedimantasyon (mL)[2]	41,08±0,50
Yaş Gluten (%)[1]	32,49±0,15
Kuru Gluten (%)[1]	10,59±0,24
Gluten İndeksi (%)	97,51±0,31

Tablo 4.1 Kek ununun fizikokimyasal özellikleri (devamı)

Unun Farinograf Özellikleri			
Su Absorbsiyonu (WAC) (%)	58,23±0,25		
Stabilite (dk:s)	05:15±01:13		
Gelişme Süresi (dk:s)	01:56±00:09		
Yoğurma Tolerans Sayısı (MTI) (FE)	41,75±4,02		
Unun Ekstensograf Özellikleri			
	45. dk	90. dk	135. dk
Enerji (cm^2)	117,25±3,56	144,50±6,80	149,25±7,95
Uzamaya Karşı Direnci (BU)	508,00±12,81	611,25±24,56	623,75±9,65
Uzayabilirlik (mm)	136,50±1,80	138,25±6,30	138,25±4,32
Maksimum (BU)	627,75±12,50	799,50±22,87	827,00±27,12

[1] Değerler kuru maddede verilmiştir.
[2] %14 nem esasına göre düzeltilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğine (Tebliğ No: 2013/9) göre özel amaçlı unun nem değeri en çok %14,5 olmalıdır ve bu çalışmada kullanılan unun nem değeri TGK'ye uygundur. Kül, sedimantasyon ve beklemeli sedimantasyon değerleri ise aranmamaktadır [105]. Literatürde kül miktarının yaklaşık %0,4 olması kek üretimi için önem arz ettiği belirtilmektedir. [20]. Sedimantasyon değerinin ve gecikmeli sedimantasyon değerlerinin 30-39 mL arasında olduğu durumlarda gluten kalitesi ve miktarı iyi olarak belirtilmektedir [121]. Gecikmeli sedimantasyon değerinin sedimantasyon değerinden daha düşük ve her iki değer arasındaki farkın yüksek olduğu sonuçlar süne kımıl zararına uğramış unlarda görülmektedir [122]. Yaş gluten miktarının %28-35 arasında değişmesi iyi kalitede ve miktarda gluten içerdiğinin göstergesidir [122, 123].

Farinograf özelliklerinden su absorbsiyonu unun absorbe edebildiği su miktarını ifade etmektedir ve genellikle keklerde kullanılan unun %56-58 civarında olduğu bildirilmiştir. Su absorbsiyonu sabit kıvamda hamur elde etmek için önemlidir. Su absorbsiyonu değeri bakımından bu çalışma kapsamında kullanılan kek ununun uygun olduğu belirlenmiştir. Stabilite grafiğin 500 konsistent çizgisini ortaladıktan sonra yumuşama başlayıncaya kadarki süreyi, gelişme süresi ise konsistent çizgisine ulaşmasına kadar geçen süreyi ifade etmektedir. Yoğurma tolerans sayısı ise eğrinin tepe noktasının en yüksek noktası ile tepe noktasına ulaştıktan 5 dk sonraki değer arasındaki farktır. Ekstensograf analizi hamurun dayanıklılığı yanı sıra 45, 90 ve 135 dakika bekleme sırasında meydana gelen değişiklikler hakkında da bilgi sağlamaktadır. Ayrıca farklı tipte buğday veya unun tespit edilmesinde önem arz etmektedir. Ekstensograf grafiğindeki eğrinin alan enerji olup alan arttıkça hamurun fermentasyon toleransı artmaktadır. Çalışmada kullanılan unun enerjisinin ekmeklik unlarda olduğu gibi fazla olduğu gözlenmiştir. Uzayabilirlik eğrinin tabanının ölçülmesi ile mm olarak belirlenmekte olup hamurun gerilebilirliğini ifade etmektedir. Direnç ise eğrinin 5 cm'ye geldiğinde veya maksimumdayken BU cinsinden okunan değerlerdir [15, 20, 124, 125]. Uzayabilirlik ve direnç özellikleri bakımından da kullanılan kek ununun değerleri yüksektir.

Tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde unun kek üretimde kullanılabilir nitelikte olduğu saptanmıştır.

4.2 Ekşi Hamurların Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Özellikleri

Bu araştırma çerçevesinde mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kek üretiminde kullanılan Tip I ve Tip II ekşi hamur örnekleri analize tabi tutularak incelenmiştir. Tip I ve Tip II ekşi hamur örneklerine ait pH değerleri, titrasyon asitliği değerleri, laktik asit bakteri ve maya sayıları Tablo 4.2'de verilmiştir. Buna göre Tip I ekşi hamur örneğinin pH değeri 4,25 iken Tip II ekşi hamurun pH değeri 3,82 olarak ölçülmüştür. Ekşi hamur örneklerine ait titrasyon asitliği değerleri % laktik asit cinsinden belirlenmiş olup Tip I ve Tip II ekşi hamurların titrasyon asitliği değerleri sırasıyla %0,93 ve %1,48 olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla Tip I ekşi hamurun titrasyon asitliğinin Tip II ekşi hamurun

titrasyon asitliğine göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Ekşi hamurda bulunan mikroorganizmalar tarafından üretilen laktik asit gibi organik asitlerin miktarı arttıkça pH değerinin düştüğü sonucuna varılabilir. Laktik asit bakteri sayısı ise Tip I ekşi hamurda 9,10 log kob/g, Tip II ekşi hamurda 8,92 log kob/g olarak bulunmuştur. Tip I ve Tip II ekşi hamurun maya sayıları sırasıyla 5,25 ve 7,36 log kob/g olup, Tip II ekşi hamur Tip I ekşi hamura göre daha yüksek sayıda maya içermektedir. Ekşi hamurun mikrobiyotası ve dolayısıyla ekşi hamur kullanılarak üretilmiş son ürün hammaddelerin sahip olduğu endojen özelliklerine ve fermentasyon parametrelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Endojen özellikler arasında karbonhidrat, lipit, serbest yağ asitleri, azot içeren bileşikler, mineral, enzim aktiviteleri sayılırken, fermentasyon parametreleri olarak sıcaklık, oksijen içeriği, ekşi hamur verimi, fermentasyon süresi ve fermentasyon sırasında gerçekleştirilen adım sayısı gösterilmektedir [41, 60]. Kullanılan starter kültür, hamur verimi, besleme işlemi ve bileşenlerin fermentasyona etkisinin incelendiği bir çalışmada ekşi hamurun 30˚C'de 8 saatte bir beslenmesi ile ekşi hamurdaki mikroorganizmalar tarafından üretilen gaz ve asit miktarının arttığı ancak laktik asit bakteri ve maya sayısının azaldığı tespit edilmiştir [71, 126]. Tip I ve Tip II ekşi hamur örneklerinin mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikleri üzerinde pek çok faktör etkili olmaktadır.

Tablo 4.2 Ekşi hamur örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri, laktik asit bakteri ve maya sayısı [1]

Ekşi Hamur Örnekleri	pH	Titrasyon Asitliği (% Laktik Asit)	Laktik Asit Bakteri Sayısı (log kob/g)	Maya Sayısı (log kob/g)
Tip I	$4,25\pm0,09^{A}$	$0,93\pm0,07^{B}$	$9,10\pm0,16^{A}$	$5,25\pm0,46^{B}$
Tip II	$3,82\pm0,05^{B}$	$1,48\pm0,05^{A}$	$8,92\pm0,39^{A}$	$7,36\pm0,21^{A}$

[1] Farklı harfler ortalamalar arasındaki önemli farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Önceki çalışmalar incelendiğinde bu çalışmada elde edilen sonuçların literatürdekiler ile yakın değerler aldığı görülmektedir. Elazığ ve yöresindeki ekşi hamurlara yönelik bir araştırmada ekşi hamurun ilave edilmesi ile fermentasyona

bırakılmış hamurların fermentasyon bitimine yakın zamanlardaki laktik asit bakteri ve maya sayısının sırasıyla $7,56\times10^8$ kob/g ve $2,23\times10^8$ kob/g, pH'ın ise 4,15 olduğu belirlenmiştir [127]. Türkiye'de bazı ekşi hamurların analiz edilmesiyle yapılan bir çalışmada örneklerin laktik asit bakteri sayısı 6,71-9,16 log kob/g, maya sayısı 5,27-8,08 log kob/g, pH değeri 3,77-5,44, titrasyon asitliği (TTA) değeri 4,03-14,63 mL arasında bulunmuştur [71]. Başka bir araştırmada A ve B olmak üzere iki farklı firmadan alınan Panettone üretiminde kullanılan ana ekşi hamur kültürünün laktobasil sayısı sırasıyla $9,5\times10^8$ kob/g ve $6,6\times10^8$, maya sayılarının $1,7\times10^7$ ve $1,4\times10^7$, pH değerleri ise 4,04 ve 4,02 olduğu belirlenmiştir [100]. Yapılan diğer bir çalışmada Colomba üretimi sırasında farklı aşamalarda örnekler alınarak analize tabi tutulmuştur ve üretimin ilk aşamasındaki ana ekşi hamurun pH değeri 3,86 iken laktik asit değeri 5,07 g/kg olarak belirlenmiştir [103]. Sekiz farklı endüstriyel firmadan toplanan İtalyan tatlı fırıncılık ürünlerinin yapımında kullanılan ekşi hamurun analiz edildiği bir çalışmada ise laktobasil sayısı $8,1\times10^7$ ile $1,7\times10^9$, maya sayısı $1,4\times10^6$ ile $6,2\times10^7$, pH değerleri ise 3,75 ile 4,20 arasında değişmiştir [99]. Tip I ve Tip II ekşi hamur örneklerine ait analiz sonuçları literatürdeki bu sonuçlar ile uyumludur.

4.3 Kek Örneklerinin Fizikokimyasal, Tekstürel ve Duyusal Özellikleri

4.3.1 Kek Örneklerinin pH ve Titrasyon Asitliği Değerleri

Bu çalışma kapsamında Tip I ve Tip II ekşi hamurun farklı konsantrasyonda eklenmesi ile hazırlanmış ekşi hamurlu keklerin pH ölçümleri ve titrasyon asitliği tayinleri gerçekleştirilmiş olup değerler Tablo 4.3'te yer almaktadır. Keklere ait titrasyon asitliği değerleri % laktik asit cinsinden verilmiştir.

Tablo 4.3'te görüldüğü gibi örneklerin pH değerleri 6,08 ile 7,03 arasında değişiklik göstermiş olup en yüksek pH değeri %0 ekşi hamur içeren kontrol kekine aitken, %20 oranında Tip II ekşi hamurlu kek ise en düşük pH değerine sahiptir. Genel olarak Tip I hamur konsantrasyonu arttıkça kek örneklerinin pH değerinde azalma meydana gelmesine rağmen %15 ve %20 Tip I ekşi hamur içeren örneklerin pH sonuçları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Tip II

ekşi hamurlu kek örneklerinde konsantrasyon artışına bağlı olarak pH değerlerinde azalma meydana gelmiştir. %0 ekşi hamurlu kontrol keki ile ekşi hamur içeren örnekler arasındaki farklılık nedeniyle Tip I ve Tip II ekşi hamurun keklerin pH değeri üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmaktadır. Aynı konsantrasyondaki Tip I ve Tip II ekşi hamur ilave edilmiş kekler karşılaştırıldığında ise Tip II ekşi hamurun kullanıldığı keklerin pH değerinin Tip I ekşi hamur ile üretilmiş keklerin pH değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak Tip II ekşi hamurun pH değerinin Tip I ekşi hamurdan daha düşük, titrasyon asitliğinin ise Tip I ekşi hamurun titrasyon asitliğinden daha yüksek olması gösterilebilir.

Ekşi hamurlu kek örneklerinden %0 ekşi hamurlu kek örneğinin laktik asit cinsinden titrasyon asitliği değeri %0,24 iken %10, %15 ve %20 Tip I ekşi hamurlu kek örneklerinin laktik asit değerleri sırasıyla %0,30, %0,33 ve %0,37 olarak belirlenmiş, %10, %15 ve %20 Tip II ekşi hamurlu kek örneklerinin ise laktik asit değerleri %0,42, %0,46 ve %0,50 olarak saptanmıştır. Dolayısıyla en yüksek laktik asit değerine %20 oranında Tip II ekşi hamur içeren kek sahipken, %0 ekşi hamur içeren kontrol keki en düşük laktik asit değerini almıştır. Hem Tip I hem de Tip II ekşi hamurlu kek örnekleri için ekşi hamur konsantrasyonu arttıkça laktik asit miktarı artmıştır ve konsantrasyonların kek örneklerindeki oluşturduğu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Laktik asit artışında konsantrasyona bağlı olarak ekşi hamurdan gelen laktik asitin etkili olduğu düşünülmektedir. Ekşi hamur içeren örneklerin laktik asit miktarının %0 ekşi hamurlu kontrol kekinden daha yüksek olması nedeniyle hem Tip I hem de Tip II ekşi hamur ilavesinin keklerde laktik asit cinsinden titrasyon asitliği üzerinde farklılık oluşturması bakımından önem arz etmektedir. Aynı konsantrasyonda farklı ekşi hamur tipleri içeren keklerden Tip II ekşi hamurun kullanıldığı kekler Tip II ekşi hamurun daha fazla laktik asit içermesi dolayısıyla daha yüksek laktik asit değerine sahip olduğu gözlenmiş ve değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Tablo 4.3'ten görüleceği üzere kek örneklerindeki laktik asit miktarının artmasıyla pH düşmüş olup, pH ve laktik asit cinsinden titrasyon asitliği değerleri birbirleriyle uyumludur.

Tablo 4.3 Kek örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerleri [1]

Kek Örnekleri		pH	Titrasyon Asitliği (% Laktik Asit)
Tip I Ekşi Hamurlu Kek	%0	7,03±0,07^{Aa}	0,24±0,02^{Da}
	%10	6,76±0,07^{Ba}	0,30±0,02^{Cb}
	%15	6,62±0,07^{Ca}	0,33±0,03^{Bb}
	%20	6,60±0,08^{Ca}	0,37±0,03^{Ab}
Tip II Ekşi Hamurlu Kek	%0	7,03±0,07^{Aa}	0,24±0,02^{Da}
	%10	6,59±0,11^{Bb}	0,42±0,01^{Ca}
	%15	6,32±0,14^{Cb}	0,46±0,02^{Ba}
	%20	6,08±0,03^{Db}	0,50±0,01^{Aa}

[1] Farklı büyük harfler aynı tip ekşi hamur ile üretilmiş keklerdeki farklı ekşi hamur konsantrasyonları (%0, %10, %15, %20) arasındaki önemli farklılığı göstermektedir. Farklı küçük harfler aynı ekşi hamur konsantrasyonlarında farklı ekşi hamur tipleri (Tip I ve Tip II) ile üretilmiş kekler arasındaki önemli farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Literatür incelendiğinde yapılan bir çalışmada *Lactobacillus fermentum* IAL 4541 ve *Wickerhamomyces anomalus* IAL 4533 suşlarının farklı oranlarda kullanımının Panettone örneklerinin bazı özelliklerine etkisi incelenmiş ayrıca ticari maya ve kalsiyum propiyonat içeren örnek ve sadece ticari maya içeren kontrol örneği ile karşılaştırmalar yapılmıştır. 140 gün boyunca depolanan örneklerden farklı oranlarda suş içeren örneklerin pH değerleri 3,90 ile 4,34 ve toplam titrasyon asitliği 2,8 ile 4,1 mL, ticari maya içerenlerin ise pH değeri 4,79 ile 5,13 ve toplam titrasyon asitliği 1,9 ile 2,7 mL arasında değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir [101]. Diğer bir çalışmada ise A ve B firmaları olmak üzere iki farklı firmadan temin edilen Panettone örneklerinin pH değeri sırasıyla 5,50 ve 5,20 olduğu saptanmıştır [100]. 13˚C ve 19˚C'de olgunlaştırılan iki farklı ekşi hamurun Pandoro ürününe etkisinin incelendiği bir çalışmada bu sıcaklıklarda olgunlaştırılmış ekşi hamurların pH değeri sırasıyla 3,88 ve 3,52 iken, pişirmenin ardından vakum ile kurutulup son

ürün olarak elde edilen Pandoro'ların pH değerleri sırasıyla 5,42 ve 5,34 olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada 13 ˚C ve 19 ˚C'deki olgunlaştırılmış ekşi hamurların laktik asit içerikleri sırasıyla 5,92 g/kg ve 10,91 g/kg iken, pişirme sonrası 0,92 g/kg ve 1,11 g/kg, kurutma işleminin ardından ise 0,72 g/kg ve 0,89 g/kg olduğu bildirilmiştir [102]. Literatürdeki bu değerlere kıyasla bu çalışmada elde edilen ekşi hamurlu keklerin pH değerleri daha yüksek ve laktik asit cinsinden titrasyon asitliği ise benzer veya daha yüksek olarak bulunmuştur. Ayrıca ekşi hamur ilavesi ile kek pH değerinin düşmesine benzer sonuçlar literatürde bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada kek yapımında kullanılmak üzere nohut ile elde edilmiş ekşi hamur ve kabartma tozu miktarlarının optimizasyonu yapılarak elde edilen kek, kontrol keki ile çeşitli kalite özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. Kek formülasyonuna eklenen nohut ekşi hamurunun pH değerini azalttığı, titrasyon asitliğini (TTA) ise arttırdığı tespit edilmiştir [128].

4.3.2 Kek Örneklerinin Su Aktiviteleri, Nem, Protein ve Toplam Şeker İçerikleri

Bu tez çalışması kapsamında analize tabi tutulan %0 ekşi hamur içeren kontrol keki ile farklı tip ve konsantrasyonda ekşi hamur içeren keklerin su aktiviteleri, nem değerleri, protein ve toplam şeker miktarları Tablo 4.4'te verilmiş olup protein ve toplam şeker değerleri kuru maddede verilmiştir.

Su aktivitesi mikrobiyolojik, enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlar, lipit oksidasyonu gibi biyokimyasal olaylar için gerekli olan kullanılabilir nitelikteki suyu ifade etmektedir. Raf ömrü boyunca biyokimyasal reaksiyonlar nedeniyle kalite kayıpları meydana gelmektedir. Bu nedenle kek lezzetinde, kokusunda, yapısında, görünüşünde meydana gelen değişikliklerin en aza indirilerek raf ömrünün uzun tutulması için su aktivitesi oldukça önem taşımaktadır [33, 129, 130]. Bu çalışma kapsamındaki kek örneklerinin su aktiviteleri 0,778 ile 0,790 arasında değişiklik göstermiştir. Tablo 4.4'teki su aktivitesi değerleri incelendiğinde Tip I ekşi hamuru farklı konsantrasyonda içeren kek örnekleri arasında istatistiki açıdan önemli bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Tip II ekşi hamurlu keklerin %0 ekşi hamur içeren kontrol keki ile karşılaştırılmasıyla %20 oranında ekşi hamur ilavesinin su aktivitesi değerinde farklılığa sebep olduğu ancak kontrol keki ile %10 ve %15 ekşi hamur

içeren kekler arasında bir farklılık oluşturmadığı görülmektedir. Aynı oranda ekşi hamur içeren Tip I ve Tip II ekşi hamurlu kekler karşılaştırıldığında ise %20'lik konsantrasyona sahip kekler dışındaki diğer keklerin su aktivitesi değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Literatür incelendiğinde yapılan bir çalışmada 13 ˚C ve 19 ˚C'de olgunlaştırılan ekşi hamurlar ile üretilen Pandoro örneklerinin su aktivitelerinin pişirme işleminden sonra sırasıyla 0,869 ve 0,900 olduğu, pişirme işleminin ardından uygulanan vakum kurutma ile birlikte değerlerin sırasıyla 0,840 ve 0,860 olduğu belirlenmiştir [102]. Bu değerlerin bu çalışmadaki veriler ile karşılaştırılmasıyla Tip I ve Tip II ekşi hamurlu keklerin tüm konsantrasyonlardaki su aktivitesi değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 4.4 Kek örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri [1]

Kek Örnekleri		Su Aktivitesi	Nem (%)	Protein (%) [2]	Toplam Şeker (%) [2]
Tip I Ekşi Hamurlu Kek	%0	$0,786\pm0,008^{Aa}$	$17,40\pm0,47^{Aa}$	$7,95\pm0,61^{Aa}$	37,8
	%10	$0,790\pm0,013^{Aa}$	$17,34\pm0,23^{Ab}$	$6,33\pm0,33^{Ca}$	36,4
	%15	$0,781\pm0,007^{Aa}$	$17,47\pm0,18^{Ab}$	$6,75\pm0,63^{BCa}$	35,8
	%20	$0,782\pm0,005^{Aa}$	$17,16\pm0,34^{Ab}$	$7,19\pm0,38^{Ba}$	34,6
Tip II Ekşi Hamurlu Kek	%0	$0,786\pm0,008^{ABa}$	$17,40\pm0,47^{Ca}$	$7,95\pm0,61^{Aa}$	37,8
	%10	$0,788\pm0,004^{Aa}$	$18,16\pm0,11^{Ba}$	$6,68\pm0,53^{Ba}$	37,7
	%15	$0,782\pm0,006^{BCa}$	$18,43\pm0,27^{ABa}$	$6,88\pm0,46^{Ba}$	36,3
	%20	$0,778\pm0,002^{Cb}$	$18,50\pm0,14^{Aa}$	$6,75\pm0,22^{Ba}$	34,4

[1] Farklı büyük harfler aynı tip ekşi hamur ile üretilmiş keklerdeki farklı ekşi hamur konsantrasyonları (%0, %10, %15, %20) arasındaki önemli farklılığı göstermektedir. Farklı küçük harfler aynı ekşi hamur konsantrasyonlarında farklı ekşi hamur tipleri (Tip I ve Tip II) ile üretilmiş kekler arasındaki önemli farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

[2] Protein ve toplam şeker içerikleri kuru maddede verilmiştir.

Nem içeriği kekin tekstürel özelliklerini etkilemekle birlikte raf ömrü boyunca stabilliği üzerinde de etkili olması nedeniyle önem arz etmektedir [131]. Tablo 4.4'te

görüleceği üzere kontrol kekinin nem değeri %17,40 olarak saptanırken %10, %15 ve %20 Tip I ekşi hamurlu keklerin sırasıyla %17,34, %17,47 ve %17,16 olarak tespit edilmiştir. %10, %15 ve %20 Tip II ekşi hamurlu keklerin ise nem değerleri sırasıyla %18,16, %18,43 ve %18,50 olarak belirlenmiştir. Tip I ekşi hamurlu keklerin nem değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark yoktur ($p>0,05$). Bu durum Tip I ekşi hamurun keklerin nem değerleri üzerine etkisi olmadığını göstermektedir. Kontrol keki (%0 ekşi hamurlu kek) ve %10, %15, %20 Tip II ekşi hamur içeren örnekler karşılaştırıldığında Tip II ekşi hamur keklerin nem değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı oranda ekşi hamur içeren Tip I ve Tip II ekşi hamurlu keklerden Tip I ekşi hamur içeren örneklerin nem değerleri daha düşük bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada *Lactobacillus fermentum* IAL 4541, *Wickerhamomyces anomalus* IAL 4533, ticari maya gibi farklı mikroorganizmalar içeren ekşi hamurlar ile hazırlanan farklı Panettone örneklerinin nem değerlerinin 23,91 g/100g ve 25,36 g/100g arasında değiştiği bildirilmiştir [101]. Araştırmadaki Panettone örneklerinin bu nem değerlerinin Tip I ve Tip II ekşi hamurlu keklerin nem değerlerine kıyasla oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Bu çalışmadaki kek örneklerinin protein değerleri kuru maddede %6,33 ile %7,95 arasında değişiklik göstermiştir. Protein miktarı açısından kek örnekleri kıyaslandığında en yüksek protein değerine kontrol keki sahipken, %10 oranında Tip I ekşi hamur içeren kek en düşük protein içeriğine sahiptir. Tip I ve Tip II ekşi hamurlu kekler ile kontrol keki arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunması ($p<0,05$) sebebiyle keklerin protein değeri üzerinde her iki tipte ekşi hamurun etkili olarak protein içeriğinde azalmaya yol açtığı sonucuna varılmaktadır. Bu durumun fermentasyon sırasında mikroorganizmaların aktivitesi ve meydana gelen biyokimyasal olaylar neticesinde olduğu çıkarımında bulunulabilir. Aynı konsantrasyondaki kekler arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0,05$).

Tablo 4.4'te yer alan kek örneklerinin toplam şeker miktarları incelendiğinde değerlerin %34,4 ve %37,8 arasında değiştiği gözlemlenmektedir. En yüksek toplam şeker içeriği %0 ekşi hamur içeren kontrol kekine aitken, %20 oranında Tip II ekşi hamur içeren kek en düşük toplam şekere sahiptir. Hem Tip I hem de Tip II

ekşi hamurlu keklerde ekşi hamur konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak toplam şeker içeriğinde azalma meydana gelmiştir. Bu olayın sebebi olarak konsantrasyona bağlı olarak hamurdaki mikroorganizma sayısının artışıyla şekerlerin daha çok kullanılması gösterilebilir. Aynı konsantrasyonda ekşi hamur içeriğine sahip Tip I ve Tip II ekşi hamurlu kekler kıyaslandığında %10 ve %15'lik ekşi hamur konsantrasyonunda Tip II ekşi hamurlu keklerin toplam şeker içeriği daha yüksek, %20'lik konsantrasyonda ise Tip I ekşi hamurlu kekin şeker içeriğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bu tez çalışması ile kek formülasyonuna ekşi hamur ilavesinin toplam şeker içeriğinin azaltılmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Literatürde ise şekeri azaltılmış keklerde kalite kayıplarının azaltılması amacıyla ekşi hamurun kullanılmasına yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiş olup şekeri azaltılmış keklerde %10'dan daha az ekşi hamur kullanımı ile raf ömrü, spesifik hacim, iç yapı, renk, tat, lezzet özelliklerinin geliştirilebileceği sonucu çıkarılmıştır [132].

4.3.3 Kek Örneklerinin Kek İçi ve Kabuğuna Ait Renk Değerleri

Renk ürünlerin tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği üzerinde etkili olması nedeniyle önemli olup pişirme sonunda kek rengi son halini almaktadır. Kek hamurunun pH değeri, nem miktarı, şeker ve aminoasit içeriği, pişirme sırasında kullanılan yöntem, süre, sıcaklık, nem, fırının sahip olduğu özellikler gibi pek çok faktör son ürünün rengi üzerinde rol oynamaktadır [18]. Kek örneklerine ait görseller Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Soldan soğa doğru sırasıyla %0 ekşi hamurlu kontrol keki, %10, %15, %20 Tip I, %10, %15, %20 Tip II ekşi hamurlu kek örneklerinin dış görünümleri



Şekil 4.2 Soldan soğa doğru sırasıyla %0 ekşi hamurlu kontrol keki, %10, %15, %20 Tip I, %10, %15, %20 Tip II ekşi hamurlu kek örneklerinin iç görünümleri

Tip I ve Tip II ekşi hamur kullanılarak üretilen kek örneklerinin içine ve kabuğuna ait L* (parlaklık), a* (+ kırmızı, − yeşil) ve b* (+ sarı, − mavi) değerleri Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da yer almaktadır. Kek örneklerinin iç renk ölçümleri sonucunda L* değerlerinin 72,13 ile 73,79 arasında değiştiği gözlenmiş olup en yüksek %15 oranında Tip I ekşi hamur içeren kek örneğinde, en düşük ise %0 ekşi hamurlu kontrol kekinde olduğu belirlenmiştir. Tip II ekşi hamur içeren keklerin L* değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmamasına ($p>0,05$) rağmen Tip I ekşi hamurlu kekler ile kontrol keki arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$). Bu durumda Tip I ekşi hamurun kekin parlaklığının arttırması ile değişikliğe sebep olması söz konusudur. Aynı konsantrasyondaki farklı tip ekşi hamurlu keklerin L* değerleri karşılaştırıldığında ise %15 ve %20'lik konsantrasyonlarda Tip I ekşi hamurlu keklerin parlaklığının Tip II ekşi hamurlu keklerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Keklerin iç renk a* değerleri −4,22 ile −2,99 arasında değişmiş olup – değerler yeşilliği göstermektedir. Tip I ekşi hamur katkılı keklerin kontrol grubu kek ile birlikte kendi içerisindeki a* değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Tip II ekşi hamurlu keklerin ise a* değerlerinin kontrol grubu kekten daha yüksek olmasına karşın ekşi hamur oranının artması farklılık oluşturmamıştır. Aynı konsantrasyondaki Tip I ve Tip II ekşi hamur içeren kek örneklerinden Tip II ekşi hamur içerenlerin a* değeri daha yüksektir.

Keklerin iç bölgesine ait b* değerleri incelendiğinde kontrol kekinde bu değerin 26,95 olduğu, %10, %15 ve %20 Tip I ekşi hamur içeren kek örneklerinin sırasıyla 24,47, 23,72 ve 23,30 değerlerini aldığı, %10, %15 ve %20 Tip II ekşi hamurlu

keklerin ise iç renk b* değerlerinin sırasıyla 24,50, 23,87 ve 23,10 olduğu görülmektedir. Bu değerlere göre hem Tip I hem de Tip II ekşi hamurlu kekler ile %0 oranında ekşi hamur içeren kontrol keki arasında önemli düzeyde fark olduğu sonucuna varılmaktadır ($p<0,05$). Tip II ekşi hamurlu keklerin içerdiği ekşi hamur oranının artmasıyla b* değerinde azalma meydana gelmiştir. Aynı konsantrasyonda farklı tipte ekşi hamur içeren örnekler arasında ise istatistiksel açıdan önemli bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

Tablo 4.5 Kek örneklerinin iç renk değerleri [1]

Kek Örnekleri		İç Rengi		
		L*	a*	b*
Tip I Ekşi Hamurlu Kek	%0	$72,13\pm0,43^{Ca}$	$-3,90\pm0,28^{Aa}$	$26,95\pm0,69^{Aa}$
	%10	$72,93\pm0,56^{Ba}$	$-4,00\pm0,37^{Ab}$	$24,47\pm0,74^{Ba}$
	%15	$73,79\pm0,61^{Aa}$	$-4,18\pm0,54^{Ab}$	$23,72\pm0,95^{BCa}$
	%20	$73,54\pm1,04^{ABa}$	$-4,22\pm0,23^{Ab}$	$23,30\pm0,65^{Ca}$
Tip II Ekşi Hamurlu Kek	%0	$72,13\pm0,43^{Aa}$	$-3,90\pm0,28^{Ba}$	$26,95\pm0,69^{Aa}$
	%10	$72,49\pm0,49^{Aa}$	$-2,99\pm0,38^{Aa}$	$24,50\pm0,56^{Ba}$
	%15	$72,45\pm1,01^{Ab}$	$-3,28\pm0,17^{Aa}$	$23,87\pm0,31^{Ca}$
	%20	$72,19\pm0,54^{Ab}$	$-3,05\pm0,51^{Aa}$	$23,10\pm0,60^{Da}$

[1] Farklı büyük harfler aynı tip ekşi hamur ile üretilmiş keklerdeki farklı ekşi hamur konsantrasyonları (%0, %10, %15, %20) arasındaki önemli farklılığı göstermektedir. Farklı küçük harfler aynı ekşi hamur konsantrasyonlarında farklı ekşi hamur tipleri (Tip I ve Tip II) ile üretilmiş kekler arasındaki önemli farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Kontrol (%0 ekşi hamur içeren) keki ve ekşi hamurlu keklerin kabuk rengi L* değerleri 48,31 ve 50,78 arasında değişmektedir. En yüksek L* değeri %20 oranında Tip I ekşi hamur kullanılarak üretilen kekte, en düşük ise kontrol kekinde olduğu belirlenmiştir. Aynı tip ekşi hamurlu örneklerin kendi aralarında benzerlik ve farklılıklar mevcutken aynı konsantrasyonda farklı tip ekşi hamur içeren örnekler

arasında %20'lik konsantrasyon dışında önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir ($p>0,05$).

Kabukta ölçülen a* değerleri 11,69 ve 13,09 arasında değişmekle birlikte en yüksek a* değerinin %15 oranında Tip II ekşi hamurlu, en düşük değerin ise %15 oranında Tip I ekşi hamur içeren kekte olduğu saptanmıştır. Tip I ekşi hamurlu keklerden %10 ve %20 konsantrasyonda ekşi hamur içeren kekler ile kontrol kekinin kabuk a* değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık görülmemesine rağmen ($p>0,05$), Tip I ekşi hamurlu keklerin tümü kontrol kekinden daha düşük a* değerine sahiptir. Tip II ekşi hamurlu keklerde ise %20 ekşi hamurlu kek kontrol kekinden daha düşük a* değerine sahip olduğu gözlenmiştir ancak bu farklılık istatistiksel açıdan önemsizdir ($p>0,05$). Bu sonuçlara göre toplam şeker içeriğinde azalmaya sebep olan ekşi hamurun pişirme işlemi sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonunda daha az şekerin reaksiyona girmesi ile kabuk a* değerinde düşmeye sebep olduğu sonucu çıkarılabilir.

Kabuk b* değerleri 23,73 ile 27,77 arasındadır ve b* değeri en yüksek olan kek %15 oranında Tip II ekşi hamur içeren kek iken %20 oranında Tip II ekşi hamurlu kek en düşük b* değerine sahiptir. Tip I ekşi hamurlu kekler ile kontrol keki arasında farklılık olmaması nedeniyle Tip I ekşi hamurun keklerin b* değeri üzerinde etkili olmadığı sonucuna varılmaktadır. Tip II ekşi hamurlu keklerden ise sadece %10'luk konsantrasyon ile kontrol keki arasında fark yoktur ($p>0,05$).

Tablo 4.6 Kek örneklerinin kabuk renk değerleri [1]

Kek Örnekleri		Kabuk Rengi		
		L*	a*	b*
Tip I Ekşi Hamurlu Kek	%0	$48,31\pm1,04^{Ba}$	$12,56\pm0,49^{Aa}$	$25,42\pm1,39^{Aa}$
	%10	$48,88\pm1,03^{Ba}$	$12,16\pm1,07^{ABa}$	$25,61\pm1,65^{Aa}$
	%15	$50,68\pm1,61^{Aa}$	$11,69\pm0,85^{Bb}$	$25,49\pm1,93^{Ab}$
	%20	$50,78\pm1,29^{Aa}$	$11,85\pm0,30^{ABa}$	$26,51\pm2,15^{Aa}$

Tablo 4.6 Kek örneklerinin kabuk renk değerleri [1] (devamı)

Tip II Ekşi Hamurlu Kek	%0	$48,31\pm1,04^{Ba}$	$12,56\pm0,49^{ABa}$	$25,42\pm1,39^{Ba}$
	%10	$48,93\pm0,76^{ABa}$	$12,68\pm0,35^{ABa}$	$25,88\pm0,92^{Ba}$
	%15	$49,59\pm0,65^{Aa}$	$13,09\pm0,55^{Aa}$	$27,77\pm0,84^{Aa}$
	%20	$48,72\pm0,83^{Bb}$	$12,23\pm0,87^{Ba}$	$23,73\pm1,84^{Cb}$

[1] Farklı büyük harfler aynı tip ekşi hamur ile üretilmiş keklerdeki farklı ekşi hamur konsantrasyonları (%0, %10, %15, %20) arasındaki önemli farklılığı göstermektedir. Farklı küçük harfler aynı ekşi hamur konsantrasyonlarında farklı ekşi hamur tipleri (Tip I ve Tip II) ile üretilmiş kekler arasındaki önemli farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Lactobacillus fermentum IAL 4541 ve *Wickerhamomyces anomalus* IAL 4533 suşlarının farklı oranlarda kullanılarak üretilen ve bunun dışında ticari maya ve kalsiyum propiyonat içeren, ayrıca sadece ticari maya ile hazırlanan Panettone örneklerinin özelliklerinin incelendiği bir çalışmada örneklerin iç bölgelerine ait L* değerleri 74,90 ile 77,79, a* değerleri -0,25 ile 0,002, b* değerleri ise 22,76 ile 25,18 arasında değişmiştir [101]. Kek yapımında nohut ekşi hamuru ve kabartma tozu miktarlarının optimizasyonunun yapılarak elde edilen kekin, kontrol keki ile çeşitli kalite özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada nohut ekşi hamuru içeren kek örneğinin L*, a*, b* değerleri kabuk bölgesinde sırasıyla 42,75, 17,84, 23,07 olarak, iç bölgesinde ise 72,89, −1,60, 26,55 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca nohut ekşi hamurunun ilavesiyle kontrol kekine kıyasla kekin kabuk bölgesindeki L* değerinin azalırken, a* değerinin arttığı, b* değerinin değişmediği, iç renk a* değerinin ise arttığı belirtilmektedir [128]. Literatür ile bu tez çalışması kapsamındaki Tip I ve Tip II ekşi hamurlu kekler renk bakımından benzer değerler almıştır. Ancak farklı tip ve konsantrasyonda ekşi hamurlu kekler, kontrol kekine göre istatistiksel olarak kabuk L* değeri bakımından aynı veya daha yüksek, a* değeri bakımından aynı veya daha düşük değer alırken b* değeri bakımından kek örneklerine göre değişkenlik göstermiştir. İç a* değeri bakımından ise Tip II ekşi hamurlu keklerin kontrol kekinden daha yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir.

4.3.4 Kek Örneklerinin Tekstürel Özellikleri

Sertlik (hardness) değeri tekstür analizi ile elde edilen grafikteki birinci sıkıştırma döngüsündeki maksimum kuvvettir ve örneğin deforme olması için gerekli kuvveti ifade etmektedir. Yüzey yapışkanlığı (adhesiveness) örnek ve prob arasındaki çekim kuvvetlerinin üstesinden gelmek için gereken iş olup tekstür grafiğindeki ilk sıkıştırma döngüsündeki negatif alandır. İç yapışkanlık (cohesiveness) ikinci sıkıştırma döngüsünde oluşan pozitif alanın ilk döngüdeki alana oranı ile hesaplanmakta ve örnekteki iç bağların gücü olarak tanımlanmaktadır. Esneklik (resilience) örneğin deformasyondan kurtulup eski haline ulaşabilmesinin ölçüsüdür. Elastikiyet (springiness) ise deformasyona uğramış örneğin ilk şekline ve boyutuna dönme oranı ile ilgilidir. Esneklik ve elastikiyet birbirine benzer terimler olup elastikiyet grafikte mesafelerin oranı ile, esneklik ise alanların oranı ile elde edilmektedir. Çiğnenebilirlik (chewiness) katı gıdaları yutmaya hazır hale getirmek için gereken enerji olarak tanımlanmaktadır ve sertlik (hardness), iç yapışkanlık (cohesiveness) ve elastikiyet (springiness) değerlerinin çarpılması ile hesaplanmaktadır [94, 133, 134, 135, 136]. Kek örneklerine ait örnek bir tekstür grafiği Ek C'de verilmiş olup keklerin tekstürel analizinden elde edilen değerler ise Tablo 4.7'de yer almaktadır.

Tablo 4.7 Kek örneklerinin tekstürel özellikleri [1]

Kek Örnekleri		Tekstürel Özellikler					
		Sertlik (g)	Yüzey Yapışkanlığı (mJ)	Esneklik	İç Yapışkanlık	Elastikiyet (mm)	Çiğnenebilirlik (mJ)
Tip I Ekşi Hamurlu Kek	%0	475,20±88,50^{Aa}	0,02±0,02^{Aa}	0,28±0,03^{Aa}	0,65±0,08^{Aa}	5,33±0,25^{Aa}	16,32±4,40^{Aa}
	%10	396,57±72,83^{BCa}	0,02±0,02^{Aa}	0,25±0,02^{Ba}	0,57±0,03^{Ba}	5,20±0,09^{ABa}	11,54±2,32^{Ba}
	%15	408,03±38,11^{Ba}	0,03±0,03^{Aa}	0,24±0,03^{Ba}	0,56±0,06^{Ba}	5,17±0,17^{Ba}	11,56±1,43^{Ba}
	%20	346,53±56,46^{Ca}	0,03±0,02^{Aa}	0,22±0,02^{Ca}	0,52±0,03^{Ca}	4,99±0,26^{Ca}	8,87±1,93^{Ca}
Tip II Ekşi Hamurlu Kek	%0	475,20±88,50^{Aa}	0,02±0,02^{Aa}	0,28±0,03^{Aa}	0,65±0,08^{Aa}	5,33±0,25^{Aa}	16,32±4,40^{Aa}
	%10	358,97±96,65^{Ba}	0,02±0,02^{Aa}	0,23±0,03^{Ba}	0,55±0,07^{Ba}	5,30±1,19^{Aa}	10,49±4,71^{Ba}
	%15	372,90±90,40^{Ba}	0,02±0,01^{Aa}	0,22±0,02^{Bb}	0,52±0,06^{Ba}	5,07±0,14^{ABa}	9,66±2,64^{Bb}
	%20	342,13±70,68^{Ba}	0,03±0,02^{Aa}	0,22±0,03^{Ba}	0,50±0,05^{Ba}	4,74±0,33^{Bb}	8,07±2,35^{Ba}

[1] Farklı büyük harfler aynı tip ekşi hamur ile üretilmiş keklerdeki farklı ekşi hamur konsantrasyonları (%0, %10, %15, %20) arasındaki önemli farklılığı göstermektedir. Farklı küçük harfler aynı ekşi hamur konsantrasyonlarında farklı ekşi hamur tipleri (Tip I ve Tip II) ile üretilmiş kekler arasındaki önemli farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Tablo 4.7'de görüleceği üzere kek örneklerinin sertlik değerleri 342,13 g ile 475,20 g arasında değişmekte olup keklere Tip I ve Tip II ekşi hamur ilavesinin sertlik değerlerini etkilediği gözlemlenmiştir. Hem Tip I hem de Tip II ekşi hamurlu keklerin sertlik değeri kontrol kekine kıyasla daha düşüktür. Aynı konsantrasyondaki farklı tip ekşi hamurlu keklerin sertlik değerlerinde istatistiksel açıdan önemli bir fark yoktur ($p>0,05$).

Keklerin yüzey yapışkanlığı değerleri 0,02 mJ ile 0,03 mJ arasında değişiklik göstermiş olup bu keklerin yüzey yapışkanlığı değerleri arasında istatistiksel açıdan fark olmaması nedeniyle ekşi hamurun bu tekstürel özellik üzerinde etkili olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$).

Kek örneklerinin esneklik değerleri 0,22 ile 0,28 arasında değişmiştir. Esneklik değerleri bakımından kontrol keki ve ekşi hamurlu kekler karşılaştırıldığında keklere hem Tip I hem de Tip II ekşi hamur ilavesi bu değerde azalmaya sebep olmuştur. Buna karşın aynı konsantrasyonda farklı tip ekşi hamur içeren kekler arasında istatistiksel olarak fark oluşmamıştır ($p>0,05$).

Keklerin tekstürel özelliklerinden iç yapışkanlık değeri kontrol kekinde 0,65 değerini alırken, %10, %15 ve %20 Tip I ekşi hamur katkılı keklerde sırasıyla 0,57, 0,56 ve 0,52 olarak, %10, %15 ve %20 Tip II ekşi hamurlu keklerde ise sırasıyla 0,55, 0,52 ve 0,50 olarak tespit edilmiştir. Bu tekstürel özellik bakımında en yüksek ekşi hamur içermeyen kontrol örneğindedir ve ekşi hamurun kek formülasyonuna eklenmesi hem Tip I hem de Tip II ekşi hamurlu keklerin iç yapışkanlık değerlerini düşürücü etki göstermiştir. Aynı konsantrasyondaki ekşi hamur tiplerinin kekler arasında oluşturduğu farklılık istatistiksel açıdan önemsizdir ($p>0,05$).

Keklerin elastikiyet değerleri 4,74 mm ile 5,33 mm arasında değişmekle birlikte en yüksek elastikiyet değeri ekşi hamur ilave edilmeyen kontrol kekine aitken, %20 Tip II ekşi hamurlu kek en düşük değere sahiptir. Kontrol keki ile Tip I ekşi hamuru %10 konsantrasyonunda içeren kek benzerlik gösterirken ($p>0,05$), %15 ve %20 oranında Tip I ekşi hamur içeren örnekler kontrol kekinden istatistiksel açıdan farklıdır ($p<0,05$). Tip II ekşi hamurlu keklerden ise sadece %20'lik ekşi hamur konsantrasyonuna sahip kek ile kontrol keki farklılık göstermektedir ($p<0,05$). Aynı konsantrasyonda farklı ekşi hamur tipi içeren örnekler kıyaslandığında, %20'lik

konsantrasyondaki kekler dışında diğer konsantrasyonlarda elastikiyet açısından fark yoktur ($p>0,05$).

Çiğnenebilirlik bakımından kek örnekleri 8,07 mJ ile 16,32 mJ arasında değer almıştır; en düşük değeri %20 Tip II ekşi hamurlu kek alırken en yüksek değer kontrol kekine aittir. Tip I ve Tip II ekşi hamur ilavesi keklerin çiğnenebilirlik özellikleri üzerinde etki ederek kontrol kekinden istatistiksel olarak farklı olmalarına neden olmuştur ($p<0,05$). Bundan dolayı ekşi hamur katkısının keklerin çiğnenebilirliğini azalttığı sonucuna varılmaktadır. Aynı ekşi hamur konsantrasyonuna sahip kekler arasında ise %15'lik konsantrasyondaki Tip I ve Tip II ekşi hamurlu kekler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

4.3.5 Kek Örneklerinin Duyusal Değerlendirilmesi

Ekşi hamurlu keklerin ve ekşi hamur içermeyen kontrol kekinin duyusal değerlendirmesinde panelistlerden örneklerin dış ve iç renkleri, gözenek yapısı, kokusu, çiğnenebilirliği, lezzet ve genel beğenileri açısından değerlendirmeleri istenmiştir. Kek örneklerinin duyusal analizi ile elde edilen veriler Tablo 4.8'de yer almaktadır.

Tablo 4.8 Kek örneklerinin duyusal özellikleri [1]

Kek Örnekleri		Duyusal Özellikler						
		Dış Renk	İç Renk	Gözenek Yapısı	Koku	Çiğnenebilirlik	Lezzet	Genel Beğeni
Tip I Ekşi Hamurlu Kek	%0	3,60±0,66^{Aa}	3,90±0,70^{Aa}	3,50±1,12^{Aa}	3,50±0,67^{Aa}	3,30±0,90^{Aa}	3,20±0,87^{Aa}	3,40±0,80^{Aa}
	%10	3,40±1,02^{Aa}	3,30±1,10^{Aa}	3,20±1,40^{Aa}	2,40±0,92^{Ba}	3,10±0,70^{Aa}	3,00±1,00^{Aa}	2,90±0,94^{Aa}
	%15	2,80±0,98^{Aa}	3,40±0,80^{Aa}	2,80±1,25^{Aa}	2,20±0,75^{Ba}	2,60±0,80^{Aa}	2,70±0,90^{Aa}	2,60±0,92^{Aa}
	%20	3,20±0,87^{Aa}	3,10±0,94^{Aa}	3,10±1,04^{Aa}	2,20±0,98^{Ba}	2,90±0,94^{Aa}	2,50±1,02^{Aa}	2,70±1,19^{Aa}
Tip II Ekşi Hamurlu Kek	%0	3,60±0,66^{Aa}	3,90±0,70^{Aa}	3,50±1,12^{Aa}	3,50±0,67^{Aa}	3,30±0,90^{Aa}	3,20±0,87^{Aa}	3,40±0,80^{Aa}
	%10	2,20±0,75^{Cb}	2,20±0,87^{Bb}	2,50±0,92^{Ba}	2,20±1,08^{Ba}	2,40±1,02^{Aa}	2,40±1,20^{Aa}	2,30±1,19^{Ba}
	%15	2,70±0,90^{BCa}	2,60±1,02^{Ba}	2,80±0,87^{ABa}	2,40±1,20^{Ba}	2,70±1,10^{Aa}	2,50±1,20^{Aa}	2,60±1,02^{ABa}
	%20	3,40±0,92^{ABa}	3,10±1,22^{ABa}	2,90±1,22^{ABa}	2,80±1,25^{ABa}	3,10±1,30^{Aa}	3,30±1,35^{Aa}	3,40±1,11^{Aa}

[1] Farklı büyük harfler aynı tip ekşi hamur ile üretilmiş keklerdeki farklı ekşi hamur konsantrasyonları (%0, %10, %15, %20) arasındaki önemli farklılığı göstermektedir. Farklı küçük harfler aynı ekşi hamur konsantrasyonlarında farklı ekşi hamur tipleri (Tip I ve Tip II) ile üretilmiş kekler arasındaki önemli farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Bu sonuçlara göre örneklerin duyusal özelliklerinden dış renkleri 2,20 ile 3,60 arasında değer almıştır. Tip I ekşi hamurlu kek konsantrasyonları arasında dış renk bakımından istatistiksel açıdan farklılık gözlenmezken ($p>0,05$), %10 ve %15 Tip II ekşi hamurlu kek kontrol kekinden farklıdır ($p<0,05$). Aynı konsantrasyonda ekşi hamura sahip keklerden %10 oranında ekşi hamurlu örneklerin dış rengi değişiklik göstermiştir.

Keklerin duyusal analizi ile elde edilen iç renk değerleri incelendiğinde bu değerlerin 2,20 ile 3,90 arasında değiştiği, kontrol kekinin en yüksek değeri aldığı ancak istatistiksel olarak Tip I ekşi hamur ilavesinin keklerin iç rengi üzerinde etkili olmadığı ve kontrol kekinden farklı olmadıkları sonucuna varılmaktadır ($p>0,05$). Tip II ekşi hamurlu keklerden %20'lik konsantrasyona sahip kek ile kontrol keki arasında farklılık bulunmazken ($p>0,05$), %10 ve %15 Tip II ekşi hamurlu kekler kontrol kekine kıyasla iç renkleri bakımından daha düşük değer almıştır ($p<0,05$). %10 oranında ekşi hamuru farklı tipte içeren kekler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$).

Kek örneklerinin duyusal özelliklerinden gözenek yapısı değeri kontrol kekinde 3,50 iken, %10, %15 ve %20 Tip I ekşi hamurlu keklerde sırasıyla 3,20, 2,80 ve 3,10 olup %10, %15 ve %20 Tip II ekşi hamur içeren keklerde sırasıyla 2,50, 2,80 ve 2,90 olarak belirlenmiştir. Gözenek yapısı değerleri açısından en yüksek değeri ekşi hamur içermeyen kontrol keki almasına rağmen Tip I ekşi hamurlu kekler arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemsizdir ($p>0,05$). Bununla birlikte %10 oranında Tip II ekşi hamurun kek formülasyonuna eklenmesi kontrol kekinden daha düşük değer almasına sebep olmuştur. Aynı konsantrasyondaki farklı ekşi hamur tiplerinin kullanıldığı kekler arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemsizdir ($p>0,05$).

Tablo 4.8 incelendiğinde kek örneklerinin koku özelliği bakımından panelistlerin kontrol kekine 3,50 değerini verdiği görülmekle birlikte %10, %15 ve %20 Tip I ekşi hamur katkılı keklerde sırasıyla 2,40, 2,20 ve 2,20 değerlerini aldığını, %10, %15 ve %20 Tip II ekşi hamur içeren keklerde ise sırasıyla 2,20, 2,40 ve 2,80 olarak puanlandığı belirlenmiştir. Kontrol keki ile aralarındaki istatistiki farklılık nedeniyle Tip I ekşi hamur keklerin koku değerleri üzerinde etkili olmuştur ($p<0,05$). Tip I ekşi

hamur içeren kekler kontrol kekine kıyasla koku bakımından daha düşük puan almıştır. Tip II ekşi hamurlu keklerden %10 ve %15 ekşi hamur içerenler kontrol kekine göre daha düşük değer almıştır. Aynı konsantrasyonda farklı ekşi hamur içeren kekler arasında istatiksel açıdan önemli fark belirlenmemiştir ($p>0,05$).

Duyusal değerlendirme sonucu elde edilen çiğnenebilirlik değeri 2,40 ile 3,30 arasında değişiklik gösterirken lezzet değerleri de 2,40 ile 3,30 arasında değişmiştir. Ancak kek örneklerinin hem çiğnenebilirlik değerleri hem de lezzet değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunmaması nedeniyle ekşi hamurun keklerin bu özelliklerine etki etmediği sonucuna varılmaktadır ($p>0,05$).

Genel beğeni bakımından kek örnekleri 2,30 ile 3,40 arasında puan almış olup Tip I ekşi hamurlu keklerden en yüksek puanı kontrol keki, en düşük puanı %15 ekşi hamurlu kek almasına rağmen istatistiksel açıdan önemli bir fark belirlenememiştir ($p>0,05$). Tip II ekşi hamurlu keklerden %10 ekşi hamurlu kek kontrol kekinden genel beğeni açısından daha düşük değer almış olup istatistiksel olarak fark önemlidir ($p<0,05$). Aynı konsantrasyonda farklı tip ekşi hamur içeren örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark yoktur ($p>0,05$).

5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma kapsamında farklı tip ekşi hamurların fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesinin ardından farklı oranlarda keklere ilave edilmesi ile keklerin fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özelliklerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile şu sonuçlar çıkarılmıştır;

Tip I ve Tip II ekşi hamurların fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri incelendiğinde sırasıyla pH değerleri 4,25 ve 3,82, laktik asit cinsinden titrasyon asitliği değerleri %0,93 ve %1,48, laktik asit bakteri sayıları 9,10 log kob/g ve 8,92 log kob/g, maya sayıları 5,25 log kob/g ve 7,36 log kob/g olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Tip II ekşi hamurun pH değeri Tip I ekşi hamura göre daha düşük olduğu belirlenmiş, dolayısıyla laktik asit miktarının daha yüksek olduğu saptanmıştır. Tip II ekşi hamurun maya sayısı daha yüksek bulunurken, laktik asit bakteri sayısı açısından her iki tip ekşi hamur arasında önemli farklılık tespit edilememiştir ($p>0,05$). Genellikle ekşi hamurların laktik asit bakteri sayısı ve laktik asit cinsinden titrasyon asitliğinin doğru orantılı, laktik asit bakteri sayısı ve pH değerinin ters orantılı olması beklenmektedir. Ancak ekşi hamur mikrobiyotası üzerinde çok çeşitli faktörlerin etkili olması elde edilen bu sonuçların sebebi olarak gösterilebilir.

Kek örneklerinin pH değerleri 6,08 ile 7,03 arasında değişiklik gösterirken, keklerin laktik asit cinsinden titrasyon asitliği değerleri %0,24 ile %0,50 arasında olduğu belirlenmiştir. Ekşi hamurlu kek örneklerinin pH ve titrasyon asitliği kontrol grubu keke göre farklılık göstermiş, her iki tip ekşi hamur içeren keklerde ekşi hamur kullanım oranı arttıkça genellikle pH değeri azalırken, % laktik asit miktarı artmıştır. Bununla birlikte pH değeri daha düşük, titrasyon asitliği daha yüksek olan Tip II ekşi hamurun kullanıldığı kek örneklerinin pH'ı aynı konsantrasyondaki Tip I ekşi hamurlu kek örneklerine göre daha düşük, % laktik asit miktarı ise daha yüksek

olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada keklerde titrasyon asitliklerinde artma, pH değerlerinde azalma sağlaması nedeniyle ekşi hamur, keklerin raf ömrü özelliklerinin iyileştirilebilmesine ve katkı maddelerinin yerine kullanılabilmesine yönelik çalışmalara ışık tutabilir.

Keklerin su aktiviteleri 0,778 ile 0,790 değerleri arasında değişiklik göstermiş, %17,16 ile %18,50 arasında değişen nem değerlerine sahip ekşi hamurlu keklerden Tip II ekşi hamurlu kekler aynı konsantrasyondaki Tip I ekşi hamurlu keklere göre daha yüksek değer almıştır. Keklerin depolama boyunca kalitesinin korunması amacıyla su aktivitesi ve nem değerleri yapılacak çalışmalar ile iyileştirilebilir. Keklerin protein değerleri kuru maddede %6,33 ile %7,95 arasında olup her iki tipteki ekşi hamurlu keklerin tüm konsantrasyonlarda kontrol kekine göre daha düşük protein içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu olay mikroorganizmaların aktivitesinin ve dolayısıyla meydana gelen biyokimyasal olayların etkili olması ile açıklanabilir. Kontrol kekinin toplam şeker içeriği kuru maddede %37,8 iken, %10, %15 ve %20 Tip I ekşi hamurlu keklerin sırasıyla %36,4, %35,8 ve %34,6 olarak belirlenmiş, %10, %15 ve %20 Tip II ekşi hamurlu keklerin ise %37,7, %36,3 ve %34,4 olarak saptanmıştır. Ekşi hamur konsantrasyonunun artması hem Tip I hem de Tip II ekşi hamurlu keklerin toplam şeker içeriğinin azalmasına yol açmıştır. Bunun nedeni ekşi hamur oranı arttıkça kek hamurunun mikrobiyal yükünün artması dolayısıyla fermentasyon sırasında ortamda bulunan şekerin daha fazla kullanılması ile ilişkilendirilebilir. Bu sonuçlar ürünlerin şeker içeriğinin azaltılmasında ekşi hamurun doğal bir alternatif olarak kullanılmasını mümkün kılmaktadır.

Kek örneklerinin iç bölgesine ait L* değeri 72,13 ile 73,79 arasında değişiklik göstermiş olup bu değer Tip I ekşi hamurlu keklerde kontrol kekine göre yüksek bulunurken, Tip II ekşi hamur bu değer üzerinde etkili olmamıştır ($p>0,05$). İç a* renk değerleri ise −4,22 ile −2,99 arasında değişmiştir. Tip I ekşi hamur ilavesi a* değerinde fark oluşturmazken Tip II ekşi hamurlu kekler kontrol kekinden daha yüksek a* değerine sahiptir. Kek örneklerinin iç renk b* değeri 23,10 ile 26,95 arasında olup Tip I ve Tip II ekşi hamurun her ikisi de kek örneklerinin iç bölgesinin b* değerini etkilemiştir ve Tip II ekşi hamur oranı arttıkça b* değeri azalma eğilimi

göstermiştir. Keklerin kabuk bölgelerinin L*, a*, b* değerleri sırasıyla 48,31 ile 50,78, 11,69 ile 13,09, 23,73 ile 27,77 arasında değişiklik göstermiştir. Kabuk renk a* değeri bakımından Tip I ekşi hamurlu keklerden %10 ve %20 konsantrasyonda ekşi hamurlu kekler ve %20 ekşi hamurlu Tip II ekşi hamurlu kek örneği ile kontrol kekleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık olmamasına karşın ($p>0,05$), Tip I ekşi hamurlu keklerin tümü ve %20 ekşi hamurlu Tip II ekşi hamurlu kek, kontrol kekinden daha düşük a* değerine sahiptir. Buna göre ekşi hamurun toplam şeker içeriğinde azalmaya yol açmasıyla kek örneklerinde pişirme işlemi boyunca Maillard reaksiyonuna daha az şekerin reaksiyona girmesi söz konusu olup, kabuk a* değerlerinin kontrol kekinden daha düşük olmasına sebep olması söz konusudur.

Kek örneklerinin tekstür profil analizi ile elde edilen sertlik değeri 342,13 g ile 475,20 g arasında olup hem Tip I hem de Tip II ekşi hamurlu keklerin tüm konsantrasyonlarında bu değer kontrol kekine göre daha düşük olarak belirlenmiştir. Yüzey yapışkanlığı değerleri 0,02 mJ ile 0,03 mJ arasında değişiklik göstermiştir ve bu özellik bakımından farklı tip olsa dahi ekşi hamur ilavesi kek örneklerinin bu tekstürel özelliğine etki etmemiştir ($p>0,05$). Kek örneklerinin esneklik değeri 0,22 ile 0,28, iç yapışkanlık değeri 0,50 ile 0,65, çiğnenebilirlik değeri 8,07 mJ ile 16,32 mJ arasında olduğu saptanmıştır. Kontrol kekinden farklı olmaları nedeniyle Tip I veya Tip ekşi hamurun kek formülasyonuna eklenmesi esneklik, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik değerlerini genel olarak düşürücü yönde etkilediği belirlenmiştir. Elastikiyet açısından ise değerler 4,74 mm 5,33 mm arasında olup %15 ve %20 oranında Tip I, %20 oranında Tip II ekşi hamur içeren kekler kontrol kekine göre daha düşük değere sahiptir. Sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde ekşi hamurun genel olarak keklerin tekstürel özellikleri iyileştirdiği gözlenmiş olup yapılacak çalışmalar ile bu özelliklerin geliştirilmesi olanaklıdır.

Keklerin duyusal değerlendirmesinde tüm keklerin dış ve iç renk ve gözenek yapısı değerleri sırasıyla 2,20 ile 3,60, 2,20 ile 3,90, 2,50 ile 3,50 arasında belirlenmiştir. Panelistler tarafından Tip I ekşi hamurlu keklerin dış ve iç renginde ve gözenek yapısında ekşi hamurun etkili olmadığı sonucu çıkarılacak şekilde puanlama yapılmıştır. Koku bakımından kekler 2,20 ile 3,50 arasında değer almış olup, Tip I ve Tip II ekşi hamur ilaveli keklerin her ikisi de genellikle kontrol kekine göre daha

düşük değer almıştır. Elde edilen ekşi hamurlu keklerin panelistler tarafından beğenilmeyen kokusu farklı aromalar ve kombinasyonları ile tüketici açısından uygun hale getirilebilmesi mümkündür. Tip I veya Tip II ekşi hamur ilavesi 2,40 ile 3,30 arasında değişecek şekilde puanlanan çiğnenebilirlik ve lezzet değerlerini etkilememiştir. Genel beğeni açısından ise değerler 2,30-3,40 arasında değişiklik göstermiştir.

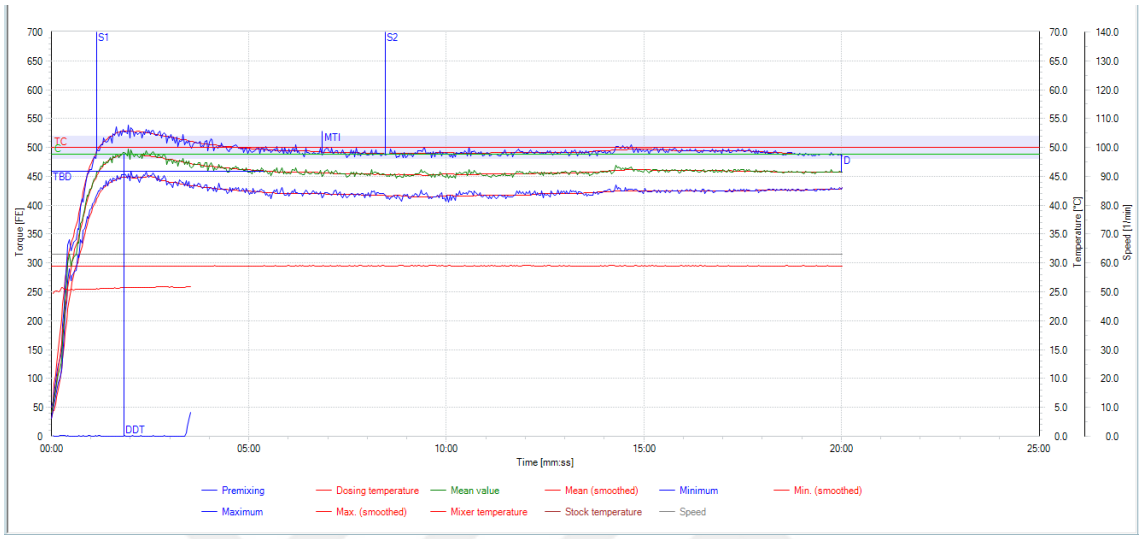
Sonuç olarak kek üretiminde ekşi hamurun kullanılabileceği belirlenmiştir ve yapılacak çalışmalar ile ekşi hamurlu kek özelliklerinin iyileştirileceği ve böylece tüketici taleplerini karşılayan, daha doğal, daha sağlıklı ürünler geliştirileceği öngörülmektedir.

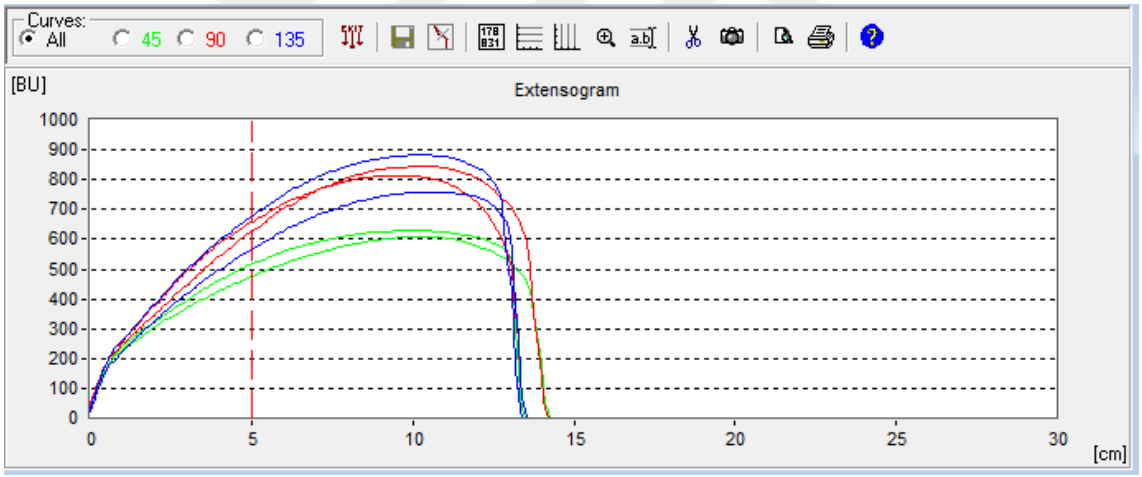
A
DUYUSAL ANALİZ FORMU

Panelistin Adı Soyadı: **Tarih:**							
Size sunulan kodlanmış kek örneklerini aşağıda yer alan kalite kriterlerine göre ayrı ayrı 1'den 5'e kadar puan vererek değerlendiriniz.							
1	**2**		**3**		**4**		**5**
Hiç Beğenmedim	Beğenmedim		Ne Beğendim Ne Beğenmedim		Beğendim		Çok Beğendim
Kalite Kriterleri	**Örnek Kodları**						
	716	**211**	**403**	**145**	**321**	**818**	**679**
Dış Renk							
İç Renk							
Gözenek Yapısı							
Koku							
Çiğnenebilirlik							
Lezzet							
Genel Beğeni							

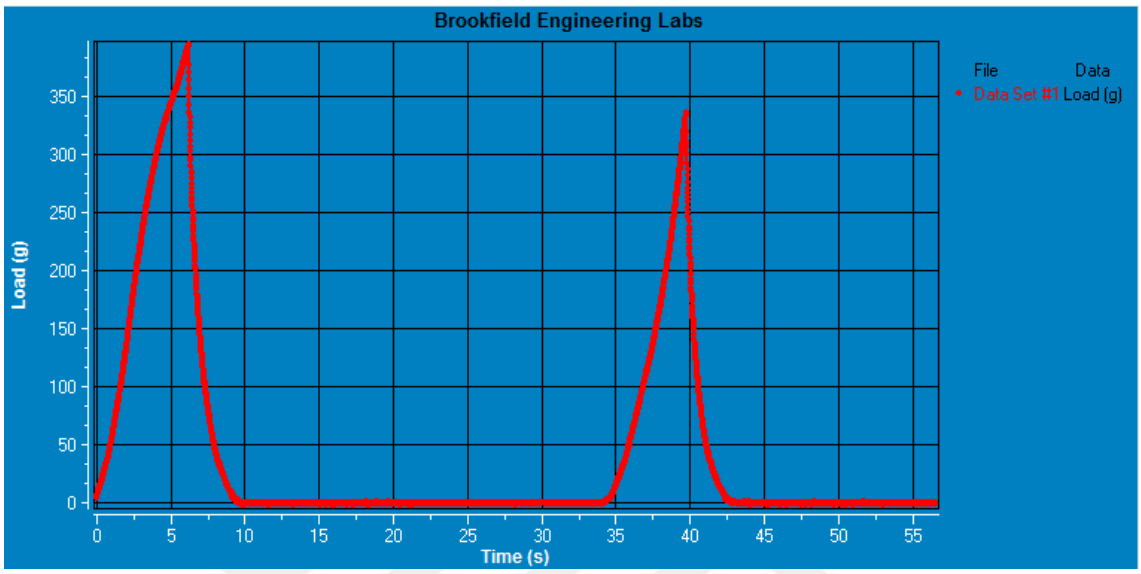
B

ÖRNEK FARİNOGRAF VE EKSTENSOGRAF GRAFİĞİ





C
ÖRNEK TEKSTÜR GRAFİĞİ



KAYNAKÇA

[1] B. Uçar, "Pandispanya kek kalitesi üzerine yabani meyvelerin fonksiyonel etkileri," Yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2011.

[2] E. R. Wedowati, M. L. Singgih, and I. K. Gunarta, "Production system in food industry: A literature study," in Proceedings of the 6th international conference on operations and supply chain management, Bali, pp. 274-285, 2014.

[3] P. Decock and S. Cappelle, "Bread technology and sourdough technology," Trends in Food Science & Technology, vol. 16, no. 1, pp. 113-120, 2005.

[4] H.E. Jacob, Six thousand years of bread. Lyons and Burford, New York, 1997.

[5] K. Katina, "Sourdough: A tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread", VTT Publications 569, VTT Technical Research Centre of Finland, 2005.

[6] Ö. Akbaş, "Kek üretiminde ekzopolisakkaritlerin kullanımı," Yüksek lisans tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 2009.

[7] İ.S. Doğan ve Ö. Yıldız, "Düşük kalorili kek üretimi: I. formül optimizasyonu," GIDA, vol. 29, no. 1, pp. 17-25, 2004.

[8] M. H. Ertop, "Farklı fermantasyon ve kurutma yöntemleriyle üretilmiş toz ekşi hamurun bazı mikrobiyolojik nitelikleri ve ekmekteki küf gelişimi üzerine etkileri," GIDA, vol. 42, no. 5, pp. 609-619, 2017.

[9] S. Chawla and S. Nagal, "Sourdough in bread-making: An ancient technology to solve modern issues", International Journal of Industrial Biotechnology and Biomaterials, vol. 1, no. 1, pp. 1-10, 2015.

[10] M. H. Ertop ve M. Hayta, "Ekşi hamur fermantasyonunun ekmeğin biyoaktif bileşenleri ve biyoyararlanımı üzerindeki etkileri,", GIDA, vol. 41, no. 2, pp. 115-122, 2016.

[11] M. Gobbetti, C. G. Rizzello, R. Di Cagno, and M. De Angelis, "How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods", Food Microbiology, vol. 37, pp. 30-40, 2014.

[12] H. G. Kotancılar, K. E. Gerçekaslan ve M.M. Karaoğlu, 2. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Van, pp. 58-61, 2009.

[13] H. Karakaş ve F. Törnük "Geleneksel gıdaların okul çağı çocuklarının beslenmesindeki rolü üzerine bir araştırma", Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD), vol. 37, no. 3, pp. 292-302, 2016.

[14] K. E. Gerçekaslan ve H. Boz, "Keçiboynuzu unu ilavesinin kakaolu kekin fiziksel, duyusal ve tekstürel özelliklerine etkisi," Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, vol. 8, no. 1, pp. 95-101, 2018.

[15] H. E. Tuna, "Gıda atığı olan vişne, nar, kabak ve kayısı çekirdeklerinin kek üretiminde değerlendirilmesi," Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.

[16] Y. H. Hui, H. Corke, I. De Leyn, W. K. Nip, and N. Cross, "Bakery products science and technology," Blackwell Publishing, USA, 2006.

[17] N. Mercan, M. H. Boyacıoğlu, ve D. Boyacıoğlu, "Kek kalitesi üzerine bazı emülgatörlerin etkilerinin araştırılması," Dünya Gıda Dergisi vol. 57 pp. 75-81, 2000.

[18] C. Baltacıoğlu ve M. Uyar "Kabak (*Cucubita pepo* L.) tozunun kek üretiminde potansiyel kullanımı ve kek kalite parametrelerine etkisi," Akademik Gıda, vol. 15, no. 3, pp. 274-280, 2017.

[19] M. Mizukoshi, "Model studies of cake baking. VI. Effects of cake ingredients and cake formula on shear modulus of cake," Cereal Chemistry, vol. 62, no. 4, pp. 247-251, 1985.

[20] H. M. Al Dmoor, "Cake flour: functionality and quality (review)," European Scientific Journal, vol. 9, no. 3, pp, 166-180, 2013.

[21] B. Özkaya ve Z. Demir, "Yumuşak buğdaylardan yapılan fırın ürünleri," Un Mamülleri Dünyası, vol. 1, pp. 4-8, 1992.

[22] H. Alp, "Yağsız süt tozu ve soya ürünleri ile zenginleştirilmiş kek özelliklerine transglutaminaz enziminin etkisi üzerine bir araştırma," Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2006.

[23] Ö. Ş. Demirkol, "Investigation of physical properties of different cake formulations during baking with microwave and infrared-microwave combination," Doctor of Philosophy Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mıddle East Technıcal Unıversıty, Ankara, 2007.

[24] M. M. Bean and W. T. Yamazaki, "Wheat starch gelatinization. 1. Sucrose, microscopy and viscosity effects," Cereal Chemistry, vol. 55, pp. 936-944. 1978.

[25] M. E. Camire, A. Camire, and K. Krumhar, "Chemical and nutritional changes in foods during extrusion," Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 29, no. 1, pp. 35-57, 1990.

[26] A. Elgün ve Z. Ertugay, "Tahıl işleme teknolojisi," Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 1992.

[27] E. J. Guy and H. E. Vettel, "Effect of mixing time and emulsifiers on yellow layer cakes containing butter. The Bakers Digest, vol. 2, pp. 43-48, 1973.

[28] R. Yücel, "Glutensiz kek üretiminde kullanılan bazı zamkların kalite üzerine etkisi," Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2009.

[29] C. C. Lee, J. A Love, and L. A., Johnson, "Sensory and physicial properties of cakes with bovine plasma products substituted for egg," Cereal Chemistry, vol. 70 no. 1, pp. 18-21,1993.

[30] E. B. Bennion, G. S. T. Bamford, "Chapter 4. Eggs and egg products," In: The Technology of Cake Making, London: Leonard Hill Books, pp. 28, 1973b.

[31] N. Mercan ve M. H. Boyacıoğlu, "Kek üretiminde yaygın olarak kullanılan bileşenler ve fonksiyonları," Dünya Gıda Dergisi, vol. 47, pp. 36-42, 1999b.

[32] H. Dizlek ve H. Gül, "Kabartma tozları ve unlu mamullerde kullanımları," GIDA, vol. 34, no. 6, pp. 403-410, 2009.

[33] E. J. Pyler, "Baking science and technology," Sosland Publishing Company, Kansas, USA, 1988.

[34] J. L. DesRochers, K. D. Seitz, C. E. Walker. and C. W. Wrigley, "Cakes, chemistry of manufacture," Encyclopedia of Grain Science, Elsevier Ltd., pp. 129-133, Oxford, UK, 2004.

[35] G. N. Yüksel, Şeker otu (*Stevia rebaudiana*) ve ürünlerinin kek ve kurabiyede şeker yerine kullanılabilirliğinin belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitisü, Antalya, 2019.

[36] S.S. Ünal, "Bisküvi Teknolojisi. Hububat Teknolojisi," 3. Baskı, İzmir, 1991.

[37] B. Uçar ve M. Hayta, "Kek kalitesinin ve raf ömrünün iyileştirilmesi," GIDA, vol. 37, no. 6, pp. 355-362, 2012.

[38] J. K. Chavan and S. S. Kadam, "Critical reviews in food science and nutrition," Food Science, vol. 28, pp. 348–400, 1989.

[39] A. Blandino, M. E. Al Aseeri, S. S. Pandiella, D. Cantero, and C. Webb, "Cereal-based fermented foods and beverages," Food Research International, vol. 36, pp. 527–543, 2003.

[40] R.S. Chavan and S.R. Chavan, "Sourdough technology-A traditional way for wholesome foods: A review", Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, vol. 10, no. 3, pp. 169–182, 2011.

[41] A. Corsetti and L. Settanni, "Lactobacilli in sourdough fermentation", Food Research International, vol. 40, no. 5, pp. 539–558, 2007.

[42] R. L. Wirtz, "Grain, Baking, and Sourdough Bread: A Brief Historical Panorama," In: Handbook of Dough Fermentations, K. Kulp and K. Lorenz (Eds.), Marcel Dekker, New York, 2003.

[43] P. Carnevali, R. Ciati, A. Leporati, and M. Paese, "Liquid sourdough fermentation: Industrial application perspectives," Food Microbiology, vol. 24, pp. 150-154, 2007.

[44] Spicher, G., Pomeranz, Y., "Bread and other baked products," In: Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. vol. 4. VCH Verlagsg, mbH, Weinheim, Germany, 1985.

[45] S. S. Behera and R. C. Ray, "Chapter 3. Sourdough bread" In Bread: its Fortification for Nutrition and Health (Cristina M. Russell, ed), CRC press, USA, pp. 53-67, 2015.

[46] M.J. Brandt, "Sourdough products for convenient use in baking," Food Microbiology, vol. 24, pp. 161–164, 2007.

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

[48] G. Ottogalli, A. Galli, and R. Foschino. "Italian bakery products obtained with sourdough: characterization of the typical microflora," Advances in Food Science, vol. 18, no 5/6, pp. 131–144, 1996.

[49] M. Venturi, S. Guerrini, and M. Vincenzini, "Stable and non-competitive association of *Saccharomyces cerevisiae, Candida milleri* and *Lactobacillus sanfranciscensis* during manufacture of two traditional sourdough baked goods," Food Microbiology, vol. 31, pp. 107-115, 2012.

[50] A. Hansen, and P. Schieberle, "Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects," Trends in Food Science and Technology, vol. 16, no. 1, pp. 85–94, 2005.

[51] R. F. Vogel, M. A. Ehrmann, and M. G. Gaenzle, "Development and potential of starter lactobacilli resulting from exploration of the sourdough ecosystem," Antonie van Leeuwenhoek International Journal of General and Molecular Microbiology, vol. 81, pp. 631–638, 2002.

[52] C. B. Meroth, J. Walter, C. Hertel, M. J. Brandt, W. P. Hammes, "Monitoring the bacterial population dynamics in sourdough fermentation processes by using PCR-denaturing gradient gel electrophoresis," Applied and Environmental Microbiology, vol. 69, pp. 475–482, 2003.

[53] C. Garofalo, G. Silvestri, L. Aquilanti and F. Clementi, "PCR-DGGE analysis of lactic acid bacteria and yeast dynamics during the production processes of three varieties of Panettone," Journal of Applied Microbiology, vol. 105, pp. 243-254, 2008.

[54] G. Bocker, P. Stolz, W. P. Hammes, "Neue erkenntnisse zum okosystem sauerteig und zur physiologie des sauerteig-typischen stamme *Lactobacillus sanfrancisco* und *Lactobacillus pontis*," Getreide Mehl und Brot, vol. 49, pp. 370–74, 1995.

[55] W. Messens and L. De Vuyst, "Inhibitory substances produced by *Lactobacilli* isolated from sourdoughs-A review," International Journal of Food Microbiology, vol. 72, pp. 31– 43, 2002.

[56] C. Liang, Z. Sarabani, and A. Berenjian, "An overview on the health benefits and production of fermented functional foods," Journal of Advanced Medical Sciences and Applied Technologies (JAMSAT), vol. 2 no. 2, pp. 224-233, 2016.

[57] P. Stolz, "Biological fundamentals of yeast and *Lactobacilli* fermentation in bread dough," In: Handbook of Dough Fermentations, K. Kulp and K. Lorenz (Eds.), Marcel Dekker, New York, pp. 23-43, 2003.

[58] S. U. Rehman, A. Paterson and J. R. Piggott, "Flavour in sourdough breads: a review," Trends in Food Science & Technology, vol. 17, no. 10, pp. 557-566, 2006.

[59] W. P. Hammes, M.J. Brandt, K. L. Francis, J. Rosenheim, M. F. H. Seitter, S. A. Vogelmann, "Microbial ecology of cereal fermentations," Trends in Food Science & Technology, vol. 16, pp. 4–11, 2005.

[60] W. P. Hammes and M. G. Ganzle, "Sourdough breads and related products," In B. J. B. Wood (Ed.). Microbiology of Fermented Foods, vol. 1, pp. 199–216, London: Blackie Academic and Professional, 1998.

[61] M. G. Ganzle, N. Vermeulen, R.F. Vogel, "Carbohydrate, peptide and lipid metabolism of lactic acid bacteria in sourdough," Food Microbiology, vol. 24, pp. 128–138, 2007.

[62] M. Yılmaz, "Ekşi hamur ile ekmek yapımı ve ekşi hamur mikroflorası," Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2002.

[63] H. Salovaara, "Lactic acid bacteria in cereal-based products," Lactic acid bacteria. Microbiological and Functional Aspects, 3nd edition, In: S. Salminen, A. von Wright, and A. Ouwehand, (Eds.) Marcel Dekker, New York, pp. 431-451, 2004.

[64] C. G. Riezzello, R. Coda, and M. Gobbetti, "Chapter 18- Use of sourdough fermentation and nonwheat flours for enhancing nutritional and healthy properties of wheat-based foods", In Fermented Foods in Health and Disease Prevention, Academic Press, pp. 433-452, 2017.

[65] L. A. M. Ryan, F. Dal Bello, and E.K. Arendt, "The use of sourdough fermented by antifungal LAB to reduce the amount of calcium propionate in bread," International Journal of Food Microbiology, vol. 125, pp. 274–278, 2008.

[66] G. Yazar ve Ş. Tavman, "Functional and technological aspects of sourdough fermentation with *Lactobacillus sanfranciscensis*," Food Engineering Reviews, vol. 4, pp. 171–190, 2012.

[67] C. G. Rizzello, A. Cassone, R. Coda, and M. Gobbetti, "Antifungal activity of sourdough fermented wheat germ used as an ingredient for bread making," Food Chem., vol. 127, pp. 952–959, 2011.

[68] F. B. Siepmann, V. Ripari, N. Waszczynskyj, and M. R. Spier, "Overview of sourdough technology: from production to marketing," Food and Bioprocess Technology, vol. 11, no 2, pp. 242-270, 2018.

[69] A. Corsetti, M. Gobbetti, and E. Smacchi, "Antibacterial activity of sourdough lactic acid bacteria: isolation of a bacteriocin-like inhibitory substance from *Lactobacillus sanfranciscensis* C57," Food Microbiology, vol. 13, pp. 447–56, 1996.

[70] G. Rollan, C. L. Gerez, A. M. Dallgnol, M. I. Torino, and G. Font, "Update in bread fermentation by lactic acid bacteria," Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology, pp. 1168-1174, 2010.

[71] G. Yağmur, "Ekşi hamur fermantasyonunda etkili olan laktik asit bakterilerinin ve mayaların belirlenmesi ve bunlardan elde edilen sıvı ekşi hamurun ekmek kalitesi üzerine etkisinin araştırılması," Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2013.

[72] S. Palomba, "Sourdoughs for sweet baked products: microbiology, characterization, screening and study of exopolysaccharides produced by

microbial strains," Doctor of Philosophy Thesis, Unıversıta Deglı Studı Dı Napolı Federıco II Scienze e Tecnologie delle Produzioni Agro-Alimentari, 2008.

[73] E. K. Arendt, L. A. M. Ryan, F. D. Dal Bello, "Impact of sourdough on the texture of bread," Food Microbiology, vol. 24, pp. 165–174, 2007.

[74] C. Schwab, M. Mastrangelo, A. Corsetti, and M. Ganzle, "Formation of oligosaccharides and polysaccharides by *Lactobacillus reuteri* LTH5448 and *Weissella cibaria* 10M in sorghum sourdoughs," Cereal Chemistry, vol. 85, no. 5, pp. 679-684, 2008.

[75] S. Schwimmer, "Enzyme action in bread-making and other texture related modification of cereal foods," In: Schwimmer, S. (Ed.), Source Book of Food Enzymology. AVI Publishing Co., Westport, CT, pp. 572–592, 1981.

[76] S. Rehman, H. Nawaz, S. Hussain, M. M. Ahmad, M. A. Murtaza, and M. S. Ahmad, "Effect of sourdough bacteria on the quality and shelf life of bread," Pakistan Journal of Nutrition, vol. 6, pp. 562–565, 2007.

[77] C. S. Pederson, "Microbiology of food fermentations," Second Edition. Avi Publishing Company Inc., Westport, Connecticut, 484s, 1979.

[78] D. Göçmen, "Ekşi hamur ve laktik starter kullanımının ekmekte aroma oluşumu üzerine etkileri," GIDA, vol. 26, no. 1, pp.13-16, 2001.

[79] A. M. Galal, J. A. Johnson, and E. Varriano- Marston, "Lactic and volatile (C2-C5) organic acids of San Francisco sourdough French Bread," Cereal Chemistry, vol. 55, no. 4, pp. 461-468, 1977.

[80] M. Rothe, and H. Ruttloff, "Aroma retention in modern bread production," Die Nahrung, vol. 27, pp. 505-512, 1983.

[81] K. Poutanen, L. Flander, and K. Katina, "Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective," Food Microbiology, vol. 26, pp. 693–699, 2009.

[82] A. Ketabi, L. A. Dieleman, and M. G. Gaenzle, "Influence of ısomalto-oligosaccharides on ıntestinal microbiota in rats", Journal of Applied Microbiology, vol. 110, pp. 1297-1306, 2011.

[83] M. Korakli, M. Ganzle, R. Vogel, "Metabolism by bifidobacteria and lactic acid bacteria of polysaccharides from wheat and rye, and exopolysaccharides produced by *Lactobacillus sanfranciscensis*," Journal of Applied Microbiology, vol. 92, pp. 958–965, 2002.

[84] K. Katina, R. Juvonen, A. Laitila, L. Flander, E. Nordlund, S. Kariluoto, V. Piironen, and K. Poutanen, "Fermented wheat bran as a functional ıngredient in baking," Cereal Chemistry, vol. 89, pp. 126-134, 2012.

[85] R. Coda, C. G. Rizzello, D. Pinto, and M. Gobbetti, "Selected lactic acid bacteria synthesize antioxidant peptides during sourdough fermentation of cereal flours," Applied and Environmental Microbiology, vol. 78, pp. 1087-1096, 2012.

[86] K. Katina, A. Laitila, R. Juvonen, K. H. Liukkonen, S. Kariluoto, V. Piironen, R. Landberg, P. Aman, and K. Poutanen, "Bran fermentation as a means to enhance technological properties and bioactivity of rye," Food Microbiology, vol. 24, pp. 175-186, 2007a.

[87] K. H. Liukkonen, K. Katina, A. Wilhelmsson, O. Myllymaki, A. M. Lampi, S. Kariluoto, V. Piironen, S. M. Heinonen, T. Nurmi, H. Adlercreutz, A. Peltoketo, J. M. Pihlava, V. Hietaniemi, and K. Poutanen, "Process-induced changes on bioactive compounds in whole grain rye", The Proceedings of Nutrition Society, vol. 62, pp. 117–122, 2003.

[88] R. F. Vogel and M. G. Ganzle, "Bread is an essential part of human nutrition and culture," Food Microbiology, vol. 26, pp. 665-671, 2009.

[89] R. F. Vogel, M. Pavlovic, M. A. Ehrmann, A. Wiezer, H. Liesegang, S. Offschanka, S, Voget, A. Angelov, G. Böcker, and W. Liebl, "Genomic analysis reveals Lactobacillus sanfranciscensis as stable element in traditional sourdoughs," Microbial Cell Factories, vol. 10, no. 1, pp. 6, 2011.

[90] L. Simonson, H. Salovaara, and M. Korhola, "Response of wheat sourdough parameters to temperature, NaCl and sucrose variations," Food Microbiology, vol. 20, pp. 193–199, 2003.

[91] A. Ricciardi, E, Parente, P. Piraino, M, Paraggio, and P. Romano, "Phenotypic characterization of lactic acid bacteria from sourdoughs for Altamura bread produced in Apulia (Southern Italy)," International Journal of Food Microbiology, vol. 98, pp. 63– 72, 2005.

[92] G. Spicher, and H. Stephan, "Handbuch sauerteig," Biologie-Biochemie-Technologie, 1993.

[93] H. G. Kotancılar, M. M. Karaoğlu, K. E. Gerçekaslan, ve P. Uysal "Ekşi hamur katkısının beyaz tava ekmeğinin bayatlaması üzerine etkisi," Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, vol. 37, no. 1, pp. 103-110, 2006.

[94] K. E. Gerçekaslan, "Vakfıkebir ekmek hamurundan laktik asit bakterilerinin izolasyonu-identifikasyonu ve ekmek üretiminde kullanılabilme imkanları," Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2012.

[95] Y. Acar, "Gastronomi turizmi kapsamında Aksaray ili Güzelyurt (Gelveri) yöresel mutfağının unutulmaya yüz tutmuş tatlarının değerlendirilmesi," Journal of Tourism and Gastronomy Studies, vol. 4/1, pp. 81-86, 2016.

[96] N. Erdem, N. Işık, ve S. Gökmen, "Aksaray ili Güzelyurt ilçesi'nin geleneksel bir gıdası Gelveri ekmeği," Journal of Tourism and Gastronomy Studies, vol. 5/4, pp. 534-545, 2017.

[97] N. Onur, T. Süren, ve M. Güllü, "Şanlıurfa yöresine özgü geleneksel bir çörek: Külünçe," Sosyal Bilimler Dergisi, vol. 3, no. 7, pp. 176-183, 2016.

[98] M. Yoshimi and O. Sanae, "Microorganisms involved in the fermentation process of Panettone sourdough maintaining in Japan," Food Preservation Science, vol. 32, no. 2, pp. 59-66, 2006.

[99] R. Foschino, S. Gallina, C. Andrighetto, L. Rossetti, and A. Galli, "Comparison of cultural methods for the identification and molecular investigation of yeasts from sourdoughs for Italian sweet baked products," FEMS Yeast Research, vol. 4, pp. 609–618, 2004.

[100] C. Picozzi, F. D'Anchise, and R. Foschino, "PCR detection of *Lactobacillus sanfranciscensis* in sourdough and Panettone baked product," European Food Research & Technology, vol. 222, no. 3-4, pp. 330–335, 2006.

[101] R. F. Stefanelloa, E. H. Nabeshimab, A. O. Garcia, R. T. Heck, M. V. Garcia, L. L. M. Fries, and M. V. Copetti, "Stability, sensory attributes and acceptance of panettones elaborated with *Lactobacillus fermentum* IAL 4541 and *Wickerhamomyces anomalus* IAL 4533," Food Research International, vol. 116, pp. 973-984, 2019.

[102] C. Montanari, E. Bargossi, R. Lanciotti, F. Chinnici, F. Gardini, and G. Tabanelli, "Effects of two different sourdoughs on the characteristics of Pandoro, a typical Italian sweet leavened baked good," LWT-Food Science and Technology, vol. 59, pp. 289-299, 2014.

[103] P. Vernocchi, S. Valmorri, V. Gatto, S. Torriani, A. Gianotti, G. Suzzi, M. E. Guerzoni, and F. Gardini, "A survey on yeast microbiota associated with an Italian traditional sweet-leavened baked good fermentation," Food Research International, vol. 37, pp. 469–476, 2004.

[104] S. Raimondi, A. Amaretti, M. Rossi, P. A. Fall, G, Tabanelli, F. Gardini, C. Montanari, "Evolution of microbial community and chemical properties of a sourdough during the production of Colomba, an Italian sweet leavened baked product," LWT- Food Science and Technology, vol. 86, pp. 31-39, 2017.

[105] Türk Gıda Kodeksi, "Buğday unu tebliği, Tebliğ no. 2013/9," Resmi Gazete, no. 28606, 02.04.2013.

[106] A. Elgün, Z. Ertugay, M. Certel, ve H. G. Kotancılar, "Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu," Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 2012.

[107] V. Uylaşer ve F. Başoğlu, "Temel Gıda Analizleri," 2. Baskı, Dora Yayıncılık, Bursa, 2014.

[108] K. Özkan, "Fermentasyonun bazı sebzelerin biyoaktif özelliklerine etkisi," Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.

[109] K. E. Gerçekaslan, "Trabzon Vakfıkebir ekmeğinin bayatlamasının çeşitli yöntemlerle takibi ve francala ekmeği ile mukayesesi," Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 2006.

[110] B. Jiang, R. Tsao, Y. Li, and M. Miao, "Food safety: Food analysis technologies/techniques," In Encyclopedia of Agriculture and Food Systems, pp. 273-288, 2014.

[111] B. Yaşar, "Gölevez nişastasının yapısal, fizikokimyasal ve jelleşme özelliklerinin belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.

[112] B. Cemeroğlu, "Meyve ve sebze işleme endüstrisinde temel analiz metotları," Biltav Yayınları, Ankara, 1992.

[113] E. Yurdagül, "Erik bazlı karışık meyveli geleneksel marmelat üretimi üzerine bir araştırma," Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2007.

[114] Türk Gıda Kodeksi, "İnsan tüketimine sunulan şekerlerin analiz yöntemleri tebliği, Tebliğ no. 2002/26," Resmi Gazete, no. 24722, 10.4.2002.

[115] M. Hojjatoleslami and M.H. Azizi, "Impact of tragacanth and xanthan gums on the physical and textural characteristics of gluten-free cake," Nutrition and Food Sciences Research, vol. 2, no. 2, pp. 29-37, 2015.

[116] T. İpek ve H. Dizlek, "Farklı form ve oranlarda yerfıstığı ürünleri kullanılmasının top kek kalitesine etkisi," GIDA, vol. 43, no. 4, pp. 591-604, 2018.

[117] A. Y. Guadarrama-Lezama, H. Carrillo-Navas, C. Perez-Alonso, E. J. Vernon-Carter, J. Alvarez-Ramirez, "Thermal and rheological properties of sponge cake batters and texture and microstructural characteristics of sponge cake made with native corn starch in partial or total replacement of wheat flour," Food Science and Technology, vol. 70 pp. 46-54, Brazil, 2016.

[118] Z. Memeli, "Bazı gıda liflerinin glutensiz kek formülasyonlarında kullanılması," Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2015.

[119] O. Noğay, "Farklı yöntemlerle elde edilen nar çekirdek tozlarının muffin kek kalite özelliklerine etkisi," Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 2014.

[120] T. A. Onuğur ve T. Elmacı, "Gıdalarda duyusal değerlendirme," Sidas Medya Ltd. Şti, no. 010-1B, pp. 134, İzmir, 2011.

[121] G. Köklü ve M. S. Özer, "Pandispanya yapımında bazı yüzey aktif maddelerin kek nitelikleri üzerindeki etkileri," Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, vol. 19, no. 2, pp. 78-87, 2008.

[122] G. Özülkü, "Laktik asit bakterileri ve şerbetçiotu (Humulus lupulus) kullanılarak süne-kımıl (*Eurygaster* spp. ve/veya *Aelia* spp.) zararı görmüş unların ekmeklik kalitesinin iyileştirilmesi," Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.

[123] H. Köksel, D. Sivri, Ö. Özboy, A. Başman ve H. Karacan, "Hububat laboratuarı el kitabı," H. Ü. Müh. Fak.Yayınları, Ankara, 2000.

[124] J. T. Edmund, K. W. Perry, "Soft wheat quality," In: Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods, G. S. Servet and S. Serpil pp. 1–30, CRC Press, 2008.

[125] American Association of Cereal Chemists (AACC), Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 11th ed. AACC. St. Paul, MN, 2000.

[126] M. Wick, P. Stolz, G. Bocker, and J. M. Lebeault, "Influence of several process parameters on sourdough fermentation," Acta Biotechnogica., vol. 23, no. 1, pp. 51-61, 2003.

[127] M. Dığrak and S. Özçelik, "Elazığ ve yöresinde kullanılan ekşi mayanın bileşimi, morfolojik fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri," Gıda, vol. 16, no. 5, pp. 325-331, 1991.

[128] M. H. Ertop ve M. Hayta, "Optimization of the level of chickpea sourdough and baking powder in cake formulation by response surface methodology: Effects on physicochemical, sensory and antioxidant properties," Food Science and Technology Research, vol. 24, no. 4, pp. 697-706, 2018.

[129] K. Ergün, "Dondurularak kurutulmuş kivi püresi tozu kullanılarak hazırlanan keklerde pişirme yöntemi ve formülasyonun kalite kriterlerine etkisinin incelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2012.

[130] M. Pala ve B. Saygı, "Su aktivitesi ve gıda işlemedeki önemi," GIDA, vol. 8, no. 1, pp. 33-39, 1983.

[131] Ö. İ. Gözükara, "Balkabağı tozunun fizikokimyasal ve sorpsiyon özellikleri üzerine kurutma metotlarının etkisi ve balkabağı tozunun kek üretiminde kullanımı," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.

[132] A. W. Şahin, T. Rice, E. Zannini, K. M. Lynch, A. Coffey, E. K. Arendt, "Sourdough technology as a novel approach to overcome quality losses in sugar-reduced cakes," Food & Function, vol. 8, no. 10, pp. 4985-4997, 2019.

[133] Texture technologies, https://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis, Temmuz, 18, 2019.

[134] T. P. Guınee, "Cheese Rheology," In: J. W. Fuquat, and P. F. Fox, (eds.) Encyclopedia of Dairy Sciences, 2003.

[135] A. S. Szczesniak, "Classification of textural characteristics," Journal of Food science, vol. 28, pp. 385-389, 1963.

[136] T. K. Tuoc and S. Glasgow, "On the texture profile analysis test," Conference: Chemeca 2012, Wellington, New Zealand, 2012.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgisi: figengul1995@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. F. Gül ve M. Arıcı, "Ekşi Hamur Kullanımı ile Kek Üretimi" 2. Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi, pp. 179, Mardin, 2019.