

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**VAKUM FERMANTASYON UYGULAMASININ EKMEK
KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUĞÇE AYDOĞDU

DENİZLİ, NİSAN - 2023

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



VAKUM FERMANTASYON UYGULAMASININ EKMEK
KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUĞÇE AYDOĞDU

DENİZLİ, NİSAN - 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

Tuğçe AYDOĞDU tarafından hazırlanan “VAKUM FERMANTASYON UYGULAMASININ EKMEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 18.04.2023 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Fatma IŞIK

.....

Üye (Jüri Başkanı)
Prof. Dr. Aydın YAPAR

.....

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Ali GÖNCÜ

.....

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Yusuf ÖNER

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez alışması TÜBİTAK tarafından 1220183 no'lu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

TUĞÇE AYDOĞDU

ÖZET

**VAKUM FERMANTASYON UYGULAMASININ EKMEK KALİTESİ
ÜZERİNE ETKİSİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TUĞÇE AYDOĞDU
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ.DR FATMA IŞIK)

DENİZLİ, NİSAN - 2023

Bu çalışmada ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmek hamurlarına, son fermantasyon aşamasında standart fermantasyon ve vakum fermantasyon yöntemleri uygulanarak, belirlenen kalite parametrelerinde değerlendirmeleri yapılmıştır. Vakum fermantasyon işlemi 30 kPa ve 40 kPa vakum uygulamalarında gerçekleştirilmiştir. Un, su, tuz, maya karışımıyla geleneksel ekmek formülasyonu kullanılarak üretilen hamurlara, ilk fermantasyon ve ara fermantasyon işlemleri aynı koşullarda uygulanırken, son fermantasyon işlemi sırasında kontrol grubu hamurlara (BK, TBK, SBK) standart fermantasyon parametreleri, diğer iki hamur grubuna ise 30 kPa (B30, TB30, SB30) ve 40 kPa (B40, TB40, SB40) vakum değeri uygulanmıştır.

Hazırlanan tüm hamur örneklerinin son fermantasyon süreleri dakika olarak belirlenmiştir. Herbir hamur grubundan üretilen ekmeklerin spesifik hacimleri ekmek verimi, nem içeriği, su aktivitesi, renk değerleri, tekstür ölçümü, mikrobiyolojik sayımları ve duyuşal değerlendirmeleri yapılmıştır.

Çalışma sonucu elde edilen veriler değerlendirildiğinde, farklı unlardan hazırlanan hamurların, vakum fermantasyon uygulaması ile daha kısa sürede son fermantasyonu tamamladığı belirlenmiştir. Üretimde kullanılan tüm unlardan hazırlanan hamurlarda en hızlı fermantasyon 40 kPa vakum değeri altında gözlenmiştir.

Üretimi yapılan ekmeklerin nem, su aktivitesi ve ekmek verimi değerleri bakımından standart fermantasyon ile vakum fermantasyon uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir. Son fermantasyonda vakum uygulanan ekmeklerde spesifik hacim değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tekstür profil analizinde, vakum uygulamasıyla fermente edilen hamurlardan elde edilen ekmeklerin sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinde önemli azalmaların olduğu tespit edilmiştir. Vakum fermantasyon uygulamasının, aynı un grubu için, ekmeklerin duyuşal özelliklerinde önemli etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Ekmek, vakum fermantasyon, buğday unu, tam buğday unu, siyez unu.

ABSTRACT

THE EFFECT OF VACUUM FERMENTATION ON BREAD QUALITY

MSC THESIS
TUĞÇE AYDOĞDU
PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR:DOÇ. DR. FATMA IŞIK)

DENİZLİ, APRIL 2023

In this study, standard fermentation and vacuum fermentation methods were applied to the bread doughs prepared using bread wheat flour, whole wheat flour and einkorn flour in the final fermentation stage, and their evaluations were made in the determined quality parameters. Vacuum fermentation was carried out at 30 kPa and 40 kPa vacuum values. While the first fermentation and intermediate fermentation processes were applied to the doughs produced using traditional bread formulation with a mixture of flour, water, salt and yeast, standard fermentation parameters were applied to the control group doughs (BK, TBK, SBK) during the final fermentation process, and 30 kPa for the other two dough groups. (B30,TB30,SB30) and 40 kPa (B40,TB40,SB40) vacuum value was applied.

The final fermentation times of all dough samples were determined as minutes. Specific volumes, dough yield, moisture content, water activity, color values, texture measurement, microbiological counts and sensory evaluations of the breads produced from each dough group were made.

When the data obtained as a result of the study were evaluated, it was determined that the dough prepared from different flours completed the final fermentation in a shorter time with vacuum fermentation application. The fastest fermentation was observed in doughs prepared from all flours used in production under vacuum value of 40 kPa.

There was no statistical difference between standard fermentation and vacuum fermentation applications in terms of moisture, water activity, and bread yield values of the breads produced. It was determined that the specific volume values of the breads were higher in the samples fermented with vacuum applications. In the texture profile analysis, it was determined that there were significant decreases in hardness, gumminess and chewiness values of breads obtained from dough fermented by vacuum application. It was determined that vacuum fermentation application did not have a significant effect on the sensory properties of breads for the same flour group.

KEYWORDS: : Bread, vacuum fermentation, wheat bread, whole wheat bread, einkorn bread.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Literatür Özeti	4
1.2.1 Ekmek	4
1.2.1.1 Un.....	7
1.2.1.2 Su	7
1.2.1.3 Tuz	8
1.2.1.4 Maya	9
1.2.2 Çalışmada ekmek üretiminde kullanılacak unlar	13
1.2.2.1 Ekmeklik buğday (<i>Triticum aestivum</i>) unu	13
1.2.2.2 Tam buğday (<i>Triticum aestivum</i>) unu	16
1.2.2.3 Siyez buğdayı (<i>Triticum monococcum</i>) unu.....	19
1.2.3 Ekmek üretim teknolojisi.....	23
1.2.4 Son fermantasyon	28
1.2.5 Vakum fermantasyon.....	29
2. MATERYAL ve METOT	31
2.1 Materyal	31
2.2 Metot.....	31
2.2.1 Ekmek üretiminde kullanılacak hamurların hazırlanması	31
2.2.1.1 Vakum fermantasyon.....	35
2.2.2 Son fermantasyon sırasında geçen sürenin hesaplanması	38
2.2.3 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde yapılan analizler	38
2.2.3.1 Su aktivitesi ölçümü	38
2.2.3.2 Nem tayini.....	39
2.2.3.3 Ekmek verimi	39
2.2.3.4 Ekmek hacmi.....	39
2.2.3.5 Spesifik hacim.....	40
2.2.3.6 Renk analizi	40
2.2.3.7 Tekstür analizi.....	40
2.2.3.8 Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü	41
2.2.3.9 Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı.....	41
2.2.3.10 Maya-Küf sayımı.....	41
2.2.3.11 Duyusal analiz	42
2.2.3.12 İstatistiksel analiz	42
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	43
3.1 Ekmek Üretimi İçin Hazırlanan Hamurların Son Fermantasyon Süresi Değişimleri	43

3.2 Üç Farklı Un Kullanılarak ve Farklı Son Fermantasyon Koşullarında Üretilen Ekmeklerin Analitik Ölçüm Bulguları	45
3.2.1 Üretilen ekmeklerin su aktivitesi değerleri	45
3.2.2 Üretilen ekmeklerin nem içerikleri	47
3.2.3 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde ekmek verimi.	49
3.2.4 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde hacim ve spesifik hacim değerleri	51
3.2.5 Üretimde kullanılan ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unlarının renk değerleri.....	57
3.2.6 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde dış renk (L^*, a^*, b^*) değerleri	59
3.2.7 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde iç renk (L^*, a^*, b^*) değerleri	62
3.2.8 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde tekstür değerleri	67
3.2.9 Üç farklı un kullanılarak ve farklı son fermantasyon koşullarında üretilen ekmeklerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri	87
3.2.10 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı	89
3.2.11 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde maya-küf sayısı.....	91
3.2.12 Farklı koşullara son fermantasyon işlemi uygulanarak üretilen ekmeklik buğday, tam buğday ve siyez buğdayı unlu ekmeklerin duyu analizi değerleri	94
4. SONUÇ ve ÖNERİLER	99
5. KAYNAKÇA	102
6. EKLER	117
7. ÖZGEÇMİŞ.....	118

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Doğrudan ekmek yapma yöntemi ile ekmek üretimi	24
Şekil 2.1 Çalışmanın deneysel modellenmesi	32
Şekil 2.2 Son fermantasyon uygulaması sırasında hamur yüksekliğinin belirlenmesi için kullanılan sistem	33
Şekil 2.3 Vakum fermantasyon cihazının genel görünüşü.....	35
Şekil 2.4 Vakum fermantasyon cihazı kontrol paneli.....	36
Şekil 2.5 Vakum fermantasyon cihazının iç görüntüsü	36
Şekil 2.6 Gösterge ve güç butonu	37
Şekil 2.7 Vakum pompası borusu.....	37
Şekil 3.1 Ekmeklik buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin genişlik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü.....	53
Şekil 3.2 Ekmeklik buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin yükseklik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü.....	53
Şekil 3.3 Tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin genişlik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü	54
Şekil 3.4 Tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin yükseklik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü	54
Şekil 3.5 Siyez buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin genişlik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü	55
Şekil 3.6 Siyez buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin yükseklik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü	64
Şekil 3.7 Euğday, tam buğday ve siyez unu.....	64
Şekil 3.8 Buğday unlu ekmeklerin iç kesitleri	64
Şekil 3.9 Tam buğday unlu ekmeklerin iç kesitleri	64
Şekil 3.10 Siyez buğdayı unlu ekmeklerin iç kesitleri.....	64
Şekil 3.11 Farklı koşullarda son fermantasyon işlemi uygulanarak üretilen buğday, tam buğday ve siyez buğdayı unlu ekmeklerin taramalı elektron mikroskopu (SEM) görüntüleri	87

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 Ekmeklik buğday (<i>Triticum aestivum</i>) unu kullanılarak üretilen 100g ekmeğin temel gıda bileşenleri içeriği	6
Tablo 1.2 Ekmeklik buğday (<i>Triticum aestivum</i>) ununda bulunması gereken özellikler.....	7
Tablo 1.3 100g Ekmeklik buğday (<i>Triticum aestivum</i>) ununun ortalama temel gıda bileşenleri içeriği	14
Tablo 1.4 Buğday ve un arasındaki gıda bileşenleri karşılaştırması	15
Tablo 1.5 : Tam buğday ununun gıda bileşenleri ve sağlık üzerine etkileri	17
Tablo 1.6 : Tam buğday unu ve ekmeklik buğday ununun gıda bileşenleri açısından karşılaştırılması	18
Tablo 1.7 : Siyez buğdayı ununun gıda bileşenleri	21
Tablo 1.8 : Siyez buğdayının bazı teknolojik özellikleri	23
Tablo 1.9 : Ekmeğin tat ve aromasının oluşumunda etkili olan faktörler..	26
Tablo 2.1 : Ekmek formülasyonları.....	32
Tablo 2.2 Ekmeklere uygulanan son fermantasyon işlem koşulları	34
Tablo 3.1 Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak hazırlanan hamurların, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin fermantasyon süresi değerleri.	43
Tablo 3.2 Farklı koşullarda son fermantasyon işlemi uygulanmış ekmeklerin su aktivitesi değerleri.....	45
Tablo 3.3 Farklı koşullarda son fermantasyon işlemi uygulanmış ekmeklerin nem içerikleri.....	47
Tablo 3.4 Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin ekmek verimi değerleri.....	50
Tablo 3.5 Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin hacim ve spesifik hacim değerleri.	52
Tablo 3.6 Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unularının renk (L^* , a^* , b^*) değerleri.....	57
Tablo 3.7 Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin dış renk (L^* , a^* , b^*) değerleri.	59
Tablo 3.8 Buğday unu, tam buğday unu ve siyez unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin iç renk (L^* , a^* , b^*) değerleri.....	63
Tablo 3.9 Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı son fermantasyon koşullarında üretilmiş ekmeklerin tekstür değerleri.	68
Tablo 3.10 Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin toplam mezofilik aerobik bakteri değerleri.....	89

Tablo 3.11 Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin maya-küf değerleri.....	92
Tablo 3.12 Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin duyuşal değerleri.....	95

SEMBOL LİSTESİ

°C	:	Sıcaklık
kPa	:	Kilopaskal
g	:	Gram
mg	:	Miligram
µ	:	Mikron
cm	:	Santimetre
ppm	:	Milyonda bir birim
mL	:	Mililitre
CO₂	:	Karbondioksit
pH	:	Potansiyel hidrojen
C₆H₁₂O₆	:	Fruktoz
C₂H₅O₅	:	Etanol
O₂	:	Oksijen
pH	:	Potansiyel hidrojen
%	:	Yüzde
KM	:	Kuru Madde
kg	:	Kilogram
s	:	Düşme Sayısı
dk	:	Dakika
PSI	:	İnçkare başına libre
Pa	:	Pascal
mbar	:	Milibar
mgHg	:	Miligram Cıva
ΔE	:	Renk farkı
L*	:	L*=0 siyah ve L*=100 beyaz
a*	:	+a* kırmızı, - a* yeşil
b*	:	+b* sarı, -b* mavi
V	:	Volt
N	:	Newton
mm	:	Milimetre
BK	:	Ekmeklik buğday unlu kontrol ekmeği
B30	:	Buğday unlu 30 kPa vakum değeri ile fermente edilen ekmek
B40	:	Buğday unlu 40 kPa vakum değeri ile fermente edilen ekmek
TBK	:	Tam buğday unlu kontrol ekmeği
TB30	:	Tam buğday unlu 30 kPa vakum değeri ile fermente edilen ekmek
TB40	:	Tam buğday unlu 40 kPa vakum değeri ile fermente edilen ekmek
SBK	:	Siyez buğdayı unlu kontrol ekmeği
SB30	:	Siyez buğdayı unlu 30 kPa vakum değeri ile fermente edilen ekmek
SB40	:	Siyez buğdayı unlu 40 kPa vakum değeri ile fermente edilen ekmek
PCA	:	Plate Count Agar
DRBC	:	Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar
a_w	:	Su aktivitesi
mPa	:	Megapaskal

ÖNSÖZ

Bu araştırma fikrini bana veren, bilgileriyle yoluma ışık tutan, beni cesaretlendiren ve her konuda yanımda olan, tezimin fikir sahibi olan, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum, ilk danışman Hocam rahmetli Doç. Dr İlyas ÇELİK’i sonsuz saygı ve özlemle anıyorum.

Tezimin büyük bir çoğunluğunda yanımda olan, desteklerini ve bilgilerini esirgemeyen, beni her daim tatlı ve kibar diliyle motive eden, başaracağımıza olan inancı her zaman tam olan, bana gösterdiği sabır ve tecrübelerinin yanında beraber çalıştığımız için onur duyduğum sevgili Hocam Doç. Dr. Fatma IŞIK teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca gerek ders aşamasında bana kattıkları, gerekse tez aşamasında bölüm laboratuvarlarını kullanmam konusunda bana destek ve yardımcı oldukları için bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Lisans hayatımız da dahil olmak üzere her yola beraber girdiğim, beni hayatımın her noktasında motive eden, yanımda olduğunu her zaman hissettiğim, yüksek lisansa başvuru anımızdan, ünvanımızı alana kadarki süreçte her konuda beraber yola çıktığım ve bundan gurur duyduğum, bana tez konumuzu seçip savunduğumuz ana kadar sabreden canım arkadaşım Burçin ÇULLUK’a teşekkür ederim.

Beni, girdiğim her süreçte hem maddi hem manevi anlamda destekleyen, benimle gurur duyduklarını her zaman hissettiren, aldığım her kararın arkasında duran canım aileme teşekkür ederim.

Yüksek lisansa başladığım andan itibaren yanımda olan Şahide YÜKSEL’e ve Cansev TAŞ’a, verdiği motivasyonların yanında bana olan inancını her zaman hissettiren Sema SÜREN’e, tezimin büyük çoğunluğunda yanımda olan ve bana sonsuz yardım eden Sezer AKBABA ve Okan ARSLAN’a teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Dünyadaki pek çok ülkede olduğu gibi, Türkiye’de de günlük alınması gereken kalorinin büyük bir kısmını tahıl ve tahıl ürünlerinden karşılanmaktadır. Tahıl ürünleri içinde insanların beslenmesinde temel gıda maddesi olması bakımından ilk akla gelen ekmeğdir. Ekmeği, diğer tahıl ürünlerinden farklı kılan en önemli özelliği karbonhidrat, diyet lifi, protein, bazı mineral ve vitaminler bakımından yeterli olmasıdır (Amigo ve diğ., 2016).

Tarihte ilk mayalı ekmeğin, hububatlardan elde edilen unların suyla karıştırılmasından sonra hazırlanan hamurların kızgın kayalar üstünde pişirilmesi sırasında, açıkta unutulmuş bir parça hamurun tekrar hamur yapımında kullanılmasıyla elde edildiği düşünülmektedir (Steinkraus, 2004). Bir diğer teori açıkta kalan ve ekşi hamur haline gelen parçanın kullanılmasıyla oluşturulan hamurun, fermantasyon sırasında maya kontaminasyonuna uğraması ile mayalı ekmeğin oluştuğu şeklindedir (Samuel, 1996).

Ekmeğin, yüzyıllardır insan hayatının temel bir gıda maddesi olmuştur. Günümüzde her öğünün vazgeçilmez bir parçası olan ekmeğin, alım gücü olarak her insanın kolaylıkla ulaşabileceği bir gıdadır.

Ülkelerin refah düzeyi ve vatandaşların alım gücüne göre tüketilen ekmeğin miktarında farklılıklar olsa da ekmeğin, bireyin ihtiyaç duyduğu enerjinin önemli bir kısmını karşılamaktadır (Baysal ve Öner, 1994). Türkiye’de gıda gruplarına günlük enerji ihtiyacı karşılaması olarak bakıldığında, %66’lık bir bölüm tahıllara aittir. Bu oranın %56’sı ekmeğin tarafından sağlanmaktadır. Bir insan gün içerisinde 300 gram ekmeğin tükettiğinde, günlük enerji ihtiyacının %30-36’sı karşılanır (Ergün ve Ertugay, 1995).

Ekmeğin yapımında tercih edilen un çoğunlukla beyaz buğday unudur. Üretilen ekmeğin kendi içlerinde kullanılan un, üretim sırasında uygulanan metotlara ve kullanılan katkı maddelerine göre sınıflandırılmaktadır (Özer, 1998). Beyaz buğday unundan elde edilen ekmeğin yanında, farklı tahıl tanelerinden elde edilen unlar ve

tam buğday unu ile de ekmek yapmak mümkündür. Günümüzde çavdar, arpa, siyez buğdayı, kavılca buğdayı, yulaf gibi pek çok tahıl ekmek üretiminde kullanılmaktadır.

Ekmek, her sofraya kolay ulaşabilen bir gıda maddesi olmasına rağmen üretim aşamalarına oldukça dikkat edilmesi gereken bir gıdadır. Bir ekmeğin üretimi un, su, tuz ve mayanın karıştırılıp yoğurulması, hemen ardından fermantasyonlara bırakılıp, pişirilmesi olarak görünse de her aşamasının özenle takip edilmesi gerekir. Seçilen hammaddelerin ekmek üretimi için uygun olması gerekmektedir. Ekmek üretiminde kullanılacak olan unun, *Triticum aestivum* buğday türüne ait olması istenmektedir. Bileşenlerin karışması ve ürüne viskoelastik yapı kazandırması için gerekli olan suyun orta sertlikte olması son ürün kalitesi için oldukça önemlidir. Ekmek üretiminde kullanılan tuzun saf olması, topak bulundurmaması ve kolay çözünebilecek boyutta olması gerekmektedir. Ekmeği ekmek yapan, aromasını, kabarıklığını ve gözenek yapısını sağlayan mayanın, renk dağılımı homojen olmalı, maya kokusu dışında başka bir koku barındırmamalıdır (Elgün ve Ertugay, 1995; Korel ve Ergönül, 2002; Ergönül, 2007; Kalkışım ve diğ., 2012; Aydın, 2016).

Ekmeğin tüketici sofrasına gelmesine kadarki süreçte en önemli aşama fermantasyonlardır. Fermantasyonda uygun koşullar sağlandığında, diğer hammaddeler ile biraraya gelen maya, aktive olarak un içerisinde bulunan şekeri parçalar. Bu parçalanma sonucunda başta CO₂ ve etil alkol olmak üzere bazı ara ve son metabolit ürünler açığa çıkar. Özellikle oluşan CO₂ ekmeğin kabarmasını, ekmekte gözenek oluşmasını sağlarken, alkol ile diğer ara ve son metabolitler ise ekmeğin karakteristik aroma ve kokusunu oluşturur. Eğer ekmek hamuru fermantasyonlara bırakılmadan yoğurulduğu gibi şekil verilip fırına atılsaydı oluşan ekmek, aroma ve hacim açısından oldukça yetersiz olup, tüketicinin beğenisini kazanamazdı (Çakır, 2016; Badem, 2021).

Fermantasyon sonunda ekmek hamurunun fermantasyon öncesi hacminin üç katına çıkması için gerekli olan süre 1 saatten fazladır. Hacim artışı için gerekli olan bu süre sebebiyle en çok zaman gerektiren aşama fermantasyondur. Fermantasyonun gerçekleşebilmesi için uygun ortam sağlayan fermantasyon kabinleri, ekmek üretim aşamalarında harcanan toplam enerjinin %10-15'ini oluşturmaktadır. Bu verilere

bakıldığında ekmek üretiminde süre kazancı sağlanması büyük önem taşımaktadır (Gally ve diğ., 2017).

Literatürlerde fermantasyon süresini kısaltmak amacıyla ohmik ısıtma yöntemi (Gally ve diğ., 2017) kullanılmış ve ohmik ısıtmanın ekmek hamurunun mayalanmasını, mayaların hızlı bir şekilde optimum sıcaklık aktivitesine ulaşmasını sağladığı sonucuna varılmıştır. Fermantasyon süresini kısaltma çalışmalarından biri olan ultrases yönteminde (Luo ve diğ., 2018) hamur fermantasyonu sırasında hamur ultrases etkisine maruz bırakılmış ancak fermantasyon süresine etkisi sınırlı kalmış, en belirgin sonuçlar son ürün kalitesinde görülmüştür. Fermantasyon süresini kısaltma adına yapılan bir diğer çalışmada (Ozmutlu ve diğ., 2001) ise hamur fermantasyonu mikrodalga uygulamasıyla beraber gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda 5 ve 6 dakikalık mikrodalga etkilerinin fermantasyon süresi üzerinde bir fark oluşturmadığı, oluşan süre farkının kullanılan emülsifiyerlerden kaynaklı olduğu görülmüştür. Ekmek üretiminin yoğurma aşamasında vakum uygulaması yapılan bir çalışmada (Gao ve diğ., 2017) vakumun ekmek hacmine ve gözenek yapısına etkisi incelenmiş, sonuç olarak vakum altında yapılan yoğurmanın, maya aktivitesi ve mayanın gaz salım kinetiğini etkilemediği, kontrol ekmeğine göre daha az geliştiği, ekmeklerin daha sert bir yapıda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada da ekmek üretiminde, zamandan tasarruf sağlamak amacıyla, farklı unlardan elde edilmiş ekmek hamurlarına son fermantasyon aşamasında farklı vakum uygulamaları yapılacak ve bu işlemle üretilen ekmeklerin kalite özellikleri geleneksel yöntemle üretilen ekmeklerle karşılaştırılacaktır.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada; ekmek üretiminde, son fermantasyon aşamasında, geleneksel fermantasyon (30 °C sıcaklık, 90 nisbi nem) ve vakum fermantasyon yöntemleri kullanılarak (son femantasyon uygulaması 30 kPa ve 40 kPa vakum altında yapılarak) fermente edilmiş ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve tam siyez buğdayı unu ile hazırlanan hamurlardan üretilen ekmeklerin fiziksel, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri ile fermantasyon süreleri arasındaki farklılıkların ortaya konulması amaçlanmıştır.

Ekmek üretiminin son fermantasyon aşamasında vakum fermentör cihazının kullanılmasıyla, geleneksel ekmek üretim yöntemiyle elde edilen ekmeklere kıyasla daha kısa sürede daha hacimli ekmekler elde edilebileceği düşüncesiyle bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Vakum fermentör cihazında, ekmek hamurlarına son fermantasyon aşamasında 30 ve 40 kPa'lık vakum basınçları uygulanarak fermentörün içerisi mümkün olduğunda oksijensiz bırakılarak ekmek mayası olan *Saccharomyces cerevisiae*'nin, oksijen miktarı azalmış ortam sonucu oluşan stres koşullarına verdiği reaksiyon (Yılmaz ve Çakar, 2009) özelliklerinin kullanılması hedeflenmiştir. Bu özellik ve vakum etkisi bir araya geldiğinde ekmek üretiminin en uzun aşaması olan son fermantasyon süresinde kısalma meydana gelmesi amaçlanmıştır. Bu kısalmanın özellikle ekmeklerin hacim, spesifik hacim, renk gibi fiziksel özelliklerinde ne gibi farklılıklar oluşturacağı araştırılmıştır. Son fermantasyon aşamasında uygulanan vakum koşulları hamurlarda vakum etkisi ile genişlemeye sebep olup, oluşan CO₂'in hamurda daha kolay yer edinmesini sağlayacaktır ve devam eden CO₂ üretimi ile daha hızlı kabarmasını sağlayacaktır. Proseste fermantasyon süresinin kısalacağı ve birim zamanda daha fazla ürün elde edilebileceği düşünülmüştür.

1.2 Literatür Özeti

1.2.1 Ekmek

Ekmek, Türk Gıda Kodeksine göre buğday ununa; su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan üründür (Anonim, 2012). TS 5000 Ekmek Standardı'nda ise ekmek; “elenmiş buğday ununa (TS 4500), su (TS 266), tuz (TS 933) ve maya (TS 3522) katılması ile hazırlanan kütle, tekniğine uygun bir şekilde işlenip fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile hazırlanan bir mamuldür” şeklinde tanımlanmıştır (Anonim 2010).

İçeriğinde bulunan yüksek miktarda karbonhidratlar ile iyi bir enerji kaynağı olan ekme , dünya üzerinde bulunan birçok ülkede çoğunlukla buğday unundan elde edilmektedir ve geçmiŐten günümüze kadar varlığını korumuŐtur. İyi bir enerji kaynağı olmasının yanında protein, lipit ve mineral madde gibi temel gıda bileşenlerini de içermektedir ( zer, 1998).

Dünya'da ve Türkiye'de, tüketimi yaygın olan ekme , insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Ekme  tüketimi, ülkelerin sosyal ve ekonomik durumlarına göre deđiŐimlere uğrasa da gelecekte bile mevcut değerini koruyacaktır (Armero ve Collart, 1998).

Ekmeğin birçok gıda maddesine kıyasla daha çok tüketilmesinin sebepleri; (1) iyi bir enerji kaynağı olması ve içerisinde pek çok mineral madde barındırması, (2) gün içerisinde alınması gereken proteinin %50'sini ve kaloringin ise %44' n  karŐılması, 3) kolay  retilibilmesi, (4) ucuz oluşu Şeklinde sıralanabilir (Karaoğlu ve Kotancılar, 2005; AkgümüŐ, 2010).

YetiŐkin bir bireyin gereksinimleri dikkate alındığında, 300 gram ekme  tüketimi günlük enerji ihtiya ının %30-36, protein ihtiya ının %39-42, demir ihtiya ının %12-48, kalsiyum ihtiya ının %9-57, B₁ vitamini ihtiya ının %27-63, B₂ ihtiya ının %12-30 ve niasin ihtiya ının %15-27'sini karşılamaktadır (Kotancılar ve diğ., 1995).

Yapılan araŐtırmalar, beslenmede günlük enerji ihtiya ının 500 kalorilik kısmının karbonhidrat kaynaklı enerji içeren gıdalardan karŐılanması gerektiğinin göstermektedir. Bu enerji karbonhidrat kaynaklı gıdalardan sağlanmadığında eksik kalan enerji değer, protein ya da depo glikojenden temin edilmektedir. Belirlenen düzeyin üzerinde karbonhidrat alımı gerçekleştiğinde, yağ yakımı kolaylaŐmakta, yapıcı ve onarıcı proteinlerin yakılmasının önüne geçilmektedir. 500 kalorilik karbonhidrat kaynaklı enerji, gün içerisinde yaklaşık 250 g'lık ekme  tüketildiğinde karŐılanabilmektedir (Elgün ve Ertugay, 2002).

100 gram beyaz ekmeğin bileşimi Tablo 1.1’de verilmiştir (Gerçekaslan ve diğ., 2007; Anonim, 2018).

Tablo 1.1: Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) unu kullanılarak üretilen 100g ekmeğin temel gıda bileşenleri içeriği

Madde	Miktar (g)
Karbonhidrat	43.90-50.50
Su	37.00-39.60
Protein	8.70-9.00
Yağ	2.15-3.20
Mineral Madde	2.00-3.69

Genel hatlarıyla ekmeğin üretimine bakılacak olursa; öncelikle un, su, tuz ve maya kullanılarak hamur elde edilir ve uygun koşullarda fermente edilir. İlk fermantasyon denilen bu işlem sonrasında hamur kitlesine gaz çıkarma işlemi uygulanır ve ara fermantasyon aşamasına geçilir. Bu işlemin ardından hamur istenilen gramajlarda parçalara ayrılır, şekil verilir ve son fermantasyona bırakılır. Son fermantasyonunu tamamlamış şekil verilmiş hamura bıçak atılır (hamur çizilir), pişirilir ve ekmeğin elde edilir (Elgün ve Ertugay, 2011).

Bir ekmeğin kaliteli olması için ekmeğin dış kabuk rengi açık kahverengi, ekmeğin içi ince, homojen, beyaz ve yumuşak dokulu, ekmeğin yüzey dokusu pürüzsüz, kesildiğinde kabuk-iç ayrımı olmayan, dilimlenmesi kolay, ekmeğin her yeri aynı kalınlıkta olmalıdır. Ekmeğin kendine has tat ve kokuya sahip olmalıdır. Ayrıca çiğnenmesi de kolay olmalıdır (Öten ve Ünsal, 2006; Yılmazaslan, 2008).

Ekmeğin üretiminde birçok farklı yöntemlerin kullanılmasının yanında hammaddelere ek olarak eklenen tahıl ürünleri, bitkisel lifler, kepek, çeşni maddeleri, bitkisel yağlar gibi yan ürünler ile farklı ekmeğin çeşitleri elde edilmektedir (Anonim, 2012).

Üretilen ekmeğin kaliteli olarak sınıflandırılması, üretim sırasında uygulanan işlemlerin usule uygun şekilde uygulanmasının yanında kullanılan hammaddelerin kalitelerine bağlı olarakta değişmektedir.

1.2.1.1 Un

Ekmek yapımında kullanılması planlanan unun dinlenmiş olması istenmektedir. Dinlendirme sırasında un içerisinde bulunan proteinler ve lipidler arasında gerçekleşen kimyasal olaylar hamurda gaz tutma kapasitesini arttırdığı için ekmek kalitesi iyileşmektedir. Ekmek üretimi için kullanılacak olan unlar yaz aylarında en az 2, kış aylarında 3 hafta depolandıktan sonra kullanıma hazır hale gelmektedir. (Elgün ve Ertugay, 2002; Coşkuner, 2003; Yılmaztekin, 2011).

Ekmek yapımında kullanılacak olan unda; (1) kül miktarı düşük protein oranı yüksek olmalı, (2) maya ile temasa geçtiğinde oluşan gazı tutabilme kabiliyeti yüksek olmalı, (3) yoğurmaya karşı toleransı yüksek olmalı, (4) rengi homojen olmalı, yabancı madde içermemeli, (5) unun su tutma kapasitesi yüksek olmalı, hammaddelerin karıştırılıp yoğurulması esnasında kullanılan alet ve ekipmanlara yapışkanlık göstermemeli, kolay işlenebilmeli gibi özellikler aranmaktadır (Elgün ve Ertugay, 2002; Yılmaztekin, 2011; Bulut, 2012).

Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'ne (2013/9) göre, ekmeklik unda bulunması gereken özellikler Tablo 1.2'de gösterilmiştir (Anonim, 2013).

Tablo 1.2: Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) ununda bulunması gereken özellikler.

Kriter	Açıklama
Tat/Koku	Yabancı tat ve koku içermemelidir.
Renk/ Görünüş	Kendine özgü renk ve görünüşte olmalı, gözle görünen yabancı maddeler olmamalıdır.
Rutubet Miktarı	En fazla % 14.5 olmalıdır.
Protein	Kuru maddede en az % 10.5 değerinde olmalıdır.
Ağartma işlemi	Uygulanmamış olmalıdır.

1.2.1.2 Su

Su, ekmek yapımında kullanılan bileşenlerin homojen bir şekilde karışmasını sağlayan önemli bir unsurdur. Hamur bileşenlerinin kimyasal etkileşime girmesinde önemli rolü bulunmaktadır. Hamur kitlesinin yaklaşık %40'ını oluşturan su un içerisinde bulunan nişasta taneciklerine nüfuz ederek şişirir. Alkol fermantasyonu

için gerekli olan yaş ortamı sağlar. Hamura viskoelastik bir yapı kazandırır. Buğday proteinlerine elastik yapıyı kazandırır. Ekmek yapımında kullanılacak olan sular orta sertlikte seçilmelidir (50-100 ppm CaCO₃). Ekmek yapımında orta sertlikte suların kullanımının esas sebebi, yumuşak suların buğday glutenini kuvvetlendiren mineralleri içeriğinde bulundurmaması, sert suların ise fermantasyonu geciktirici etkisinin bulunmasıdır. Ekmek yapımında kullanılan suda mikrobiyal yük istenmez, temiz, içilebilir, kokusuz, berrak bir görüntüde olması istenir (Elgün ve Ertugay, 2002; Coşkuner, 2003; Yılmaztekin, 2011).

1.2.1.3 Tuz

Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'nde (2012/2) ekmekteki tuz oranının kuru maddede en çok %1.5 (m/m) olması gerektiği bildirilmektedir (Anonim 2012).

Ekmek üretiminde tuz kullanılmasının ana nedeni ekmeğe tat ve aroma kazandırması gibi görünse de tuzun ekmeğin için birçok fonksiyonu mevcuttur. Tuz katılan hamurlar, tuz katılmayan hamurlara kıyasla daha kolay işlenmektedir. Gluteni yumuşatma gücüne sahip proteaz etkinliğini azaltıcı yönüyle fermantasyon sonrası oluşan gazların hamur tarafından tutulmasını güçlendirici etkiyi sağlar. Daha hacimli ekmeğin üretilmesini, ekmeğin içi gözenek yapısının ince ve düzgün bir yapıda olmasını sağlar. Ekmek hamuruna herhangi bir mikroorganizma bulaşı gerçekleştiyse bu bulaş mikroorganizmaların fermantasyonunu kontrol ederek oluşabilecek asitlik ve tat bozulmalarını önler. Mayanın çalışması için gerekli olan optimum koşulları sağlar. Hamurun işlenmesini kolaylaştırır. Ekmek içerisindeki su aktivitesini düşürerek küf gelişimini engeller, bu sayede ekmeğin raf ömrü uzar. Tuz katılmayan ekmeklerin 4. günde, tuz katılan ekmeklerin ise 7. günde küflendiği gözlemlenmiştir. Ekmek üretiminde kullanılacak olan tuzun temiz, parlak ve beyaz renkli olması, nem çekici maddelerden arınmış olması, çözünür bir yapıda olması, topak bulundurmaması, %95-99 oranında NaCl içerip, fermantasyon kalitesini düşürecek iyot gibi mineralleri içeriğinde barındırmaması gibi özelliklere sahip olması beklenmektedir (Özer, 1998; Yılmaztekin, 2011; Akyüz, 2016).

1.2.1.4 Maya

Ekmeğin kabarmasını, iç yapısındaki gözenekleri ve dolgun görüntüsünü oluşturan en önemli ekmek hammaddesidir. Fermantasyonu sağlayan maya canlı bir mikroorganizmadır. Mayalar arasında ekmek mayası olarak kullanılan tür *Saccharomyces cerevisiae*'dir. Tomurcuklanarak üreyen, çift katmanlı ve seçici geçirgen özellikte hücre duvarına sahiptir. Olgun maya hücresinin uzunluğu 7, çapı 6-8 mikrondur (Yılmazaslan, 2008). Düşük sıcaklıklarda gelişimleri yavaşlama gösterdiğinden sıcaklık değerine bağlı olarak bir süre muhafaza edilebilmektedirler. Poitrenaud (2004), ekmek mayasının biyokimyasal kompozisyonunu %40.6-58.0 protein, %35.0-45.0 karbonhidrat, %6.5-9.3 azot, %5.0-7.5 mineraller ve %4.0-6.0 hücre yağları olarak vermiştir. *Saccharomyces cerevisiae* un içerisinde bulunan basit şekerleri parçalayarak CO₂ oluşturmakta, oluşan CO₂ hamura hacim kazandırarak elastik iç yapı, kolay kesim ve istenilen gözenek yapısını oluşturmaktadır. Fermantasyon sırasında açığa çıkan alkoller, aldehitler, ketonlar ve organik asitler ekmeğe has olan tat ve aromayı sağlayarak karakteristik bir yapı oluşturmaktadır. Maya, unda bulunan gluten elastikiyetini arttırarak fermantasyon sonucu oluşan CO₂ gazının hamur tarafından daha kuvvetli tutulmasını sağlayarak ekmeğin hacmini korumasını sağlamaktadır. Ortamda yeterli miktarda su, uygun pH, özümmlenebilecek azotlu bileşikler, uygun sıcaklık, fermente olabilen karbonhidratlar ve bazı mineraller mevcut ise maya hücresi gerekli olan fonksiyonları gerçekleştirebilmektedir. Fermantasyonun gerçekleşmesinde öneme sahip olan şekerler monosakkaritlerden fruktoz ve glukoz; disakkaritlerden ise maltoz ve sakkaroz olup, disakkaritlerden biri olan laktoz maya tarafından fermente edilememektedir. Maya aktivitesi ortamda bulunan tuz, fermente edilebilir şekerler ve antimikrobiyal madde varlığı ile sıcaklıktan etkilenmektedir. Ekmek üretiminde farklı türlerde mayalar da kullanılmıştır ancak beslenme ihtiyaçlarının az oluşu, hızlı çoğalabilme özelliği, oluşan ekmeğe istenilen tat ve şekli verebilme potansiyeli olarak *Saccharomyces cerevisiae* en iyi alternatif görülmüştür (Özkaya, 1995; Canbaş, 1995; Yılmaztekin 2011; Ali ve diğ., 2012; Akinola ve Osundahunsi, 2017).

Ekmeğin yapımında kullanılan ekmek mayalarından istenilen bazı özellikler;

- Yüksek sıcaklıklara dayanıklılık gösterebilmeli,

- Enzimatik etkinliklerine uzun süre devam edebilmeli,
- Fermantasyon hızı yüksek olmalı,
- Kabartma gücü fazla olmalı,
- Rutubet miktarı %75'i geçmemeli,
- Ekmeğe istenilen tat ve aroma dışında herhangi bir yabancı özellik vermemeli,

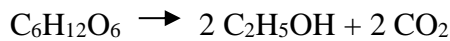
şeklinde sıralanabilir (Yılmazaslan, 2008).

Ticari maya çeşitleri; pres maya, aktif kuru maya ve instant aktif kuru mayadan oluşmaktadır. Ekmek üretiminde pres/yaş maya daha çok tercih edilmektedir (Evren ve diğ., 2006).

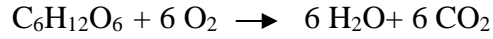
Ekmek mayası, kaliteli bir ekmek elde edilmek isteniyorsa bazı özel ortam koşullarına ihtiyaç duymaktadır. Genel olarak mayalar 0-45 °C arasında gelişim gösteriyor olsa bile optimal sıcaklık 25-30 °C'dir. Ekmek mayalarının gelişim gösterdiği sıcaklık ise 30-34 °C olarak belirlenmiştir. Ekmek mayası ani pH değişikliklerinden etkilenebilmektedir. En iyi gelişim gösterdiği pH aralığı 4.4-4.8 arası olarak belirlenmiş olup, pH değeri 4.0-6.0 arasında iken fermantasyon hızında önemli ölçüde değişiklikler meydana gelmez iken, pH değeri 4.0'ün altına düştüğünde fermantasyon hızı etkilenmekte ve hızla düşmektedir. Ortamdaki glikoz konsantrasyonu %20-25 iken maya aktivitesi normal seyrinde ilerlerken konsantrasyon %25'in üzerine çıktığında maya faaliyeti düşüşe geçer. Ortamda bulunan oksijen varlığı maya gelişimi için önem arz etmektedir. Ekmek üretiminde her ne kadar mayanın çoğalabilmesi için uygun ortam oluşturmak önem arz etse de mayanın hızlı çoğalması istenilmeyen bir durumdur. (Canbaş, 1995; Maloney ve Foy, 2003).

Saccharomyces cerevisiae glikozu kullanarak hem aerobik hem de anaerobik yol ile faaliyet göstermektedir (Edwards, 2007).

Anaerobik yolda glikozu kullanarak alkol ve CO₂ üretir:



Aerobik yolda glikozu kullanarak su ve CO₂ üretir:



Ekmek üretiminde kullanılan hammaddeler her ne kadar 4 temel madde (un, su, tuz, maya) olarak düşünülse de gerekli görüldüğünde formülasyona çeşitli enzimler, katkı maddeleri ve çeşniler eklenebilmektedir. Ekmek üretiminde kullanılan bazı enzimlere alfa amilaz, lipoksijenaz, proteinaz, hemiselülaz ve lipaz enzimleri örnek olarak gösterilebilir. Fermantasyon işleminin kusursuz bir şekilde gerçekleşip kaliteli bir son ürün elde etmek için nişasta moleküllerinin hidrolizi oldukça önemlidir. Nişasta hidrolizinde alfa amilaz enzimi görev almaktadır, ancak çimlenmemiş buğdayda alfa amilaz enziminin oranı oldukça düşüktür. Bu gibi durumlarda içeriğinde alfa amilaz enziminin yeterli oranlarda bulunduğu malt unu ya da mikrobiyal preparatlar kullanılmaktadır. *Aspergillus oryzae* ve *Bacillus subtilis* iki önemli mikrobiyal kaynaktır. Kullanılan bu takviyeler (1) ekmek iç dokusunun sert olmasını önler, (2) ekmeğin bayatlama sürecini geciktirir, (3) ekmek hacmini artırır. Ekmek üretiminde hammaddelerin karıştırılma ve yoğurulma aşaması önemli bir yere sahiptir. Kullanılan unun kuvveti ve yoğurucu mekanizmasına göre hamurun yoğurulmaya karşı gösterdiği tolerans değişiklik göstermektedir. Eğer hamurun yoğurulmaya karşı gösterdiği tolerans yeterli görülüyor ise bu toleransı arttırmak için %1 kadar lipoksijenaz ilave edilmelidir. Lipoksijenaz soya ununda yeterli miktarda bulunmaktadır ve ekmek hacmini artırıcı etki gösterebilir. Yoğurulma aşamasında hamurda istenilmeyen sertlik tespit edildiğinde proteinaz enzimi kullanılabilir. Ekmeğin tat, aroma ve kabuk rengini olumlu etkilemektedir. Pentazanlar hamur elde etmek için una eklenen suyun %23'lük bir kısmını bağlamaktadır. Hemiselülaz enzimleri arasında bulunan endoksilanaz enzimi hamura eklendiğinde, hamur içerisinde bulunan glikozidik bağlarını kırarak polisakkaritin polimerizasyon derecesini azaltır. Bu sayede bağlanan su serbest kalarak hamur yumuşar, işlenmesi kolaylaşır, fermantasyon ve pişme stabilitesi artar, ekmek hacmini artırır, ekmek iç rengi, gözenek yapısı, tekstür olumlu yönde etkilenir. Ekmek üretiminde kullanılan un kuvvetli ise lipaz enzimi kullanılmaktadır. Bu sayede hamur yumuşamakta, işlenebilirliği artmakta ve ekmek içi yumuşaklığı artmaktadır (Certel ve Eren, 2006; Edwards, 2007; Sievert ve diğ., 2007; Belitz ve diğ., 2009; Altinel ve Ünel, 2017).

Ekmek üretiminde kullanılan katkı maddelerinin bayatlamayı geciktirmek, ekmek kusurlarını düzeltmek, hacim artışı sağlamak, unun su bağlama kapasitesini arttırmak, aroma ve görünüş iyileştirmek gibi birçok farklı fonksiyonları bulunmaktadır. Katkı maddesi olarak kullanılan askorbik asit ekmek hacmini arttırmakta; emülgatörler ekmeğin raf ömrünü ve hacmini arttırmakta; asitlik düzenleyiciler hamurdaki asitlik ve alkaliliği düzenlemekte; koruyucu amaçla kullanılan kalsiyum propiyonat ve sorbik asit mikroorganizma kaynaklı bozulmaları engellemekte ve bu sebeple oluşabilecek bozulmaların önüne geçerek raf ömrünü uzatmakta; kıvam arttırıcı olarak kullanılan guar gum ise hamur tekstürünü iyileştirmekte, hamurun istenilmeyen yumuşaklığını önlemektedir (Edwards, 2007; Belitz ve diğ., 2009; Pareyt ve diğ., 2011; Anonim, 2013).

Ekmek üretiminde enzimler ve katkı maddeleri dışında Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilen çeşni maddeleri de eklenebilmektedir. Bunlar sert kabuklu meyve, kurutulmuş meyve, yağlı tohum, bal, pekmez, tahin, peynir altı suyu tozu, baharat, kavrulmuş malt unu, çikolata, yumurta ve patatestir (Anonim, 2012). Enzimler, katkı maddeleri ve çeşni maddeleri dışında ekmeğe eklenen diğer maddeler:

- Vital gluten: Ekmek yapımında kullanılacak un zayıf un ise formülasyona %2-10 oranlarında vital gluten eklenmektedir. Bu sayede un dayanıklılığı ve yoğurulmaya karşı toleransı artmaktadır (Ortolan ve Steel, 2017).
- Süt ve Süt Ürünleri: ekmek hamurunu yumuşatır, ekmeğin besleyici değerini yükseltir, fermantasyon sırasında gerçekleşen asitlik dalgalanmalarını tamponlar, ekmek iç dokusunu iyileştirir, kabuk rengini olumlu yönde etkiler, tat ve aromayı arttırır (Doğan ve Küçüköner, 1998).
- Şeker: Maya besleyici olarak kullanılmaktadır (Edwards, 2007).

1.2.2 Çalışmada ekmek üretimi amacıyla kullanılan unlar ve özellikleri

1.2.2.1 Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) unu

Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'ne göre buğday unu “Yabancı maddelerden temizlenmiş ve tavllanmış buğdayların tekniğine uygun olarak öğütülmesiyle elde edilen unları” ifade eder. Buğday ununda aranan özellikler; (1) yabancı tat ve koku içermemeli, (2) unun içerisinde yabancı maddeler bulunmamalı, (3) kendine özgü renk ve görünüşte olmalı, (4) nem oranı en çok %14.5 olmalı şeklindedir. Ekmeklik buğday ununun % kül miktarı kuru maddede %0.7-0.8 (m/m), protein miktarı kuru maddede en az %10.5, yüzde asitlik kuru maddede (sülfürik asit cinsinden) en çok %0.07 olmalı, sedimantasyon ve beklemeli sedimantasyon değerleri en az 30 mL olmalı ve düşme sayısı en az 250 sn olmalıdır (Anonim, 2013).

Un üretimi için kullanılacak olan buğdayın özelliklerine bakılacak olursa, bir buğday tanesi ortalama %82 unu endosperm, %3 ruşeym, %8 kabuk ve %7 aleuron tabakalarından meydana gelmektedir.

Unsu Endosperm: Nişasta deposu olup önemli derecede protein içermektedir.

Ruşeym: Proteinler, lipidler, şekerler, enzimler ile B ve E vitaminleri yönünden zengindir.

Kabuk: Selüloz, mineraller ve pigmentlerce zengindir.

Aleuron Tabakası: Besleyici değeri yüksek ve suda eriyebilen karbonhidratlar, proteinler, mineraller, lipidler, vitaminler ve fenoliklerce zengindir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Buğday tanesi %65-85 oranında karbonhidrat, %7-8 oranında protein, %8-14 oranında su, %1-3 oranında lipid, %1-2 oranında mineral madde ve az miktarlarda vitamin ve enzimlerden meydana gelmektedir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Tablo 1.3'te 100 gram unun ortalama besin değerleri verilmiştir.

Tablo 1.3: 100g Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) ununun temel gıda bileşenleri içeriği (Anonim, 2019).

Gıda Bileşeni	Miktarı (g)
Karbonhidrat	76.30
Protein	10.30
Toplam Yağ	0.98
Diyet Lifi	2.70
Doymuş Yağ	0.20
Sodyum	2.00
Şeker	0.27
Kalori (kcal)	364

Buğday ve buğday ununda bulunan enzimler ekmek yapımında hamurda bulunan zedelenmiş nişastayı kullanarak maya aktivitesinin gerçekleşmesi için gerekli olan basit şekerleri üretirler. Unda bulunan enzimler alfa amilaz, beta amilaz, glukosidaz, hemiselülaz, lipaz, proteaz ve maltazdır. Düşme Sayısı unun diastatik aktivitesi hakkında bilgi sağlamaktadır (Diepenbrock ve diğ., 2005).

Ekmek üretiminde kullanılacak olan unun kül miktarı unun kalitesini belirlemede önemli bir role sahiptir. Ekmeğin rengine bakarak bile kullanılan unun kül miktarı tahmin edilebilmektedir. Yapılan ekmek beyaz ise kullanılan unun kül miktarı düşük, ekmekte esmerleşme fazla ise kullanılan unun kül miktarı yüksektir denilebilir. Unda bulunan kül miktarına en büyük etkiyi un üretimi sırasında ayrılmayan ve una karışan kepek ve ruşeym oluşturmaktadır.

Unda bulunan yağ miktarı ekmek hacmini ve ekmeğin yapısını önemli derecede etkilemektedir. Buğday tanesi yağ yönünden fakirdir. En yüksek yağ oranı ruşeyimde, en düşük yağ oranı ise endospermde bulunmaktadır. (Sievert ve diğ., 2007).

Ekmek üretimi için kullanılacak olan un öğütülmesinin hemen ardından kullanılmaz. Belirli bir süre dinlendirilmesi gerekmektedir. Bu dinlendirilme esnasında una oksijen temas ederek oksidasyona uğratır. Bu sayede unun rengine ağarma meydana gelir ve un kuvvetlenir. Dinlendirilme sonrasında kullanılan undan elde edilen ekmeklerin yoğurulması, işlenmesi kolaylaşır, hacimli ekmekler elde edilir. Dinlendirme süresi yaz ve kış aylarında farklılık göstermektedir. Unlar kış

aylarında en az üç hafta yaz aylarında ise en az iki hafta dinlendirilmelidir (Yılmaztekin, 2011).

Ekmek üretiminde kullanılacak olan unun depolama şartlarına uygun bir şekilde saklanması gerekmektedir. Un kolay bir şekilde nem çekebilen bir maddedir (Kalkışım ve ark, 2012). Bu sebeple depoların sıcaklık, nem, ışık gibi parametrelerine periyodik kontroller yapılmalıdır. Ekmek üretiminde rutubetli un kullanılmaz. Rutubetli un kendine has bir kokuya sahiptir. Görünüş olarak tanecikleri pütürlü bir yapıdadır. Avuç içine alınıp parmaklar ile yayıldığında bu pütürlü yapı hissedilir ve avuç sıkıldığında şekil almaya müsait bir yapıdadır.

Kaliteli bir ekmek elde etmek her ne kadar kaliteli bir buğdaydan elde edilen unun kullanılması ile sağlanılır gibi düşünülse de kullanılacak unun özellikleri iyi bilinmelidir. Buğdayın besin değerleri ile öğütüldükten sonra un formundaki besin değerleri arasında farklar bulunmaktadır (Tablo 1.4).

Tablo 1.4: Ekmeklik buğday ve un arasındaki gıda bileşenleri karşılaştırması (Talay, 1997).

Besin Ögesi	Ekmeklik buğday	%70 Ekstraksiyon Un
Nişasta (%)	63.70	70.90
Protein (%)	13.90	12.90
Selüloz (%)	2.17	iz
Yağ (%)	2.52	1.17
Kül (%)	1.55	0.40
Tiamin (mg/g)	3.73	1.17
Riboflavin (mg/g)	1.70	0.70
Niasin (mg/g)	55.60	8.50
Fe (mg/g)	3.08	1.42
Na (mg/g)	3.20	2.20
K (mg/g)	316.00	83.00
Ca (mg/g)	27.90	12.90
Mg (mg/g)	143.00	27.20
Cu (mg/g)	0.61	0.18
Zn (mg/g)	3.77	1.17
Toplam P (mg/g)	350.00	98.00
Fitat P (mg/g)	345.00	30.4
Cl (mg/g)	39.00	48.4

Kaliteli bir ekmek, kaliteli bir buğdaydan elde edilen kaliteli un ile elde edilebilmektedir. Kaliteli un ile kuvvetli un ifadeleri çoğu zaman birbirleriyle karıştırılmakta olup,

Kaliteli un; Unun rengine, protein miktarı, protein kalitesi, üniformite, su absorpsiyonu, yoğurma ve fermantasyon toleransı, hamurun gaz meydana getirme kabiliyeti, glutenin gaz tutma kapasitesi ve diastatik aktivitesine göre belirlenir.

Kuvvetli un; Unun protein miktarı ve kalitesine göre belirlenir.

Buğdayın yetiştirildiği çevrenin toprak yapısı, iklim koşulları ve yetiştirilme şekli de elde edilen buğday ununun kalitesini etkilemektedir. Bilinçli buğday yetiştiriciliği sağlanması halinde elde edilen buğdaylar una dönüştürüldüğünde ekmek üretimi için gerekli olan parametreler karşılanacaktır (Elgün ve Ertugay, 2011).

1.2.2.2 Tam buğday (*Triticum aestivum*) unu

Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği'nde (2013/9) tam buğday unu “Yabancı maddelerden temizlenmiş buğdayların, tavlansız veya tavlansız, buğday tanesinin bütün anatomik kısımlarını içerecek şekilde tekniğine uygun olarak öğütülmesiyle elde edilen un” şeklinde tanımlanmıştır. Tebliğe göre tam buğday ununda olması gereken özellikler;

- Rutubet miktarı en çok %14.5 olmalıdır,
- Protein miktarı kuru maddede en az %11.0 olmalıdır,
- Kül miktarı kuru maddede en az %1.2 olmalıdır,
- Asitlik kuru maddede (sülfürik asit cinsinden) en çok %0.09 olmalıdır şeklinde verilmiştir (Anonim, 2013).

Tam buğday unu ve özelliklerinden detaylı olarak bahsedilmeden öncesinde tam buğday ekmeği ve tam buğday unlu ekmek arasındaki tanım farklarının bilinmesinde fayda vardır. Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Çeşitleri Tebliğine (2012/2) göre tam buğday ekmeği, tam buğday unundan tekniğine uygun olarak üretilen ekmek çeşidi; tam buğday unlu ekmek ise buğday ununa en az %60.0 oranında tam

buğday unu ilave edilip tekniğine uygun olarak üretilen ekmek çeşidi şeklinde tanımlanmıştır (Anonim, 2012).

Tam buğday unu, endospermin kepek ve ruşeymden ayrılmadan öğütülmesiyle elde edilen %100 ekstraksiyonlu undur. Tam buğday unu, kullanılacak olan buğdayın (durum buğdayları hariç) belirlenen granülasyonda (%90'dan fazlası 8 no'lu, delik açıklığı 2.38 mm olan elekten, %50'den fazlası 20 no'lu, delik açıklığı 850 µm olan elekten geçecek şekilde) öğütülmesi ile üretilmektedir (Özkaya ve Özkaya, 2005).

Ekmeklik (beyaz) un buğday tanesinin kepek ve ruşeymden ayrılmış saf endospermin öğütülmesiyle elde edilir. Buğday tanesinin dış kısmında bulunan kabuk yapısı tanenin %14.5'ini oluşturmaktadır. Kabuk kısmı öğütülme sırasında kepek adı verilen yapı olarak ayrılır. Bu ayrılan kabuk yapısında vitamin ve mineraller oldukça yoğundur. Bu ayrılma birçok önemli besin öğelerinin de kaybına sebep olmaktadır (Şanlıer, 2012).

Tam buğday ununun beyaz undan en büyük farkı, üretimi sırasında buğday tanesinden endosperm, kepek ve ruşeym kısımlarının öğütülme sırasında ayrılmamasından kaynaklı olarak yüksek değerlerde vitamin, lif, mineral ve fitokimyasal maddeler içermesidir. Bu sebeple kanser, obezite, diyabet ve kardiyovasküler rahatsızlıklar üzerine olumlu etkiler göstermektedir (Liu, 2007.) Tablo 1.5'de tam buğday ununun gıda bileşenleri ve sağlık üzerine etkileri özetlenmiştir.

Tablo 1.5: Tam buğday ununun gıda bileşenleri ve sağlık üzerine etkileri (Köksel ve diğ., 2000).

Bileşenler	Özellikler
Mineraller	Demir, magnezyum, bakır, çinko ve fosfor gibi mineral kaynağıdır.
Vitaminler	E, B ve karotenoid kaynağıdır
Fitokimyasallar	Fitik Asit: Gıdaların glisemik indeksini düşürücü etkisinin yanında kolon kanserine karşı koruyucu etki gösterir. Fenolik Maddeler: Antioksidan etkisi gösterirler. Lignanlar: Koroner kalp rahatsızlığı riski ve kanser oluşumu riski üzerinde azaltıcı etkiler gösterir. Fitosteroller: Serum kolesterolünü düşürücü etki gösterirler.
Besinsel Lifler	Yüksek oranda çözünür/çözünmez arabinoksilan içerir.
Doymuş Yağ	Doymuş yağ içeriği düşüktür. Protein ve çoklu doymamış yağ kaynağıdır.

Bir unun tam tahıllı olması un ekstraksiyonunun %80'i aşıp %100'e yaklaştığı anlamına gelmektedir. Ekstraksiyon oranı %75 ve altında değerlerde olduğunda bu unlara beyaz un denilmektedir. Ekstraksiyon oranı belirlenirken una öğütülmek için kepek ve embriyo kısmı ayrılan endosperme karışan endosperm olmayan partiküllerin bulaşma değeri göz önüne alınır (Slavin, 2001).

Tam buğday unu ve ekmeklik buğday unun besin içeriklerinin karşılaştırılması Tablo 1.6' da verilmiştir.

Tablo 1.6: Tam ve ekmeklik buğday ununun gıda bileşenleri açısından karşılaştırılması (Şanlıer, 2012; Anonim, 2019; Anonim, 2020).

Gıda Öğesi	Tam Buğday Unu (100 g)	Ekmeklik Buğday Unu (100 g)
Karbonhidrat (g)	71.2	76.3
Protein (g)	15.1	10.3
Yağ (g)	2.23	0.98
Kalsiyum (mg)	34	15
Demir (mg)	3.9	1,2
Magnezyum (mg)	138	22
Fosfor (mg)	346	1.8
Potasyum (mg)	405	1.7
Çinko (mg)	2.9	0.7
Selenyum (mg)	70,7	33.9
Tiamin (mg)	0.45	0.12
Riboflavin (mg)	0,22	0.04
Niasin (mg)	6.4	1.2
Kalsiyum (mg)	34	15
Enerji (kkal)	339	364

Tam tahıl unlarının öğütülmesinde taş değirmenler, ultra ince değirmenler, valsli değirmenler ve çekiçli değirmenler kullanılmaktadır. Bu öğütme teknikleri arasında en makul olanı valsli değirmenlerdir. Tam tahıl unu elde edilirken kepek ve embriyolar tane içerisinde buldukları değerlerde endosperm ununa geri ilave edilir. Valsli değirmenler ekonomiktir ve üretim sırasında ürettikleri ısı az olduğu için buğdayda özellikle de kepek kısmında bulunan bileşenlere verilen zarar daha azdır. Bu sayede besinsel değerler korunmaktadır (Liu ve diğ., 2015).

Tam buğday unlu ekmek üretimi için kullanılacak olan tam buğday ununda istenilen özellikler kısaca özetlenecek olursa:

- Tüm buğday fraksiyonlarını içerisinde bulundurmalı,

- Raf ömrü uzun, iyi kabaran, lezzetli ve kolay bayatlamayan ekmek verecek kriterleri barındırmalıdır (Slavin, 2005; Elgün ve diğ.,2009).

Tam buğday unları, içeriğinde bulunan yararlı sağlık bileşenlerinin yanı sıra ekmek üretiminde bazı olumsuzluklar yaratabilecek durumlar da barındırmaktadır. Bunlar:

- İri tanecik yapısına sahiptirler,
- 3-5 hafta içerisinde ransid (acı) tat ve koku oluşumu göstermektedirler,
- Böceklenme riski oldukça yüksektir,
- Ekmeklerde aşırı esmerleşme sonucu akrilamid oluşumu artmaktadır,
- Dinlendirilmeden kullanıldıklarında ekmek hacminde düşüş ve ekmek içinde istenmeyen yapı gözlemlenir,
- İstenmeyen olumsuzlukların giderilmesi için kullanılan katkı maddeleri unun doğal yapısında bozulmalara sebep olmakla birlikte unun maliyetini arttırmaktadır,

şeklinde sıralanabilir (Fredriksson ve diğ., 2004; Elgün ve diğ., 2009).

Tam buğday unundan yapılan ekmekler yüksek lif içeriklerinden dolayı kan şekerinde oluşabilecek ani dalgalanmaları ve insülin değerlerindeki yükselişleri önleyerek açlık hissinin azalmasını sağlamaktadır. B grubu vitaminler, mineraller ve diyet lifi bakımından zengindir (Trozzi ve diğ., 2019). Enerji yönünden her ne kadar az enerji verse de tokluk sağlayarak obezite riskini düşürür. İçeriğindeki biyoaktif bileşenler besleyicilik değerini yükseltici etkiye sahiptir. Beyaz ekmeğe kıyasla perikarp, testa, aleuron ve ruşeym gibi buğday tanesinin dış tabakalarını içermesinden dolayı zengin bir gıda olarak görülse de antidiyabetik aktivite olarak bakıldığında Tip-2 Diyabet hastalarının tüketmesi yetersiz kalmaktadır (Aslan ve diğ., 2010; Keskin ve diğ., 2021).

1.2.2.3 Siyez buğdayı (*Triticum monococcum*) unu

Siyez buğdayı (diğer adıyla einkorn buğdayı) *Triticum monococcum ssp. monococcum L.*, *Triticum* cinsine ait bir buğday türüdür. Adını her başakçığında tek

bir tane barındırmasından alan siyez, günümüz buğdaylarının atasıdır. Siyez üretimi, yaklaşık olarak 10.000 yıl önce, Dicle ve Fırat nehirlerinin arasında, Mezapotamya bölgesinde ve Türkiye'nin dağlık kesimlerinde başlamıştır (Atak, 2017; Özberk ve diğ., 2017)

Diploid ($2n=14$) ve kavuzlu bir buğday türü olan siyez buğdayı ticari olarak üretimi yapılan diğer buğday türlerine kıyasla fitokimyasallar (tokoferoller, fenolik asitler ve karotenoidler), mineral maddeler ve protein değerleri bakımından oldukça üstündür ve bu durum kendisine fonksiyonel bir gıda özelliği kazandırmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda, siyez buğdayında bulunan karotenoid miktarlarının diğer buğdaylarda bulunan değerlere kıyasla yaklaşık 2-4 kat fazla olduğu, siyez buğdayındaki protein miktarı kuru maddede (KM) %15.8-24.2 arasında iken, ekmeklik buğdaydaki protein miktarının %11.1 (KM) olarak belirlendiği görülmüştür. Aynı şekilde, siyez buğdayının kül miktarı %2.2-2.5 (KM) iken, ekmeklik buğdayda ölçülen kül değeri %1.5 (KM) şeklinde saptanmıştır. Bu sonuçlar siyez buğdayının protein ve mineral madde açısından zengin bir tür olduğunun kanıtıdır (Hidalgo ve diğ., 2006; Hidalgo ve diğ., 2008; Shewry, 2009; Özkan, 2018).

Siyez buğdayının diğer buğday türlerine kıyasla farkı, kavuz yapısının sıkı, başakçığının ise tek oluşudur. Bu sebeple hasadı, kavuzlu yapısı ile gerçekleştirilir. Morfolojik açıdan diğer buğday türlerine göre daha küçük bir yapıya sahiptir. Perikarp, aleuron ve testadan oluşan kepek tabakası ile unun elde edildiği endosperm tabakası birbirine kuvvetli bir şekilde bağlıdır. Kepek miktarı oldukça yüksektir. Bu farklılıklar, siyez buğdayının una dönüştürülmesi prosesinde diğer buğdayların una işleme proseslerindeki işlemlerin uygulanamayacağını göstermektedir. Siyez buğdayının una işleme prosesinde, öncelikle siyez taneleri selektörden geçirilir ve yabancı maddelerden arındırılır. Bir sonraki basamakta merkezkaç kuvveti ile taneler elek cidarlarına vurdurulur ve mekaniksel ayrımın tamamlanmasıyla tane, kavuz yapısından arındırılmış olur. Bu işlem sonrasında öğütülür, elenir ve un kısmı ayrışır. Siyez unu tam taneden üretildiği için yapısında belli bir miktar kepek barındırmaktadır. Ayrıca unun yapısında bulunan kepek, endosperm kalıntıları da içermektedir. Üretim sırasında kepek ve endospermin yapının ayrışımının tam olarak gerçekleşmemesi sebebiyle randıman %55 ile gerçekleşmektedir. Unun, uygun

şekilde fraksiyonlarına ayrılmamasındaki bu durum, öğütme işleminde redüksiyon vals ekipmanlarının kullanılmamasından kaynaklıdır. Bu sebeple kepek ve endosperm miktarı yüksek bir un elde edilmektedir. (Gregersen ve Jeppesen, 2014; Bo ve diğ., 2017; Örü ve Ertop, 2021)

Hidalgo ve Brandolini (2014), yaptıkları çalışmada siyez buğdayı ile makarnalık ve ekmeklik buğdayı belli parametrelerde kıyaslamışlar ve siyez buğdayının çinko, demir, magnezyum, bakır ve potasyum elementlerince, makarnalık ve ekmeklik buğdaya kıyasla daha zengin olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca bu çalışmada, siyez buğdayındaki şeker oranı %2.7, nişasta oranı %65, yağ oranı %3.5, diyet lifi oranı %1.2, β -glukan oranı %1 şeklinde tespit edilmiştir.

Siyez buğdayı, besleyici bileşenler açısından oldukça zengin olmasına rağmen teknolojik olarak un işleme randımanı ekmeklik buğdaya göre oldukça düşüktür. Hidalgo ve Brandolini (2014), yaptıkları çalışmada siyez buğdayını ve en düşük kalitedeki ekmeklik buğdayı 1000 tane ağırlığına kıyaslamış, sonucunda ise siyez buğdayının değerini 25-28 g, en düşük kalitedeki ekmeklik buğdayın değerini ise ortalama 34.9 g olarak tespit etmişlerdir.

Siyez buğdayı ununun bileşimindeki gıda bileşenleri miktarları Tablo 1.7'de verilmiştir.

Tablo 1.7: Siyez buğdayı ununun gıda bileşenleri (Özkan ve diğ., 2007; Hidalgo ve diğ., 2008; Barandoli ve diğ., 2013; Hidalgo ve diğ., 2014; Zengin, 2015).

Gıda Bileşeni	Miktar
Protein (g)	15.50-22.80
Nişasta (g)	60.60-71.40
Amiloz (g)	23.20-28.60
Yağ (g)	4.00-4.40
Karotenoid (mg)	5.30-13.60
Tokol (mg)	61.50-115.90
Çinko (mg)	42.70-71.70
Demir (mg)	37.20-62.60
Manganez (mg)	34.40-68.20
Bakır (mg)	4.90-8.30
Nişasta (g)	60.60-71.40
Magnezyum (mg)	1.19-2.00
Fosfor (mg)	4.54-6.27
Fenolik madde (mgGAE)	1.48-1.63

Buğdayda bulunan gluten proteinleri, ekmek hamuruna sağladıkları viskoelastik yapı ile önemli bir işleve sahiptir. Gluten proteinini oluşturan gliadin ve glütenin oranlarının birbirine yakın değerler (0.8:1) olması gerektiği belirtilmiştir. Siyez buğdayında ise bu değer 2:1'dir ve bu sebeple siyez buğdayı unundan elde edilen ekmeklerde yeterli viskoelastik yapı sağlanamamaktadır. Bu durumdan dolayı fırın ürünlerinde kullanılması bakımından çok önerilmemesine rağmen, gıda bileşenlerince zengin bir yapıya sahip olduğu için tüketiciler tarafından talep görmektedir. Hamur işleme, diğer buğday türlerinden elde edilen unlarla yapılan hamurlara kıyasla zordur (Stallknecht ve diğ., 1996; Abdel-Aal ve diğ., 2002).

Siyez buğdayından ve unundan elde edilen ürünlerin sağlık üzerine olan etkilerine bakılacak olursa;

- Siyez buğdayı sporcu beslenmesi için ideal bir gıdadır. Tanelerinin karbonhidrat değeri düşük olmasına rağmen protein değeri oldukça yüksektir.
- Siyez buğdayının glisemik indeksi düşüktür. Kan şekerinin düşmesine yardımcı olmaktadır.
- Diyabet, kanser, kardiyovasküler hastalıkları önleyen önemli biyoaktif bileşenlere sahiptir.
- Lif değeri olarak oldukça yüksektir. Bu sayede sindirimi kolaydır.
- Kolesterol değerini düşürücü etkiye sahiptir.
- Antioksidan etkisi ile tüketen kişilerin hücre yapıları korunmakla birlikte yaşlanma belirtileri geç görülür.
- Siyez buğdayı unundan yapılan ürünler kabızlığı önlemektedir.
- Vücuda alınan radyasyon oranını azaltıcı etkisi vardır.
- Yüksek oranda B1, B6, B7 ve B12 vitaminlerini içerdiğinden dolayı sinir sistemini ve sindirim sisteminde olumlu etkiler göstermektedir.
- Siyez buğdayı içerikli ürünleri tüketen kişilerde Alzheimer hastalığına sık rastlanılmamaktadır (Troccoli ve Codianni, 2005; Dülger ve Şahan, 2011; Gökpınar, 2015; Şahin ve diğ., 2017).

Siyez buğdayının bazı teknolojik özellikleri Tablo 1.8'de verilmiştir.

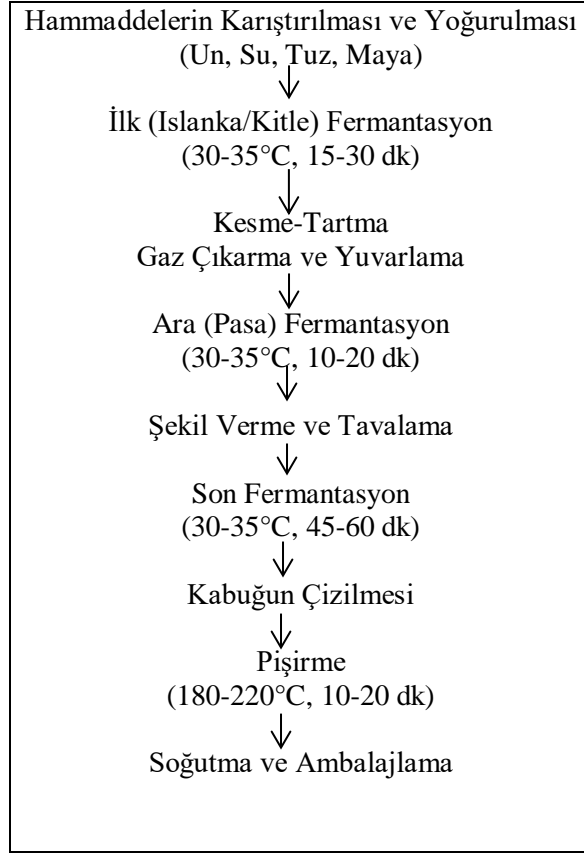
Tablo 1.8: Siyez buğdayının bazı teknolojik özellikleri (Şanal, 2017).

Özellik	Değer
Hektolitre Ağırlığı (kg/hl)	78
Bin Tane Ağırlığı (g)	27
Sertlik (PSI)	62
Un Verimi (%)	40.48
Tane Proteini (%)	11.83
SDS Çözeltisi Tutma Kapasitesi (%)	95
Düşme Sayısı (s)	406
Farinograf Su Absorpsiyonu (%)	54.65
Farinograf Yumuşama Derecesi (BU)	170
Farinograf Gelişme Süresi (dk)	1.30
Farinograf Stabilite (dk)	1.30
Alveograf Enerji Değeri W (Joule)	70
Alveograf P (cm)	37
Alveograf L (cm)	31

1.2.3 Ekmek üretim teknolojisi

Ekmek üretim teknolojisi, insanlar tarafından bilinen ve uygulanan en eski teknolojilerden biridir (Giannou ve diğ., 2003). Ekmek üretiminde istenilen özelliklerin oluşmasında un, su, tuz ve mayanın gerekli özellikleri taşımasının yanında üretim sırasında uygulanan işlemlerin de etkisi bulunmaktadır (Elgün ve Ertugay, 2002).

Şekil 1.1’de doğrudan ekmek yapma yöntemi ile üretilen ekmeklerin yapım aşamaları verilmiştir.



Şekil 1.1: Doğrudan ekmek yapma yöntemi ile ekmek üretimi (Kalkışım ve diğ., 2012).

Ekmek üretiminin ilk basamağı olan yoğurma aşamasında, kullanılacak olan hammaddeler karıştırılıp birleştirilir. Gluten, hamur hammaddelerinden biri olan su ile birleşerek şişer bunun sonucunda fiziksel gelişim sağlanır ve hamur elastik, plastik, viskoz özellikler kazanır. Karıştırma sırasında hamurda gaz kabarcıkları oluşur, gluten yapısı gelişir ve bu sayede hamur genişlemeye elverişli bir yapı oluşturur. Yoğurucudaki yoğurma işleminde yoğurucuların mekanik ve hareket sistemleri ile hamura, karıştırma, sıkıştırma, katlama, uzatma, birleştirme, itme gibi işlemler uygulanmaktadır (Elgün ve Ertugay, 2002; Kalkışım ve diğ., 2012).

Yoğurma işlemi tamamlanan ekmek hamurlarına ilk (ıslanka), ara ve son fermantasyon işlemleri uygulanır. İlk fermantasyon ile hamurun yoğurulması sırasında aldığı fiziksel darbeler sonucu zedelenen gluten yapısının kuvvetlenmesi

amaçlanır, bu işlem yaklaşık 15-30 dakika sürmektedir (Kalkışım ve diğ., 2012; Aydın, 2016).

İlk fermantasyon işlemi sırasında gaz oluşumunun fazla olması, hamur içerisinde hava cepleri oluşumuna sebep olabileceğinden hamura ilk fermantasyon sonrasında gaz çıkarma (hava alma) işlemi uygulanır. Bu işlem hamurların kesilip tartılmasından önce veya sonra yapılabilmektedir (Marques ve diğ., 2012; Badem, 2021).

Ara (pasa) fermantasyon, hamura gaz çıkarma ve kesme tartma işlemleri sırasında uygulanan fiziksel darbelerin sonucunda hamurun kendini toparlayabilmesi ve zarar gören gluten yapısının güçlenebilmesi için geçen süredir. Ara fermantasyon işleminin uygulanma şekli işletmeden işletmeye farklılık gösterebilmektedir. Küçük işletmelerde tezgah ya da pasa tahtaları üzerinde, büyük işletmelerde ise fermantasyon odalarında gerçekleştirilir (Elgün ve Ertugay, 2011).

Şekil verme işlemi çoğunlukla ara fermantasyon basamağından sonra, son fermantasyon basamağından önce gerçekleştirilir. İstenilen ekmek formuna göre uygulanan bu işlem el ile yapılabileceği gibi makineler ile de yapılmaktadır (Ünüvar, 2008; Çakır, 2016).

Fermantasyon işlemlerinin son aşaması olan son fermantasyon ile hamur kendini toparlar, uzama ve gaz tutma kabiliyeti gluten ağı yapısı güçlendikçe artar ve en önemlisi ekmeğe has tat ve koku oluşumu gerçekleşir (Marques ve diğ., 2012).

Pişirme işlemi sırasında bir dizi fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal işlemler gerçekleşir. Pişirme ile CO₂ oluşumu, nişasta jelatinizasyonu, karamelizasyon ve Maillard reaksiyonları meydana gelir ve bunlar ekmeğin hacim, karakteristik tat ve koku, kabuk rengi gibi etmenlerini etkiler. Pişirme işlemi ile enzim ve mikroorganizmalar da inhibe olmaktadır (Ünüvar, 2008; Fellows, 2009; Çakır, 2016).

Dinlendirme ve soğutma işleminde, ekmek tavalarda pişirilmiş ise en kısa sürede tavadan çıkarılmalıdır. Ekmek fırın içerisinde soğumaya bırakılırsa kabukta sertleşmeler meydana gelebilmektedir (Anonim, 2007).

Tablo 1.9’da ekmeğin tat ve aromasının oluşumunda etkili olan faktörler verilmiştir.

Tablo 1.9: Ekmeğin tat ve aromasının oluşumunda etkili olan faktörler (Elgün ve Ertugay, 2011).

Faktörler	Etkileri
Buğdayın Doğal Özellikleri	Sıcak iklim koşullarında yetiştirilmiş buğdaylardan elde edilen ekmekler, ılıman iklim koşullarında yetiştirilmiş buğdaylardan elde edilen ekmeklere kıyasla aromaca fakir bulunmuştur.
Un Randımanı	Düşük randımanlı unlardan elde edilen ekmekler, yüksek randımanlı unlardan elde edilen ekmeklere kıyasla daha üstün aromaya sahiptir.
Katkı Maddeleri	Hamura ilave edilen katkı maddeleri aromayı çoğunlukla olumlu yönde etkilemektedir.
Hamurun Fermantasyon Koşulları	Uygun fermantasyon koşullarının sağlanılmasının yanında ana fermantasyondan ziyade son fermantasyonun uzun tutulmasının ekmeğin tat ve aromasını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.
Ekmek Yapım Metodları	İndirekt mayalama yöntemi ile uzun fermantasyon işlemleri uygulanan ekmek tat ve aroma açısından diğer yöntemlere göre daha zengindir.
Ekmeğin Kabuk Oranı	Tat ve aroma oluşumunda Maillard ve karamelizasyon reaksiyonlarının etkisi büyüktür ve bu reaksiyonlar ekmeğin kabuğunda gerçekleşmektedir. Kabukta oluşan tat ve aroma maddeleri ekmeğin içine nüfuz etmektedir. Bu nedenle kabuk oranı fazla olan ekmeklerin tat ve aroması oldukça zengindir.
Ekmeğin Büyüklüğü	Küçük ve yuvarlak ekmekler, büyük ekmeklere kıyasla üstün bir aroma yapısına sahiptir.
Ambalajlama	Kutulananak muhafaza edilen ekmeklerde renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) artmakta, dondurarak muhafazada ise aroma korunabilmektedir.
Bayatlama	Ekmek bayatladıkça renginde solmalar, tat ve aromasından kayıplar gözlenir.
Fırın Yakıt Maddesi	Odun fırınlarında pişirmede reçineli maddelerin varlığına bağlı olarak aroma değişiklik göstermektedir.
İşçilik	Ekmek üretim aşamalarının her bir kısmı usule uygun olarak gerçekleştiğinde ekmek aroması istenilen değere ulaşır.

Fermantasyon teknolojisinin başlangıç noktası Harappa Uygarlığı olarak da bilinen Büyük İndus Uygarlığı’nın hüküm sürdüğü Hindistan’ın bir yerleşkesi olarak tahmin edilmektedir. Fermente gıdaların ilk tecrübe edilmesinin rastlantı sonucu gerçekleştiği düşünülmektedir (Kocaadam ve Tek, 2016).

Tahıl ürünlerinde gerçekleşen fermantasyon, gıdada kaliteyi ve gıdaların sağlık üzerinde olan etkilerini olumlu yönde geliştirdiği için gıda sektöründe önemli bir yere sahiptir (Vogel ve diğ., 2011).

Fermantasyon işleminin gerçekleşmesini sağlayan en temel unsur olan maya, ekmek üretiminde kullanılan dört ana hammaddeden biridir ve canlı bir organizmadır. Fermantasyon işlemi sırasında maya aktivitesi sayesinde oluşan CO₂ gazı hamur yapısı içinde birikerek hacim oluşturmakta, ekmeğin karakteristik tat ve kokusunun meydana gelmesini de açığa çıkan alkoller, aldehitler, ketonlar ve organik asitler üstlenmektedir. Mayanın bir diğer önemli özelliği, hamurun fiziksel yapısında değişiklikler oluşturmasıdır. Bu fiziksel değişimler gluten yapısının kuvvetlenmesi ve elastikiyetin artması, bu sayede de hamur kitlesinin içinde biriken karbondioksit gazının kuvvetli hamur yapısı tarafından tutulabilmesi şeklinde sıralanabilir (Yılmaztekin, 2011).

Fermantasyon işlemi mikrobiyal bir faaliyet olduğu için maya faaliyeti üzerinde etkisi olan tüm faktörler ekmek üretimini de etkilemektedir. *Saccharomyces cerevisiae* unun yapısında bulunan büyük molekülleri kullanamazken sakkarozu etkin bir biçimde fermente edebilmektedir. Bu sebeple fermantasyon işlemini hızlandırmak için ortama en çok %3.2 oranında sakkaroz ilave edilmesi önerilmektedir. Mayanın ortama adaptasyonu ve fermantasyon işlemine başlayabilmesi için 45 dakikalık bir süre gerekmektedir. Hamur yapısında bulunan besleyici bileşenler, ortamda bulunan suyun miktarı, ortamın sıcaklığı, ortamın asitliği, hamur yapımının başlangıcında eklenen maya miktarı ve hamura eklenen diğer malzemeler fermantasyonu etkileyen unsurlar arasında sıralanabilir. Uygun bir fermantasyon gerçekleşmesi için mayanın en verimli çalıştığı sıcaklık 31-38 °C'dir. Ancak hamur özellikleri göz önüne alındığında en ideal sıcaklık 21-32 °C aralığında olmalıdır. Kullanılacak olan maya %2.5-3.5 oranlarında olmalıdır. Hamura eklenen tuz en çok %1.50-2.25, şeker ise %2.0-3.0 oranlarında olup tuzun %1.0, şekerin %6.0'dan fazla kullanıldığı durumlarda maya faaliyeti yavaşlamakta ve fermantasyon işlemi arzu edildiği gibi gerçekleşmemektedir (Maloney ve Foy, 2003; Elgün ve Ertugay, 2011; Ali ve diğ., 2012 Kalkışım ve diğ., 2012).

1.2.4 Son fermantasyon

Hamur işleme sürecinde hamurun içerisinde olan havanın bir kısmı kayba uğramakta, zedelenmiş bir gluten yapısı oluşmaktadır. Bunların düzeltilmesi için pişirme aşamasından önce tavalanmış ekmeklerde fermantasyon süreci devam etmektedir. Son fermantasyondan bir önceki aşama olan kesme-tartma ve şekil verme sırasında hamur içerisinde bulunan gluten yapısı zayıflamaktadır. Bu hamurlar hiçbir dinlendirme yapılmadan direkt pişirilirse, hamurun dış yüzeyindeki tabaka hamur içinde gelişen gaz kabarcıkları sonucu artan hacmi karşılayamaz ve hamur yüzeyinde delikler açılarak küçük hacimli ekmekler meydana gelir (Dobraszczyk ve Morgenstern, 2003; Balestra, 2009; Verheyen ve diğ., 2014).

Fermantasyon işlemi sırasında ekmek mayasının en verimli çalıştığı sıcaklık değerleri 31-38°C'dir. Ancak hamur özelliklerinin olumsuz etkilenmemesi için 21-31°C aralığında olmalıdır (Badem, 2021).

Fermantasyonu sağlayan canlı mikroorganizma *Saccharomyces cerevisae* mayası olduğu için mayanın çalışmasını etkileyen unsurlar, fermantasyon kalitesini de etkilemektedir. Mayanın fermantasyon işlemi boyunca çalışmasını etkileyen önemli faktörler; ortam sıcaklığı, pH derecesi ve şeker-tuz konsantrasyonudur. Maya 30°C'de, 20°C'ye kıyasla 3 kat daha hızlı çalışmaktadır (Kalkışım ve diğ., 2012).

Fermantasyonu etkileyen faktörler; mayanın hamur içerisindeki besin düzeyi, ortamda bulunan su miktarı, ortamın sıcaklığı, ortamın asitliği, ilave edilen mayanın miktarı, hamur formülasyonuna eklenen diğer bileşenler olarak sıralanabilir. Fermantasyon sıcaklığının önemli olması kadar fermantasyon süresi de önemli bir parametredir. Süre az olur ise hamurda oluşan gaz miktarı az olur, bu sebeple istenilen ekmek hacmi oluşmaz (Ergönül, 2007; Aydın, 2016; Badem, 2021).

Endüstriyel boyutta düşünüldüğünde, mayalama gerektiren ürünlerin üretimi oldukça uzun sürmektedir. Ekmek için hammaddelerin karıştırılıp, yoğurulmasından fırınlanmasına kadar geçen süreçte fermantasyon süresi toplamda yaklaşık 80 dakikadır. Ürünlere şekil verildikten sonra gerçekleştirilen son fermentasyon basamağı bu fermantasyon (mayalanma) sürecinin 30-40 dakikalık kısmını

oluşturmaktadır. Son fermentasyon basamağında süreyi kısaltmak ürünlerin üretiminde zamandan tasarruf sağlayacaktır.

Literatürlerde fermentasyon süresini kısaltmak amacıyla ohmik ısıtma yöntemi (Gally ve diğ., 2017) kullanılmış ve ohmik ısıtmanın ekmek hamurunun mayalanması, mayaların hızlı bir şekilde optimum sıcaklık aktivitesine ulaşmasını sağladığı sonucuna varılmıştır. Fermentasyon süresini kısaltma çalışmalarından biri olan ultrases yönteminde (Luo ve diğ., 2018) hamur fermentasyonu sırasında hamur ultrases etkisine maruz bırakılmış ancak fermentasyon süresine etkisi sınırlı kalmış, en belirgin sonuçlar son ürün kalitesinde görülmüştür. Fermentasyon süresini kısaltma adına yapılan bir diğer çalışmada (Ozmutlu ve diğ., 2001) ise hamur fermentasyonları mikrodalga uygulamasıyla beraber gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda 5 ve 6 dakikalık mikrodalga etkilerinin fermentasyon süresi üzerinde bir fark oluşturmadığı, oluşan süre farkının kullanılan emülsifiyerlerden kaynaklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

1.2.5 Vakum fermentasyon

Fermentasyon işlemi, ekmek üretimi için oldukça önemli bir unsurdur. Hammaddelerin karıştırılması, yoğurulması ve fermentasyon ekmek içinde oluşması beklenen hava kabarcıkları yapısını ve karakteristik aroma bileşenlerini oluşturur. Fermentasyon işlemi ile hamurun sahip olduğu hacmin üç kata çıkması istenmektedir ve bu durumun gerçekleşmesi bir saatten fazla sürebilmektedir. Bu sebeple fermentasyon işlemi ekmek üretim sürecinde en çok zaman harcanılan adımdır. Bu durumun yanı sıra ekmek üretimi sırasında harcanılan enerjinin %10-15'ini fermentasyon kabinleri için harcanan enerji kapsamaktadır. Bu sebeple fermentasyon süresinin kısaltılması ve optimize edilmesi fırıncılık sektörü için önemli bir noktadır (Elgün ve Ertugay., 2011; Şimşek, 2020).

Gıda üretiminde vakum teknolojisinin kullanıldığı pek çok alan mevcuttur. Bunlar; vakum soğutma, vakum kurutma, vakum kızartma, vakum pişirme ve vakum fırınlama şeklinde sıralanabilir. Ancak literatürde ekmek üretiminde fermentasyon aşamasında vakum etkisinin kullanıldığı tek bir çalışmaya (Tuta Şimşek, 2020) rastlanılmıştır. Çalışmada; vakum fırın ve vakum pompası kombinasyonu

glutensiz ekmek üretimi yapılmıştır. Tuta Şimşek (2020), çalışmasında 30 kPa basınçta 40 dakika fermente ettiği glutensiz ekmeklerin bazı kalite özelliklerini konvensiyonel yöntemle üretilen 45 dakika fermente edilen glutensiz ekmeklerin özellikleriyle karşılaştırmıştır. Çalışmada her iki yöntemle üretilen glutensiz ekmek örneklerinin kalite özellikleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur.

Tuta Şimşek (2020)'te vakum fermantasyon uygulaması da dahil olmak üzere fermantasyonlarda 35 ve 40 dakikalık fermantasyon süreleri kullanılmıştır. 30 dakikalık ve 45 dakikalık fermantasyon denemelerinde olumsuz sonuç alındığı belirtilmiştir.

Bu çalışmada; son fermentasyon süresinin kısaltılmasıyla birim zamanda daha fazla ürün eldesi ile üretimden en yüksek verimin alınabilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada ayrıca son fermentasyon süresi kısaltılırken, vakum fermentasyon uygulamasıyla elde edilen ürünlerin fiziksel ve duyuşsal özelliklerinin endüstriyel fermentasyon uygulamasıyla elde edilen ürünlerle benzer olması da amaçlanmıştır. Dolayısıyla çalışmada endüstriyel ve vakum son fermentasyon uygulamalarıyla elde edilen ürünlerin hacim, spesifik hacim, renk, tekstür özellikleri gibi fiziksel özellikleri ve duyuşsal özellikleri de analiz edilmiştir.

2. MATERYAL ve METOT

2.1 Materyal

Ekmek üretiminde kullanılacak olan ekmeklik buğday unu (*Triticum aestivum*) (Söke), tam buğday unu (*Triticum aestivum*) (Söke), siyez buğdayı unu (*Triticum monococcum*) (Doğalsan), tuz (Billur), yaş maya (Pakmaya) ve su (Nestle) Denizli ilindeki yerel marketlerden temin edilmiştir.

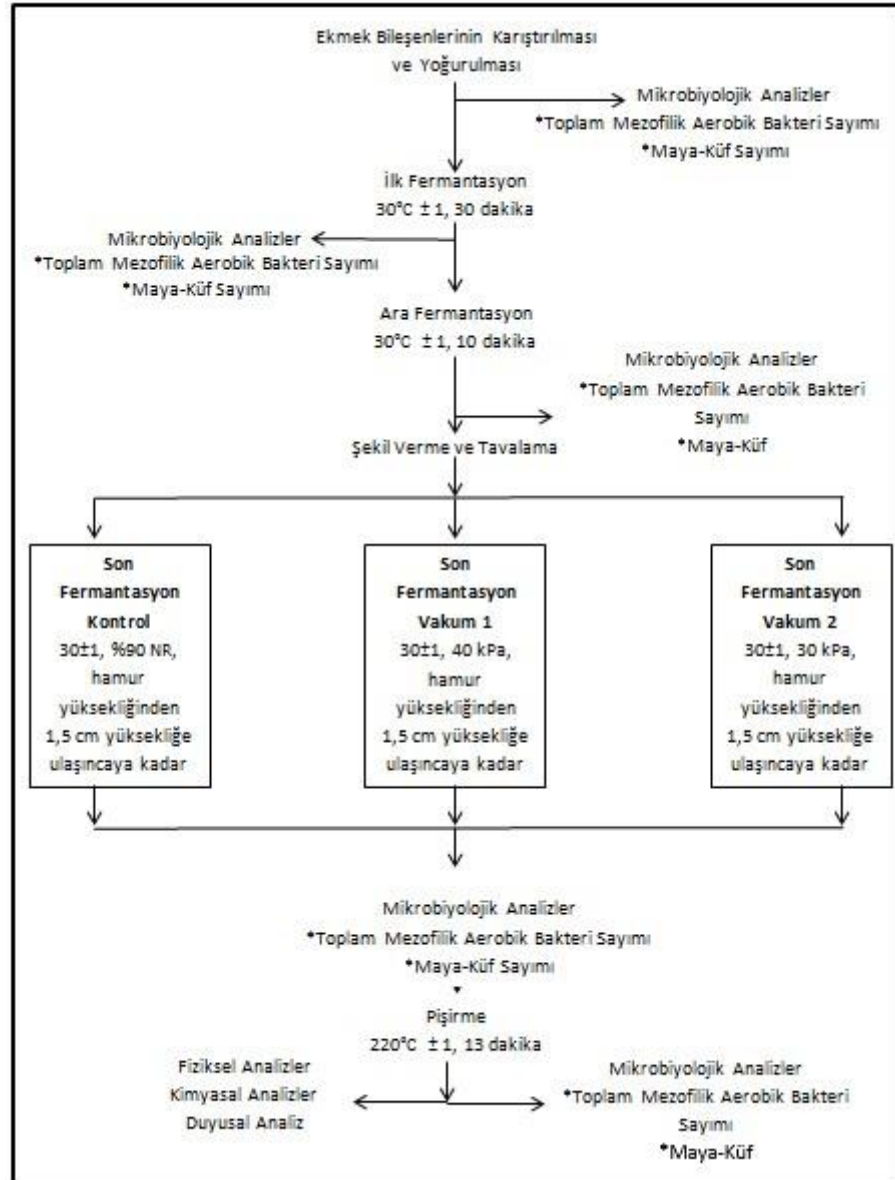
2.2 Metot

2.2.1 Ekmek üretiminde kullanılacak hamurların hazırlanması ve pişirme

Ekmeklik buğday, tam buğday ve siyez buğdayı unundan üretilecek ekmekler için kullanılan formülasyon, ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. 3 farklı undan yapılan ekmekler için aynı formülasyon kullanılmıştır. Çalışma kapsamında 2 tekerrürlü üretim yapılmıştır. Tablo 2.1’de verilen formülasyon baz alınarak hazırlanan ekmek hamurları için belirlenen gramajlarda hammaddeler tartılmış, masa tipi mikserin (KMM060 Mutfak Şefi, Kenwood) içerisine un, su, tuz ve maya sırasıyla eklenmiştir. Bu karışım düşük devirde 3 dakika, yüksek devirde 3 dakika olacak şekilde yoğurulmuştur. Yoğurulma işleminin yeterli olup olmadığı hamurdan bir parça koparılıp parmaklarla açılması halinde yırtılma gözlenip gözlenmemesiyle test edilmiştir. Çalışmanın deneysel modellemesi Şekil 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Ekmek üretiminde kullanılan hamur formülasyonları.

Bileşenler	Ekmeklik Buğday Ekmeği	Tam Buğday Ekmeği	Siyez Buğday Ekmeği
Ekmeklik buğday unu	100 g	-	-
Tam buğday unu	-	100 g	-
Siyez buğday unu	-	-	100 g
Su	55 mL	60 mL	60 mL
Tuz	1.2 g	1.2 g	1.2 g
Maya	3.6 g	3.6 g	3.6 g



Şekil 2.1: Çalışmanın deneysel modellemesi.

Formülasyona uygun şekilde hazırlanan ekmek hamurlarından 90'ar gramlık hamurlar tartılarak beze formuna getirilmiştir. Beze haline getirilen hamurlar 30°C sıcaklık ve %75-80 oranında nispi neme sahip fermantasyon kabinde 45 dakika ilk fermantasyona bırakılmıştır. İlk fermantasyon işleminin ardından fermantasyon kabinden çıkartılan hamurlara art arda 3 kere çekip uzatıp katlama yapılarak gaz alma işlemi uygulanmıştır. Gaz alma işleminin ardından hamurlara tekrar beze formu verilmiş ve fermantasyon kabinde ara fermantasyon işlemi uygulanmıştır. Uygulanan ara fermantasyon işlemi aynı sıcaklık ve nispi nem parametrelerinde gerçekleşmiş olup süresi 15 dakikadır. Ara fermantasyon işlemini tamamlamış olan bezeler, temizlenmiş tezgah üzerine alınmış ve merdane yardımıyla uzunlamasına açılmıştır. Uzatılan hamurlar başlangıç noktalarından itibaren rulo şeklinde sarılmış ve kenetleme noktalarına baskı yapılmıştır. Rulo görüntüsünde yan taraflarda çıkıntı olarak kalan hamurlar işaret ve orta parmaklar yardımıyla hamurun orta kısımlarına doğru baskılanmış ve hamura oval bir görüntü verilmiştir. Kenet noktalarına yapılan ikinci baskının ardından hamur tezgaha alınmış ve baton ekmek görüntüsü verilmiştir. Şekli verilmiş hamurlar 4*6*10 boyutlarındaki pişirme kalıplarına koyulmuş yerleştirilmiştir. Bu kalıplar da hamur yüksekliğinin belirlenebileceği başka bir kap içine yerleştirilmiştir. Uygulanan işlemlerin ardından, hazırlanan ekmek hamurlarına son fermantasyon işlemi uygulanmıştır. Son fermantasyon süresi, hamurun kalıbın en üst seviyesinden 1.5 cm yükselmesi (Şekil 2.2) ile belirlenmiştir.



Şekil 2.2: Son fermantasyon uygulaması sırasında hamur yüksekliğinin belirlenmesi için kullanılan sistem.

Ekmek hamurlarına uygulanacak olan son fermantasyon işleminin detayları Tablo 2.2'de verilmiştir. Kontrol grubu olarak üretilen ekmek hamurlarına

fermantasyon kabiniinde ilk ve son fermentasyon işlemleri 30°C sıcaklık ve %75-80 nisbi nem uygulanmıştır. Kontrol örnekleri için geçen son fermentasyon süresi, hamur üst noktasının, fermentasyona koyulmadan önceki noktasından 1,5 cm yükselmesi olarak kabul edilmiştir.

Son fermentasyon işlemi tamamlanan hamurlar 220°C sıcaklıktaki elektrikli fırında (ASL Makine) 13 dakika pişirilmiştir. Ardından 1 saat soğutulmuş ve belirlenen analizler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2.2: Ekmek hamurlarına uygulanan son fermentasyon işlemi koşulları

Örnek	Yapılan Son Fermentasyon İşlemi
BK	Buğday unundan elde edilen ekmeklere fermentasyon kabiniinde 30°C sıcaklık, %75-80 nisbi nem parametrelerinde son fermentasyon işlemi uygulanmıştır.
B30	Buğday unundan elde edilen ekmeklere vakum fermentasyon kabiniinde 30°C sıcaklıkta, 30 kPa vakum altında son fermentasyon işlemi uygulanmıştır.
B40	Buğday unundan elde edilen ekmeklere vakum fermentasyon kabiniinde 30°C sıcaklıkta, 40 kPa vakum altında, son fermentasyon işlemi uygulanmıştır.
TBK	Tam buğday unundan elde edilen ekmeklere fermentasyon kabiniinde 30°C sıcaklık, %75-80 nisbi nem parametrelerinde son fermentasyon işlemi uygulanmıştır.
TB30	Tam buğday unundan elde edilen ekmeklere vakum fermentasyon kabiniinde 30°C sıcaklıkta, 30 kPa vakum altında, son fermentasyon işlemi uygulanmıştır.
TB40	Tam buğday unundan elde edilen ekmeklere vakum fermentasyon kabiniinde 30°C sıcaklıkta, 40 kPa vakum altında, son fermentasyon işlemi uygulanmıştır.
SBK	Siyez unundan elde edilen ekmeklere fermentasyon kabiniinde 30°C sıcaklık, %75-80 nisbi nem parametrelerinde son fermentasyon işlemi uygulanmıştır.
SB30	Siyez unundan elde edilen ekmeklere vakum fermentasyon kabiniinde 30°C sıcaklıkta, 30 kPa vakum altında, son fermentasyon işlemi uygulanmıştır.
SB40	Siyez unundan elde edilen ekmeklere vakum fermentasyon kabiniinde 30°C sıcaklıkta, 40 kPa vakum altında, son fermentasyon işlemi uygulanmıştır.

BK: Geleneksel yöntemle fermente edilen buğday unlu kontrol ekmeği, B30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen buğday unlu ekmeği, B40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen buğday unlu ekmeği; TBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen tam buğday unlu kontrol ekmeği, TB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen tam buğday unlu ekmeği, TB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen

tam buğday unlu ekme ; SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen siyez buğdayı unlu kontrol ekmeği, SB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen siyez buğdayı unlu ekme , SB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen siyez buğdayı unlu ekme .

2.2.1.1 Vakum Fermantasyon

Ekmeklerin son fermantasyon aşamalarında kullanılacak olan vakumlu fermantasyon cihazı bölümleri ve çalışma prensibi aşağıda anlatılmıştır.

Cihaz (Şekil 2.3), vakum pompasının altında bulunan tekerlekli mekanizması ile taşınabilmektedir. Kapakta bulunan 3 adet cam ile içerideki 3 raf da kolaylıkla görülebilmektedir. Kapak, içerideki basınç değerinin değişmemesi için yalıtılmıştır, ayrıca solda bulunan 2 kenet ile güçlendirilmiştir. Hazırlanan ekme  hamurları son fermantasyon evresinde, cihazın raflarına yerleştirilmiştir ve kapak kapanmıştır. Cihaza sabitlenmiş kenetler ile kapak sabitlenmiştir. En üstte bulunan vana kapatılarak vakum değerinin değişmesi engellenmiştir. Kontrol paneli ile sıcaklık değeri ve yeşil buton ile vakum değeri belirlenmiştir. Fermantasyon işlemi bittiğinde cihaz üstte bulunan kırmızı butona basılarak kapanmıştır. En üstte bulunan vana açılarak içerideki vakum ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 2.3: Vakum fermantasyon cihazının genel görünüşü.

Vakum fermantasyon cihazının üzerinde bulunan kontrol paneli (Şekil 2.4) ile fermantasyon sıcaklığı ayarlanmaktadır. Yeşil buton ile vakum pompası devreye girmektedir. Kırmızı buton ile vakum pompası devre dışı kalmaktadır.



Şekil 2.4: Vakum fermantasyon cihazı kontrol paneli.

3 katlı rafların (Şekil 2.5) her katında sıcaklık değerleri aynıdır. Vakum pompası, içeride bulunan havayı üst rafın solundaki delikten çekmektedir. Yeşil buton ile devreye giren vakum pompasının kaç kPa vakum ile içerideki havayı çektiği gösterge (Şekil 2.6) ile görülmektedir. Çalışmada 30 ve 40 kPa vakum basınçları kullanılmıştır. Önde bulunan güç butonuna (kırmızı) basıldığında cihaz açılmakta, çevrilip yukarı kaldırıldığında cihaz kapanmaktadır.



Şekil 2.5: Vakum fermantasyon cihazının iç görüntüsü.



Şekil 2.6: Gösterge ve güç butonu.

Kullanılan vakum pompası 220 V' luk bir güce sahiptir. İçerideki havanın bir bölümünü çekmektedir. Vakum pompası borusu (Şekil 2.7), vakum fermantasyon cihazının iç kısmında sol köşede bulunan delik ile vakum pompası arasındaki köprüdür.



Şekil 2.7: Vakum pompası borusu.

Vakum pompası devreye girdiğinde cihazın içinde bulunan havanın bir kısmı sol köşedeki delikten çekilmektedir. Boru ve borunun cihaza kenetlenen kısımları, içerideki basınç değerinin değişmemesi için kaynak ile yalıtılmıştır. Fermantasyon işlemi tamamlandığında ilgili vana açık konuma getirilerek içerideki vakum ortadan kaldırılır.

2.2.2 Son fermantasyon süresinin hesaplanması

Hamur yüksekliğinin belirlenebileceği kalıplara koyulmuş olan ekmek hamurları fermentöre alınmış ve son fermantasyon işlemi uygulanmıştır. Son fermantasyon süresi, hamurun kalıbın en üst seviyesinden 1.5 cm yükselmesi ile belirlenmiştir. Bu işlem fermantasyon süresince fermentörlerin içinde bulunan kapların izlenmesi ile gerçekleşmiştir. Fermentöre giriş zamanı ve hamur üst seviyesinin 1.5 cm yükseldiği zaman kaydedilmiş ve arada geçen süre hesaplanmıştır.

2.2.3 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde yapılan analizler

Ekmeklerin kimyasal ve fiziksel özelliklerini ortaya koymak amacıyla; su aktivitesi ölçümü, nem, tekstür, renk, hacim analizleri yapılmış, spesifik hacim, ekmek verimi, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı, maya-küf sayısı, duyuşal

analiz değerleri hesaplanmış, taramalı eketron mikroskobu görüntüleri incelenmiştir. Analizler, 2 tekerrür ve 2 paralel halinde gerçekleştirilmiştir.

2.2.3.1 Su aktivitesi ölçümü

Ekmeklerin su aktivitesi değeri GBX Su Aktivitesi cihazı (Fast-lab, Model: GBX, Fransa) ile belirlenmiştir. Ölçüm için, ve soğutulmuş ekmek örneklerinin iç ve kabuk kısımlarından 3-4 g alınarak cihazın paslanmaz çelik haznesine koyulmuş ve cihazda okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Okuma işlemi yaklaşık 5 dakika içinde gerçekleştirilmiştir.

2.2.3.2 Nem tayini

Kurutma işleminde kullanılacak olan metal kurutma kapları etüvde (PVE MVE 30 Protect, Ankara, Türkiye) $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de ara tartımlar yapılarak sabit ağırlığa getirilmiştir. Bu işlemin ardından kaplar desikatöre alınmış ve 1 saat soğutulmuştur. Soğuyan metal kapların hassas terazide (PS 600/C/2, Radom, Polonya) darası alınmıştır. Darası alınan metal kurutma kaplarına buğday unu, tam buğday unu ve siyez unundan üretilmiş olan ekmeklerden yaklaşık 5'er gram örnek tartılmıştır. Örnekler $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de ara tartımlar yapılarak kurutulmuştur. Son 2 tartım arasındaki ağırlık farkı 0.005 g'ın altına düşünce kurutmaya son verilmiştir. Sabit tartıma gelen örnekler etüvden çıkartılıp desikatörde soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örnekler tekrar tartılıp tartımlar not alınmıştır. Nem miktarının belirlenmesi için aşağıda verilen formülasyon kullanılmıştır (AOAC 2006).

$$\% \text{Nem İçeriği} = \frac{(M_1 - M_2) \times 100}{m}$$

m = Kurutma öncesi örnek ağırlığı (g)

M_1 = Kurutma öncesi örnek ağırlığı + kurutma kabı ağırlığı (g)

M_2 = Kurutulmuş örnek + kurutma kabının ağırlığı (g)

2.2.3.3 Ekmek verimi

Üretilen örneklerde, ekmek kütlesi ve hamur kütlesi hassas terazi yardımıyla ölçülmüştür. Aşağıda verilen eşitlikten yararlanılarak ürün ekmek verimi hesaplanmıştır (Msaddak ve diğ., 2017).

$$\text{Ekmek verimi (\%)} = (\text{Ekmek kütlesi} / \text{Un kütlesi}) \times 100$$

2.2.3.4 Ekmek hacmi

Ekmekler pişirildikten sonra 1 saat soğutulmuştur. Ekmeklerin hacimleri kolza tohumunun yer değiştirme yöntemi ile tespit edilmiştir. Kullanılacak ölçü kabının hacminin (V1) belirlenmesi için kolza tohumları belirli mesafeden sabit hızla dökülmüştür. Kap içerisindeki kolza tohumları mezüre aktarılmış ve kap hacmi belirlenmiştir. Ardından, ekmek örnekleri tek tek kabın içine alınmış, üzerine kolza tohumları belirli mesafeden sabit hızla dökülmüştür. Kabın üstü cetvel yardımı ile düzleştirildikten sonra kap içinden taşan tohumlar dereceli ölçü silindirine aktararak ekmeklerin hacimleri (V2) ölçülmüştür (Elgün ve diğ., 2002).

2.2.3.5 Spesifik hacim

Üretilen ekmeklerde, ürün kütlesi hassas terazi yardımıyla, ürün hacmi kolza tohumlarının yer değiştirme prensibi ile ölçülmüştür. Spesifik hacim hesaplamalarında aşağıda verilen eşitlikten yararlanılmıştır (Elgün ve diğ., 2012).

$$\text{Spesifik hacim} = \text{Ürün hacmi (mL)} / \text{Ürün kütlesi (g)}$$

2.2.3.6 Renk analizi

Ekmeklerin renk değerlerinin (Hunter L^* [0-100= koyuluk-açıklık], a^* [a^+ = kırmızı, a^- = yeşil] ve b^* [b^+ = sarı, b^- = mavi]) belirlenmesi için ekmeklerin önce kabuk rengine bakılmıştır. Düz bir zemine alınan ekmek örneğinin kabuk kısmının üstüne cam bir plaka konularak Hunter-Lab Mini Scan XE renk ölçüm cihazı

(Reston, VA, ABD) ile 3 okuma yapılmış ve yapılan okumanın ortalaması cihaz tarafından alınmıştır (Anonim 1995). Ekmeğin iç renginin belirlenmesi için kabuk rengi ölçümü yapılan ekmeğin ortadan ikiye bölünmüş ve iç yüzeyinin üstüne cam bir plaka konularak yine 3 okuma yapılmış ve ortalaması alınmıştır.

2.2.3.7 Tekstür analizi

Ekmeğin tekstürel özellikleri, Tekstür Profil Analizi (TPA) ile belirlenmiştir. Bu analiz tekstür analiz cihazında (Brookfield CT3-4500, ABD) TA-AACC36 kod'lu silindir prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir. TPA analizi 2 cm eninde kesilen ekmeğin dilimlerinin üzerine silindir probun iki defa baskı uygulaması sonucu elde edilen grafiğin değerlendirilmesi şeklinde yapılmıştır. Tekstür cihazı parametreleri ön denemeler sonucunda belirlenmiş olup; tetikleme kuvveti: 0,067 N, test hızı: 0,5 mm/s, uzaklık: 8 mm şeklinde ayarlanmıştır (Gerçekaslan, 2006).

2.2.3.8 Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ölçümü iç doku görüntüleme için kullanılan elektron mikroskobudur. Ekmeğin iç yüzeyleri döner pompalı kaplayıcı (Quorum, Q150R ES) kullanılarak altın/palladyum (80:20) püskürtülerek kaplanmış ve taramalı elektron mikroskobuyla (SEM- scanning electron microscopy) (FEI Quanta 250 FEG marka, Hillsboro, Oregon, USA) yüzey görüntüleri 100X büyütme oranında alınmıştır (Caba, 2015).

2.2.3.9 Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı, hamurlardan uygun şekilde hazırlanan dilüsyonlardan Plate Count Agar (PCA; Merck 1.05463) besiyerine dökme yöntemi ile 2 paralelli olarak ekim yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ekim yapılan petri petri 30°C'de 48 saat inkübasyona tabii tutulmuş ve bu süre sonunda petri kaplarında gelişen koloniler sayılmıştır. Sonuçlar log kob/g cinsinden verilmiştir (Çebi, 2009).

2.2.3.10 Maya-küf sayımı

Maya küf sayımı için ise uygun şekilde hazırlanan dilüsyonlardan Dichloran Rose-Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC; Merck 1.00466) besiyerine dökme yöntemiyle iki paralel halinde ekim yapılmıştır. Ardından petri kâpları 30 °C'de 48 saat inkübasyona tabi tutulmuş ve bu süre sonunda petri kâplarında gelişen koloniler sayılmıştır. Sonuçlar log kob/g cinsinden verilmiştir. (Halkman, 2005).

2.2.3.11 Duyusal analiz

Ekmeklerin duyusal analizleri, ürünler 1 saat soğutulduktan sonra yapılmıştır. Yapılan analize Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları ve öğrencileri katılım sağlamıştır. 2 tekerrür şeklinde gerçekleştirilmiş olan analizin her bir tekerrürüne 18'er kişi panelist olarak katılmıştır. Duyusal analizi yapan panelistlerin %85'inin 18-25 yaş aralığında, %9'unun 26-40 yaş aralığında, %6'sının 40 yaş üstü grubunda olduğu belirlenmiştir. Duyusal analize katılan kadın panelist oranı %56, erkek panelist oranı ise %44'tür. Panelistlerden örneklerin kabuk rengi, iç renk, koku, tat, gözenek yapısı, tekstür, çiğnenebilirlik ve genel beğeni özelliklerini hedonik Skalada 1 (aşırı kötü) ve 7 (çok iyi) puan aralığında değerlendirmeleri istenilmiştir. Panelistlere ekmek örnekleri rastgele seçilmiş 3 basamaklı sayılarla kodlanarak sunulmuştur. Her panelistin önünde ekmek tadımlarının ardından ağız içlerinin nötrlenmesi için tuzsuz etimek ve su bulundurulmuştur. Duyusal analiz esnasında panelistlerin birbirlerinden etkilenmemeleri için aralarına paravanlar yerleştirilmiştir (Onoğur ve Elmacı, 2011).

2.2.3.12 İstatistiksel analiz

Buğday unu, tam buğday unu ve siyez unu kullanılarak üretilen ve farklı koşullarda son fermantasyona bırakılan ekmeklerin farklılıklarını belirlemek için yapılan analizlerin sonuçları "Minitab 16 Statistical Software" programı kullanılarak varyans analizlerine tabi tutulmuştur. Uygulama gruplarına ait veri ortalamaları arasındaki farklılıklar Tukey testi ile karşılaştırılmış ve karşılaştırma gruplarına ait veriler $\alpha=0.05$ güven aralığına göre test edilmiştir (Türker, 2016).

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1 Ekmek Üretimi İçin Hazırlanan Hamurların Son Fermantasyon Süresi Değişimleri

Farklı vakum değerleriyle son fermantasyon işlemleri uygulanmış ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unundan hazırlanan hamurların son fermantasyon süreleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak hazırlanan hamurların, farklı vakum uygulamalarında son fermantasyon süreleri.

Örnek Grubu	Süre (Dakika)
BK	39.00 ± 0.81 ^{Ca}
B30	13.00 ± 0.81 ^{Fb}
B40	9.00 ± 0.81 ^{Hc}
TBK	41.00 ± 0.81 ^{Ba}
TB30	11.00 ± 0.81 ^{Gb}
TB40	8.00 ± 0.81 ^{Hc}
SBK	48.00 ± 0.81 ^{Aa}
SB30	20.00 ± 0.81 ^{Db}
SB40	15.00 ± 0.81 ^{Ec}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle (A, B, C, ...) gösterilen değerler tüm ekmek çeşitleri arasındaki, aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler her bir un grubu ekmeklerinin kendi aralarındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (p<0.05). BK, TBK, SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu kontrol ekmekleri ifade etmektedir. B30, TB30, SB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir. B40, TB40, SB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir.

Yapılan son fermantasyon gözlemi ve sonuçlarına bakıldığında en kısa sürede son fermantasyon işlemini tamamlayan örnek TB40 (8 dakika) olarak belirlenmiştir. Fermantasyon süresinin en uzun olduğu örnek ise 48 dakika ile SK örneğidir. Her bir un grubu kendi içinde kıyaslandığında ekmeklik buğday, tam buğday ve siyez buğdayı örneklerinin her bir grubunda kontrol örneklerinin en yüksek fermantasyon süresine sahip olduğu; en düşük fermantasyon süresinin ise 40 kPa vakum uygulamalarında elde edilen B40, TB40 ve S40 örneklerinde olduğu gözlenmiştir (Tablo 3.1).

Literatürde ekmek üretimi sırasında fermantasyon süresini kısaltmak için sınırlı miktarda çalışma ile karşılaşmış olup bunlardan biri olan Gao ve diğ. (2017), yaptıkları çalışmada ekmek üretiminin fermantasyon aşamasında ohmik ısıtma tekniği uygulamışlar ve bu sayede fermantasyon süresinin azaldığını bildirmişlerdir. Ohmik ısıtma ile fermantasyon için gerekli olan ısıya daha kısa sürede ulaşıldığı ve işlem süresi de kısa olduğundan enerji yönünden avantaj sağladığı vurgulanmıştır.

Fermantasyon sürelerinin uzun tutulması, hamurların sıcaklığa daha fazla maruz kalması sonucu maya hücrelerinin termal ölümünün yanında, yüksek enzim aktivitesi nedeniyle hacim düşüklüğüne ve zayıf hamur yapısına sebep olmaktadır (Siffring ve diğ., 1993)

Ozmutlu ve diğ. (2001), yaptıkları çalışmada mikrodalga fırın ile fermantasyon işlemi gerçekleştirdikleri ekmek hamurlarında 6 dakikadan fazla uygulanan mikrodalga fırın etkisinin ekmek hacimlerini düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Shenoy ve Prakash (2002), %70 su kaldırma kapasiteli una, %15 kepek ilave etmişler ve unun su kaldırma kapasitesinin %71.4'e yükseldiğini, hamurun fermantasyon sırasındaki gelişme süresinde artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Shenoy ve Prakash (2002)'in bulguları bu çalışmadaki bulgularla paralellik göstermektedir. Bu çalışmada da kontrol örneklerinde, buğdayın kepek kısmını da içeren tam buğday unuyla üretilen hamurlarda, ekmeklik buğday unuyla üretilen hamurlarla kıyaslandığında, su kaldırma kapasitesinde ve hamurun fermantasyon sırasındaki gelişme süresinde artış olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2.1 ve 3.1).

3.2 Üç Farklı Un Kullanılarak ve Farklı Son Fermantasyon Koşullarında Üretilen Ekmeklerin Analitik Ölçüm Bulguları

3.2.1 Üretilen ekmeklerin su aktivitesi değerleri

Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unundan elde edilmiş ekmeklerin su aktivitesi değerleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2: Farklı koşullarda son fermantasyon işlemi uygulanmış ekmeklerin su aktivitesi değerleri.

Örnek Grubu	Su Aktivitesi (a_w)
BK	0.93 \pm 0.01 ^{Ba}
B30	0.94 \pm 0.01 ^{Ba}
B40	0.95 \pm 0.01 ^{ABa}
TBK	0.95 \pm 0.01 ^{ABa}
TB30	0.95 \pm 0.01 ^{ABa}
TB40	0.95 \pm 0.01 ^{ABa}
SBK	0.96 \pm 0.01 ^{Aa}
SB30	0.96 \pm 0.01 ^{Aa}
SB40	0.96 \pm 0.01 ^{Aa}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle (A, B, C, ...) gösterilen değerler tüm ekmek çeşitleri arasındaki, aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler her bir un grubu ekmeklerinin kendi aralarındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($p < 0.05$). BK, TBK, SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğday unlu kontrol ekmekleri ifade etmektedir. B30, TB30, SB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğday unlu ekmekleri ifade etmektedir. B40, TB40, SB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğday unlu ekmekleri ifade etmektedir.

Tablo 3.2’de verilen ekmek örneklerinin su aktivitesi değerleri incelendiğinde, en düşük su aktivitesi BK örneğinde (0.93), en yüksek su aktivitesinin de SBK, SB30 ve SB40 örneklerinde (0.96) olduğu görülmüştür. SBK, SB30 ve SB40 örneklerinin su aktivitesi değerleri BK ve B30’dan anlamlı ($p < 0.05$) derecede yüksek çıkmıştır. Farklı un çeşitleriyle üretilmiş olan ekmekler kendi grubu içinde karşılaştırıldığında geleneksel yöntem ve vakum yöntemiyle fermente edilen ekmeklerin su aktivitesi değerlerinin benzer ($p > 0.05$) olduğu gözlenmiştir.

Yiğit (1988), ekmeklerdeki su aktivitesi değerlerinin 0,845 ila 0,920 değerleri arasında değişkenlik gösterdiğini bu sebeple bozulma ve küflenmenin kısa sürede gözlemlendiğini belirtmiştir.

Dirim ve diğ. (2014), yaptıkları çalışmada farklı unlar (nohut unu, soya unu, barbunya unu, mercimek unu, keçiyoynuzu unu, bezelye unu) ile elde ettikleri ekmeklerin su aktivitesi değerlerini 0.8298 ile 0.8869 arasında ölçmüşlerdir. Buğday unundan elde ettikleri kontrol ekmeğinin su aktivitesi değeri 0.8836 olarak ölçülmüştür. Su aktivitesinin değişkenlik göstermesindeki sebepler; kullanılan unun tipi, formülasyonda kullanılan hammaddeler ve yardımcı maddeler, ekmek üretim

metodları şeklinde sıralanabilir. Dirim ve diğ. (2014), çalışmalarında ekmek formülasyonuna un, su, tuz, maya dışında yağ ve şeker de eklemiştir.

Şimşek (2022), yaptığı çalışmada hazırladığı ekmek örneklerine vakum pişirme işlemi uygulamıştır. Kontrol ekmeğinde kabuk ve içte su aktivitesi değerlerini sırasıyla 0.9358 ve 0.9772 olarak belirlemiştir. Vakum pişirme sırasında, vakum basıncı değerini arttırdıkça su aktivitesi değerinde sınırlı değişiklik gerçekleşirken, 70 kPa vakum basıncı değeri uygulanan ekmekte kabukta ölçülen su aktivitesi değeri diğer örneklerden kıyasla yüksek ölçülmüştür. Ekmek içi ölçülen su aktivitesi değerlerinde ise en yüksek değer 0.9778 olarak 180°C'de 10 dakika pişirilen ekmekte gözlemlenmiştir.

Yılmaz (2017), çalışmada tam buğday unlu ekmeğin su aktivitesi değerini 0.975 olarak ölçmüş, ekmek formülasyonuna ekmeklerde lif oranını arttıran bamya tohumu unu ekledikçe su aktivitesinde azalma olduğu belirlenmiştir.

Çağlar, (2020) siyez buğdayı unu ile zenginleştirilmiş ekşi mayalı peksimet örneklerinin su aktivitesi değerlerini incelediğinde, siyez buğdayı unu oranı arttıkça su aktivitesi değerlerinde de artış meydana gelmiştir. Bu artışın sebebini, siyez ununun içerdiği protein ve lif içeriğinden kaynaklı olduğunu belirtmiştir.

Su aktivitesi sonuçları incelendiğinde, siyez buğdayı unu ile üretilen ekmeklerin (SBK, SB30, SB40) değerleri ekmeklik buğday unu ve tam buğday unu ile elde edilen ekmek örneklerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç Çağlar (2020)'nin çalışması ile örtüşmektedir.

Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu ile üretilen ekmeklerin su aktivitesi değerleri her bir un grubu için kendi içerisinde kıyaslandığında, vakum şartlarının su aktivitesi üzerine istatistiksel anlamda bir etkisi gözlenmemiştir.

3.2.2 Üretilen ekmeklerin nem içerikleri

Son fermantasyon işlemi sırasında farklı koşullar uygulamasının ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unundan elde edilmiş ekmeklerin nem miktarları üzerine olan etkisi Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: Farklı koşullarda son fermantasyon işlemi uygulanmış ekmeklerin nem içerikleri.

Örnek Grubu	Nem Oranı (%)
BK	37.43 ± 1.67 ^{ABa}
B30	38.05 ± 1.95 ^{ABa}
B40	37.33 ± 2.58 ^{ABa}
TBK	35.03 ± 0.69 ^{Ba}
TB30	36.98 ± 1.63 ^{ABa}
TB40	38.59 ± 1.75 ^{ABa}
SBK	38.91 ± 0.72 ^{ABa}
SB30	40.18 ± 1.37 ^{Aa}
SB40	39.72 ± 2.61 ^{Aa}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle (A, B, C, ...) gösterilen değerler tüm ekmek çeşitleri arasındaki, aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler her bir un grubu ekmeklerinin kendi aralarındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($p < 0.05$). BK, TBK, SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu kontrol ekmekleri ifade etmektedir. B30, TB30, SB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir. B40, TB40, SB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir.

Tablo 3.3'teki verilere göre, en düşük nem içeriğine TBK örneğinin (%35.03), en yüksek nem içeriğine de S30 örneğinin (%40.18) sahip olduğu görülmektedir. S30 ve S40 örneklerinin nem değerleri TBK'den anlamlı ($p < 0.05$) derecede yüksek çıkmıştır. Farklı un çeşitleriyle üretilmiş olan ekmekler kendi grubu içinde karşılaştırıldığında geleneksel yöntem ve vakum yöntemiyle fermente edilen ekmeklerin nem değerlerinin benzer ($p > 0,05$) olduğu gözlenmiştir.

Cingöz ve diğ. (2022), yaptıkları çalışmada farklı oranlarda kepek ikamesi bulunan ekmeklerin nem ölçümlerini yaptıklarında kontrol ekmeğinin nem değerini %34.09 olarak ölçerken, %30 kepek içeren ekmeğin nem değerini %36.54 olarak ölçmüşlerdir.

Dirim ve diğ. (2014), yaptıkları çalışmada buğday unundan elde ettikleri kontrol ekmeğinin nem değerini %36.43 olarak belirlemiştir. Farklı unlardan (nohut unu, soya unu, barbunya unu, mercimek unu, keçiboynuzu unu, bezelye unu) elde edilen ekmekler arasındaki nem farkının sebebini unların elverişli suyu bünyelerinde tutabilmesi ve pişirme sırasındaki sıcaklıkla bu suyun standart ekmeğe kıyasla zor kaybedilmesi olarak açıklamışlardır.

Şimşek (2020), yaptığı çalışmada pirinç unu ile elde ettiği ekmeklere hem standart pişirme hem de vakum pişirme yöntemi uygulayarak nem değerlerini ölçmüştür. Kontrol ekmeği olarak adlandırdığı standart pişirme sonrası ölçtüğü nem değerini %50.36 bulurken, 60 kPa vakum uygulamalarında pişirdiği ekmeğin nem değerini %49.19 olarak belirlemiştir. Vakum uygulamasının pişirmede nem değerini düşürdüğü gözlenmesine rağmen yapılan tez çalışmasında fermantasyon sırasında uygulanan vakum etkisinin nem değerini aynı un grubu için önemli etkilemediği gözlenmiştir.

Gao ve diğ. (2018), yaptıkları çalışmada ekmek üretimi esnasında karıştırma işlemini vakum karıştırma metodu ile gerçekleştirmişlerdir. Normal şartlar altında 7 dakika karıştırma işlemi uyguladıkları kontrol ekmeğinin nem değerini %44.23 bulurken, 0.04 MPa vakum değeri uygulayarak karışımı sağlanan ekmeğin nem değerini %44.84 olarak ölçmüşlerdir. Vakum karıştırma işlemi ile elde edilen ekmeğin nem değeriyle, kontrol ekmeğinin nem değerinin benzer olduğu belirlenmiştir.

Ekmek üretiminde pişirme işlemi sırasında, hamurda yapısında oluşan en önemli değişiklik; nem kaybıdır. Eğer, pişirme sırasında çok fazla nem kaybı olursa; elde edilen ekmeğin ağırlığı normalden daha az olmaktadır. Pişirme işlemi sırasında meydana gelen nem kaybı fazla olursa; pişen ürünün tazeliği olumsuz etkilenmektedir. (Kotoki and Deka, 2010).

Yılmaz (2017), çalışmasında tam buğday unlu ekmeğin nem değerini %32.71 olarak ölçmüş, ekmek formülasyonuna ekmeklerde lif oranını arttıran bamya tohumu unu ekledikçe nem miktarında düşüş gözlemlemiştir.

Durmuş (2022), ekmek formülasyonlarına çeşitli oranlarda malt unu (arpa maltı, siyez maltı, tritikale maltı, karabuğday maltı) eklemiş ve yaptığı nem analizi sonrasında en yüksek nem değerine sahip olan ekmeğin buğday unu ile yapılan kontrol ekmeği (%42.22) olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Şahin (2017), çalışmasında doğrudan ve dolaylı hamur yöntemi ile hazırladığı buğday unlu ekmeklere farklı oranlarda nohut mayası eklemiştir. Yaptığı nem analizi sonucu ekmeklerin nem değerlerini %42.0-43.3 arasında tespit etmiştir. Nohut mayasının, ekmeklerin nem değerlerine herhangi bir etkide bulunmadığını gözlemlemiş, nem farkının sebebinin hamurların üretim yöntemlerinden kaynaklı olduğunu belirtmiştir.

Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu ile hazırlanan hamurlara son fermantasyon aşamasında uygulanan vakum şartlarının nem içeriğine olan etkileri incelendiğinde, her bir un grubu kendi içinde kıyaslandığında vakum şartlarının nem içerikleri üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı gözlemlenmiştir ($p>0.05$). Bu sonuç, vakum karıştırma işlemi ile elde edilen ekmeğin nem değeriyle, kontrol ekmeğinin nem değerinin benzer olduğu belirtilen Gao ve diğ. (2018) çalışmasının sonucu ile benzerlik göstermektedir.

3.2.3 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde ekmek verimi

Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unundan elde edilen hamurlara, son fermantasyon aşamasında farklı vakum değerleri uygulamasının hamurlardan elde edilen ekmeklerin ekmek verimi (%) değerleri üzerine etkisi Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4: Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarıyla üretilmiş ekmeklerin ekmek verimi değerleri.

Örnek Grubu	Ekmek verimi (%)
BK	143.21 ± 0.35 ^{Aa}
B30	144.82 ± 0.22 ^{Aa}
B40	144.14 ± 0.14 ^{Aa}
TBK	145.19 ± 0.19 ^{Aa}
TB30	146.54 ± 0.15 ^{Aa}
TB40	146.58 ± 0.48 ^{Aa}
SBK	145.78 ± 0.43 ^{Aa}
SB30	146.15 ± 0.08 ^{Aa}
SB40	146.13 ± 0.25 ^{Aa}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle (A, B, C, ...) gösterilen değerler tüm ekmek çeşitleri arasındaki, aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler her bir un grubu ekmeklerinin kendi aralarındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($p < 0.05$). BK, TBK, SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu kontrol ekmekleri ifade etmektedir. B30, TB30, SB30: 30 kPa vakum uygulamasıyla fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir. B40, TB40, SB40: 40 kPa vakum uygulamasıyla fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir.

Çalışmada üretilen ekmek örneklerinin ekmek verimi değerleri incelendiğinde, hem farklı vakum koşullarında fermantasyonun hem de un kaynaklarındaki farklılığın ekmeklerin ekmek verimi üzerinde anlamlı bir etkiye bulunmadığı ($p > 0.05$) tespit edilmiştir.

Kurt ve Dizlek (2020), 2 farklı ekmeklik buğday çeşidine, farklı tav muameleleri uygulamış ve unlarından ekmek elde ederek kalite analizlerin gerçekleştirmişlerdir. Tav süresi ve sayısının artmasıyla ekmeklerde pişme kaybı değerlerinde azalma ile birlikte ekmek veriminde sınırlı düzeyde benzer bir etki gözlemlenmiştir. Bu durumu ekmek yapımı sırasında unlara verilen farklı su miktarı etkisi olarak yorumlamışlardır.

Msaddak ve ark (2017), ekmek formülasyonuna belirli oranlarla ekledikleri Kaynanadili (Cladodes) tozlarının ekmeğin kalitesi üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Kaynanadili tozu %10 eklendiğinde ekmek veriminin %18.8 arttığını bildirmişlerdir. Çalışmalarında, ekmek formülasyonuna ekledikleri kaynanadili tozunu arttırdıkça, su miktarını da arttırmışlardır. Bu sayede hamur işlemenin kolaylaştığını bildirmişlerdir. Ekmek veriminin kaynanadili tozu eklenmiş ekmeklerde

daha yüksek çıkmasını ise kaynanadili tozunun su tutma kapasitesinin yüksek olmasıyla açıklamışlardır.

Borchani ve diğ. (2010), buğday unlu ekmeğe %0, %0.5, %1, %2 ve %3 oranlarında hurma lifi eklemiş ve lif oranı arttıkça ekmek veriminin de arttığını gözlemlemiştir. Hamurlara eklenen kepek ve lif, su absorpsiyon kapasitesini arttırdığından kaynaklı ekmek verimi artmaktadır (Pomeranz ve diğ., 1977)

Literatür sonuçlarına bakıldığında ekmek formülasyonuna eklenen kepek ve lif oranları arttıkça ekmek verimlerinde artış gözlemlenmiştir. Bu artış, kepek ve lif yapısının suyu absorblama kapasitesinin yüksek oluşundan kaynaklıdır. Öte yandan ekmek içi yapısı daha sıkı olur ve ekmeğin elastikiyeti azalır, gözenek yapısı bozulur, rengi koyulaşır, küf gelişimine karşı hassasiyeti artar, üst kabuğunun ayrılması durumu ile karşılaşılabılır, bayatlama hızı artar, kesilmesi sırasında ufalanma meydana gelir. Kepeğin çeşidine ve ekmek tipine bağlı olarak lezzet değişir, kepek ilavesi ekmeğe alışılmışın dışında bir tat ve koku özelliği vermektedir. Kepek ve lifin ekmek iç yapısında sıkılık oluşturduğu, elastikiyeti azalttığı, gözenek yapısında bozulmalara sebep olduğu, ekmek renginde koyulaşmaya sebep olduğu, kepek çeşidi ve ekmek tipine bağlı olarak lezzette değişimler olduğu, kepek ilavesi artışı ile alışlageldik tadın ve kokunun değiştiği belirtilmiştir (Borchani ve diğ., 2010).

3.2.4 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde hacim ve spesifik hacim değerleri

Son fermantasyon işlemi sırasında farklı işlem koşulları uygulamasının ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu ile elde edilen ekmeklerin ekmek hacmi ve spesifik hacim üzerine olan etkileri Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5: Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarıyla üretilmiş ekmeklerin hacim ve spesifik hacim değerleri.

Örnek Grubu	Ekmek Hacmi (cm ³)	Spesifik Hacim (cm ³ /g)
BK	210.00 ± 1.41 ^{Bb}	2.22 ± 0.17 ^{Bb}
B30	268.50 ± 2.12 ^{Aa}	2.98 ± 0.02 ^{Aa}
B40	271.00 ± 1.41 ^{Aa}	3.01 ± 0.01 ^{Aa}
TBK	203.50 ± 0.71 ^{Bb}	2.26 ± 0.01 ^{Bb}
TB30	267.50 ± 3.54 ^{Aa}	2.89 ± 0.15 ^{Aa}
TB40	272.50 ± 3.54 ^{Aa}	2.96 ± 0.13 ^{Aa}
SBK	163.00 ± 2.83 ^{Db}	1.81 ± 0.27 ^{Cb}
SB30	172.50 ± 2.12 ^{CDa}	1.91 ± 0.02 ^{BCa}
SB40	178.00 ± 2.83 ^{Ca}	1.98 ± 0.02 ^{BCa}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle (A, B, C, ...) gösterilen değerler tüm ekmek çeşitleri arasındaki, aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler her bir un grubu ekmeklerinin kendi aralarındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($p < 0.05$). BK, TBK, SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu kontrol ekmekleri ifade etmektedir. B30, TB30, SB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir. B40, TB40, SB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir.

Çalışmada üretilen ekmek örneklerinin hacim değerleri incelendiğinde, farklı vakum koşullarının B30, B40 TB30, TB40, S30 ve S40 örnekleri üzerinde benzer özellikler gösterdiği belirlenmiştir ($p > 0.05$). Tüm örnekler arasında en düşük hacim değeri siyez buğdayı unundan elde edilen kontrol ekmeğinde (163.00 cm³); en yüksek hacim değeri ise tam buğday unu kullanılarak, 40 kPa vakum uygulamalarında elde edilen TB40 örneğinde (272.50 cm³) gözlenmiştir (Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6). Ekmek örnekleri üretildikleri un gruplarına göre kıyaslandığında, B30 ve B40 örnekleri birbirine yakın hacim değerlerine sahipken ($p > 0.05$), BK örneğinden belirgin derecede daha fazla hacim artışı gösterdikleri tespit edilmiştir ($p < 0.05$). TB30 ve TB40 örnekleri hacim artışı bakımından benzer özelliğe sahipken ($p > 0.05$), TBK örneği bu un grubunda en düşük hacim artışı gösteren uygulama olmuştur ($p < 0.05$). Diğer un kaynağı olarak siyez buğdayı kullanılan ekmekler kendi içinde kıyaslandığında, S30 ve S40 örnekleri birbirine yakın hacim artışı gösterirken ($p > 0.05$), SK örneği bu un kaynağında üretilen diğer ekmeklerden daha düşük ($p < 0.05$) hacim artışı göstermiştir (Tablo. 3.5)



Soldan sağa, 1. Ekmek: BK; 2. Ekmek: B30, 3. Ekmek: B40

Şekil 3.1: Ekmeklik buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin genişlik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü.



Soldan sağa, 1. Ekmek: BK; 2. Ekmek: B30, 3. Ekmek: B40

Şekil 3.2: Ekmeklik buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin yükseklik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü.



Soldan sağa, 1. Ekmek: TBK; 2. Ekmek: TB30, 3. Ekmek: TB40

Şekil 3.3: Tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin genişlik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü.



Soldan sağa, 1. Ekmek: TBK; 2. Ekmek: TB30, 3. Ekmek: TB40

Şekil 3.4: Tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin yükseklik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü.



Soldan sağa, 1. Ekmek: SBK; 2. Ekmek: SB30, 3. Ekmek: SB40

Şekil 3.5: Siyez buğdayı unu kullanılarak üretilen ekmeklerin genişlik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü.



Soldan sağa, 1. Ekmek: SBK; 2. Ekmek: SB30, 3. Ekmek: SB40

Şekil 3.6: Siyez buğdayı unu kullanılarak üretilen ekmeklerin yükseklik ile hacimsel kıyaslamalı görüntüsü.

Ekmek hacmi, ekmek kalitesi için önemli bir değerlendirme parametresidir (Tronsmo ve diğ., 2003; Sliwinski ve diğ., 2004).

Bulut (2012), yapmış olduğu çalışmada fırıncılık ürünlerinde gözlemlenen hacim artışlarının ürünlerin yapımı sırasında kullanılan unun protein ve gluten içeriğinin ve kalitesinin etkisi olduğunu, un içerisinde bulunan protein ve glutenin kalitesinin yüksek olması sonucunda mayalanma ile açığa çıkan CO₂'in hamurun

içerisinde tutulabilmesi için gerekli olan ağ yapısının kuvvetleneceğini ve bu sayede oluşan ürünler yüksek hacimli olacağını belirtmiştir.

Siyez buğdayından elde edilen unun, ekmeklik buğdaydan elde edilen una kıyasla daha fazla protein miktarı içermesine rağmen gluten kuvvetinin düşük olması sebebiyle, siyez unu kullanılarak yapılan fırıncılık ürünlerinde ölçülen hacim değerleri daha düşük ölçülmektedir (Anonim, 2016). Bu tez çalışmasındaki hacim ile ilgili bulgular da literatürle uyumludur.

Kang ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmada aynı hammaddeler kullanılarak daha büyük hacimli olarak elde edilen ekmeklerin yapılarının daha yumuşak olduğunu, sertlik, çignenebilirlik ve yapışkanlık değerlerinin düşmesi sonucu daha yumuşak yapıda ekmeklerin meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Keçeli ve diğ. (2021) çalışmalarında belirli oranlarda siyez ve buğday ununu karıştırarak ekmekler elde etmişlerdir. %100 buğday ve %100 siyez unundan da ekmek elde ettikleri bu çalışmada, ekmeklerin hacimlerini kıyasladıklarında en düşük hacimli ekmeğin %100 siyez unu ile üretilen ekmek olduğunu gözlemlemişlerdir. Keçeli ve diğ. (2021)'daki bulgu bu çalışmanın bulgularıyla uyumludur.

Son fermantasyonda vakum uygulamasıyla hamurların daha hızlı hacim kazanmasında ortamdaki vakumun yani negatif basıncın etkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim çalışmada, ekmekler vakum fermantasyon kabine yerleştirip vakum uygulandığı ilk anda hamur hacimlerinde önemli bir yükselme olduğu gözlenmiştir. Bu sayede fermantasyonda oluşan karbondioksit gazının da boşluklarda kendine daha rahat yer bulduğu ve pişme sonrasında da vakum ortamında fermente edilen ekmeklerde hacim ve spesifik hacim değerlerinin yüksek çıktığı düşünülmektedir.

Gao ve diğ. (2018), yaptıkları çalışmada ekmek üretimi esnasında karıştırma işlemini vakum karıştırma metodu ile gerçekleştirmişlerdir. Normal şartlar altında 7 dakika karıştırma işlemi uyguladıkları kontrol ekmeğinin spesifik hacim değerini 3.34 bulurken, 0,04 mPa vakum değeri uygulayarak karışımı sağlanan ekmeğin spesifik hacim değerini 3.35 olarak ölçmüşlerdir. Çalışmada, vakum karıştırma

işleminin ekmeğin spesifik hacim değerinde kayda değer bir değişiklik sağlamadığı gözlemlenmiştir.

Şimşek (2020), yaptığı çalışmada buğday unu ile ürettiği ekmeklere hem geleneksel pişirme hem de vakum pişirme yöntemi uygulayarak spesifik hacim değerlerini ölçmüştür. Kontrol ekmeği olarak adlandırdığı standart pişirme sonrası ölçtüğü spesifik hacim değerini 1.44 bulurken, 60 kPa vakum uygulamalarında pişirdiği ekmeğin spesifik hacim değerini 1.53 olarak belirlemiştir. Vakum pişirme yöntemi ekmeğin hacminde belirgin bir artışa sebep olmuştur. Bu tez çalışmasında da fermantasyonda vakum yönteminin ekmeğin spesifik hacim değerlerinde artışa neden olduğu bulunmuştur. Uygulanan vakum değeri arttıkça pişen ekmeklerde ölçülen hacim değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Bu sonucun; fermantasyonla oluşan gaz kabarcıklarının vakum etkisi ile genleşen hamurda normal şartlara göre daha rahat yayılması ve vakum etkisiyle genleşen hamurun pişme esnasında da şeklini muhafaza etmesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

3.2.5 Üretimde kullanılan ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unlarının renk değerleri

Çalışmada kullanılan ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unlarının renk (L^* , a^* , b^*) değerleri Tablo 3.6' da verilmiştir.

Tablo 3.6: Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unlarının renk (L^* , a^* , b^*) değerleri.

	L^*	a^*	b^*
Ekmeklik Buğday Unu	73.67 ± 0.26^a	-0.01 ± 0.01^c	10.99 ± 0.02^b
Tam Buğday Unu	70.39 ± 0.40^b	0.50 ± 0.01^b	9.95 ± 0.03^c
Siyez Buğdayı Unu	66.74 ± 0.12^c	1.44 ± 0.03^a	12.04 ± 0.02^a

Aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler her bir un grubun kendi aralarındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($p < 0.05$)

Renk ölçümlerinde belirlenen L^* değeri; koyuluk (0) ve açıklık (100) arasındaki aydınlık derecesini, a^* değeri; (+) kırmızılık veya (-) yeşilliği, b^* değeri ise; (+) sarılık veya (-) maviliği ölçmektedir (Ertop, 2014).

Unların renk değerleri incelendiğinde; buğday ununun en yüksek L^* değerine sahip olduğu görülmüşken en düşük L^* değerini siyez unu göstermiştir. Yani en açık renkli un buğday unu, en koyu renkli un siyez unu olarak gözlemlenmiştir (Şekil 3.7).



Soldan sağa, 1. Un: Buğday unu, 2. Un: Tam buğday unu, 3. Un: Siyez unu

Şekil 3.7: Buğday, tam buğday ve siyez unu.

En yüksek b^* değeri yani sarılık rengi siyez ununda görülmüştür. Kırmızılık değeri olan a^* değerinde ise en düşük değeri buğday unu en yüksek değeri de siyez unu vermiştir.

Özgören ve Işık (2023), çalışmalarında buğday ununun renk değerlerini (L^* , a^* , b^*) sırasıyla 76.35, 3.98, 6.03; siyez ununun renk değerlerini (L^* , a^* , b^*) sırasıyla 70.36, 5.14, 6.14 olarak tespit etmişlerdir. Tez çalışmasındaki renk ölçüm değerleriyle kıyaslandığında, literatürde elde edilen değerler b^* değeri dışında yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin unların elde edildiği buğday türlerinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Bu sonucun, unların elde edildiği buğdaylardaki pigment çeşidi ve miktarlarındaki farklılıklarla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Žilić ve diğ., 2021).

Dirim ve diğ. (2014), buğday, nohut, soya, barbunya, mercimek, keçiyoynuzu ve bezelye ununun renk değerlerini (L^* , a^* , b^*) ölçmüş, buğday ununun değerlerini sırasıyla 95.06, 0.10, 8.70 olarak tespit etmişlerdir. Tez çalışmasındaki renk ölçüm değerleriyle kıyaslandığında, literatürde elde edilen değerler b^* değeri dışında

yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin unların elde edildiği buğday türlerinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

3.2.6 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde dış renk (L^* , a^* , b^*) değerleri

Ekmek üretiminde son fermantasyon aşamasında farklı vakum koşulları uygulamasının ekmeklik buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmeklerin dış renk (L^* , a^* , b^*) değerleri üzerine etkisi Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7: Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarıyla üretilmiş ekmeklerin dış renk (L^* , a^* , b^*) değerleri.

	L^*	a^*	b^*
BK	48.44 ± 0.17 ^{Ab}	9.21 ± 0.08 ^{Ba}	17.03 ± 0.31 ^{Aa}
B30	47.34 ± 0.47 ^{Ba}	9.15 ± 0.07 ^{Ba}	16.63 ± 0.29 ^{Ba}
B40	47.62 ± 0.54 ^{ABa}	9.07 ± 0.11 ^{Ba}	16.57 ± 0.27 ^{Ba}
TBK	37.07 ± 0.49 ^{Da}	8.45 ± 0.19 ^{Ca}	13.19 ± 0.32 ^{Ca}
TB30	38.55 ± 0.52 ^{Ca}	8.41 ± 0.20 ^{Ca}	13.32 ± 0.27 ^{Ca}
TB40	38.68 ± 0.50 ^{Ca}	8.23 ± 0.27 ^{Da}	12.67 ± 0.30 ^{Da}
SBK	32.64 ± 0.55 ^{Ea}	10.74 ± 0.13 ^{Aa}	12.24 ± 0.16 ^{DEa}
SB30	33.09 ± 0.55 ^{Ea}	10.59 ± 0.15 ^{Aa}	12.46 ± 0.13 ^{Ea}
SB40	33.56 ± 0.51 ^{Ea}	10.49 ± 0.20 ^{Aa}	12.31 ± 0.11 ^{Ea}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle (A, B, C, ...) gösterilen değerler tüm ekmek çeşitleri arasındaki, aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler her bir un grubu ekmeklerinin kendi aralarındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (p<0.05). BK, TBK, SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu kontrol ekmekleri ifade etmektedir. B30, TB30, SB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir. B40, TB40, SB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir.

Ekmeklerin dış renk değerleri incelendiğinde; BK'nın en yüksek L^* değerine (48.44) sahip olduğu görülmüşken en düşük L^* değerini SBK (32.64) göstermiştir. Yani en koyu dış renk SB30 ve SB40 örnekleriyle benzer olmakla birlikte SBK örneğine aittir. En yüksek b^* değeri (17.03) yani sarılık rengi BK'da görülmüştür. Kırmızılık değeri olan a^* değerinde ise en düşük değeri TB40 (8.23), en yüksek değeri de SBK (10.74) vermiştir (Şekil 3.1, Şekil 3.3, Şekil 3.5).

Ekmeklik un, tam buğday unu ve siyez unu ile üretilmiş ekmeklerde L^* , a^* , b^* değerlerinde bakıldığında vakum uygulaması ile fermente edilmiş ekmeklerin L^* , a^* , b^* değerlerinde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Yılmaz (2017), yaptığı çalışmada buğday ekmeğinde L^* , a^* , b^* kabuk renk değerlerini sırasıyla 59.25, 8.13, 25.03 olarak ölçmüştür. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* ve b^* değerleri literatüre göre düşük, a^* değeri ise yüksek bulunmuştur. Çalışma metoduna bakıldığında geleneksel fermantasyon yöntemi kullanıldığı gözlemlenmiştir. Renk değerlerinde saptanılan farkın sebebi olarak, ekmek üretiminde kullanılan hammadde ve oranlarının (un, ayçiçek yağı, süt vb.) etkisinin yanında fırın sıcaklığı (200°C) ve pişirme süresi (60 dk) verilebilir.

Cingöz ve diğ. (2022), buğday ekmeğinde L^* , a^* , b^* kabuk renk değerlerini sırasıyla 65.30, 7.96, 30.81 olarak ölçmüştür. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* ve b^* değerleri literatüre göre düşük, a^* değeri ise yüksek bulunmuştur. Renk değerlerinde gözlemlenen farkın sebebi olarak, hammadde renk değerlerindeki farklılıklar, pişirme işleminde uygulanan sıcaklık (230°C), pişirme süresi (15 dk) ve kullanılan fırının konveksiyonlu buharlı fırın olması verilebilir.

Bàrcenas ve diğ., (2010), hazırladıkları ekmek hamurlarını eşit parçalara bölüp polietilen paketlere koyarak 0, 50, 100 ve 200 mPa değerinde vakum uygulayıp, pişirdikleri ekmeklerin kabuk renk değerlerini ölçmüşlerdir. En düşük L^* değeri (49.87) kontrol ekmeğinde gözlemlenmiş olup en yüksek değer ise 50 mPa vakum etkisine maruz bırakılmış olan ekmekte (52.03) gözlemlenmiştir. a^* değerleri incelendiğinde 50 mPa vakum etkisine maruz bırakılmış olan ekmekte 9.59 olarak gözlemlenmiş olup, tez çalışmasında bulunan a^* değerleri ile benzerlik göstermiştir. b^* değerleri incelendiğinde 100 mPa vakum etkisine maruz bırakılmış olan ekmekte 17.79 olarak gözlemlenmiş olup, tez çalışmasında bulunan b^* değerlerine yakın bir değer olduğu gözlemlenmiştir.

Tuluk (2017), yaptığı çalışmada ekmeklik buğday unundan elde ettiği kontrol ekmeğinin L^* , a^* , b^* kabuk renk değerlerini sırasıyla 83.05, 5.72, 16.77 olarak ölçmüştür. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* değeri literatüre göre düşük, a^* değeri yüksektir. Ekmeklik buğday unu ile elde edilen ekmeklerin b^*

değeri ise literatür ile uyumludur. L^* ve a^* değerlerinde gözlenen farkın sebebi, pişirme işleminin 200°C’de 17 dakikada gerçekleşmesi olarak verilebilir.

Cansız ve diğ. (2020), yaptıkları çalışmada tam buğday ekmeğinde ölçtükleri L^* , a^* , b^* kabuk renk değerlerini sırasıyla 54.81, 8.12, 32.69 olarak ölçmüşlerdir. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* ve b^* değerleri literatüre göre düşük a^* değeri ise benzer değerlerde bulunmuştur. Yapılan çalışmada renk değerlerinde gözlemlenen farklı değerlerin sebepleri olarak; kullanılan hammaddeler ve yardımcı maddeler ile üretimde uygulanan yöntem farklılıkları verilebilir.

Cingöz ve diğ. (2022), kabuk renk değerlerini ölçtükleri çalışmalarında kepek miktarı arttıkça L^* değerinde düşüş gözlemlenmişler ve ekmeklerin koyulaştığını görmüşlerdir. Bu durum, yapılan tez çalışmasında kepek oranı yüksek olan tam buğday unu ve siyez unu ile üretilen ekmeklerin daha koyu renge sahip olduğu sonucunu desteklemektedir.

Bircan ve diğ. (2017), çalışmalarında tam buğday unu ile elde edilen ekşi mayalı ekmeğin L^* değerini 72.6 olarak ölçmüşlerdir. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* değeri literatüre göre düşük bulunmuştur. Literatürdeki çalışma incelendiğinde fermantasyon işleminin 40°C’de 120 dakika, pişirme işleminin ise 200°C’de 25-30 dakikada gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Çalışmalardaki L^* değerleri arasındaki farklılıkların bu üretim koşullarından ve kullanılan tam buğday unlarındaki farklılıklardan (buğday türü, pigment çeşit ve oranları, vb.) kaynaklandığı düşünülmüştür.

Çakır (2020), yaptığı çalışmada siyez unu ile ürettiği ekmeklerde L^* , a^* , b^* kabuk renk değerlerini sırasıyla 51.07, 13.32, 25.17 olarak ölçmüşlerdir. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* , a^* , b^* değerleri literatüre göre düşük bulunmuştur. Yapılan çalışmada hazırlanan ekmek hamurları 190°C’de 40 dakika pişirilmiştir. Çalışmada üretilen ekmeklerin açık renkte olmasının, pişirme sıcaklığının düşük olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmüştür.

Atasoy (2021), yaptığı çalışmada siyez kepeği eklenmiş un ile ürettiği ekmeklerde L^* , a^* , b^* kabuk renk değerlerini sırasıyla 60.31, 14.52, 22.65 olarak ölçmüştür.

Hidalgo ve diğ. (2011), yaptıkları çalışmada tam buğday ekmeğinde L^* , a^* , b^* kabuk renk değerlerini sırasıyla 58.6, 8.0, 27.5 olarak ölçmüşlerdir. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* ve b^* değerleri literatüre göre düşük bulunmuşken, a^* değeri yakın bulunmuştur.

Çalışmada bulunan dış renk sonuçları literatür bulgularıyla karşılaştırıldığında genel olarak bazı değerlerde benzerlikler bazı değerlerde de farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların; ekmeklerin pişirme koşulları farklılıklarından (sıcaklık, süre, fırın çeşidi vb.) ve hammadde özelliklerinden (hammadde çeşitliliği, buğday çeşidi, kepek oranı, vb.) kaynaklandığı söylenebilir.

3.2.7 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde iç renk (L^* , a^* , b^*) değerleri

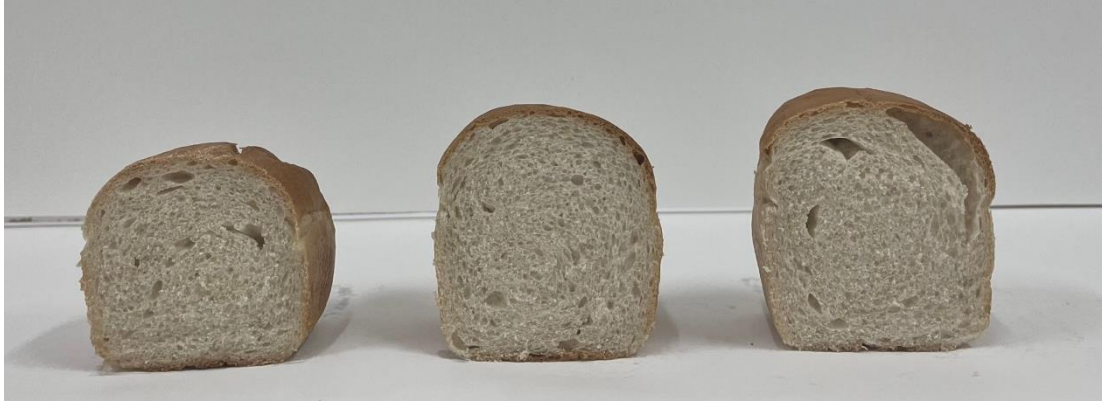
Ekmek üretiminde son fermantasyon aşamasında farklı vakum koşulları uygulamasının ekmeklik buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmeklerin iç renk (L^* , a^* , b^*) değerleri üzerine etkisi Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.8: Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğday unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin iç renk (L^* , a^* , b^*) değerleri.

	L^*	a^*	b^*
BK	70.53 ± 0.41 ^{Aa}	0.72 ± 0.15 ^{Ca}	12.85 ± 0.03 ^{Ba}
B30	69.84 ± 0.37 ^{ABa}	0.69 ± 0.02 ^{Ca}	12.47 ± 0.06 ^{Ba}
B40	69.59 ± 0.43 ^{Ba}	0.66 ± 0.05 ^{Ca}	12.54 ± 0.04 ^{Ba}
TBK	46.38 ± 0.49 ^{Ca}	3.96 ± 0.03 ^{Ba}	11.56 ± 0.13 ^{Ca}
TB30	45.11 ± 0.54 ^{CDa}	4.16 ± 0.02 ^{Ba}	11.70 ± 0.07 ^{Ca}
TB40	45.50 ± 0.47 ^{Da}	4.03 ± 0.04 ^{Ba}	11.69 ± 0.05 ^{Ca}
SBK	36.22 ± 0.14 ^{Ea}	4.63 ± 0.10 ^{Aa}	14.54 ± 0.09 ^{Aa}
SB30	35.47 ± 0.09 ^{Ea}	4.48 ± 0.09 ^{Aa}	14.62 ± 0.23 ^{Aa}
SB40	35.72 ± 0.16 ^{Ea}	4.52 ± 0.10 ^{Aa}	14.84 ± 0.40 ^{Aa}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle (A, B, C, ...) gösterilen değerler tüm ekmek çeşitleri arasındaki, aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler her bir un grubu ekmeklerinin kendi aralarındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (p<0.05). BK, TBK, SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu kontrol ekmekleri ifade etmektedir. B30, TB30, SB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir. B40, TB40, SB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir.

Ekmeklerin iç renk değerleri incelendiğinde; BK'nın en yüksek L^* değerine (70.53) sahip olduğu görülmüşken en düşük L^* değerini SB30 (35.47) göstermiştir. Yani en koyu renk SB30 örneğine aittir. Kırmızılık değeri olan a^* değerinde en düşük değeri B40 (0.66) verirken, en yüksek değeri SBK (4.63) vermiştir. En yüksek b^* değeri (12.85) yani sarılık rengi BK'da, en düşük b^* değeri TBK'da görülmüştür. Ekmeklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin kendi un grubu içinde benzer ($p>0.05$) oldukları bulunmuştur (Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10).



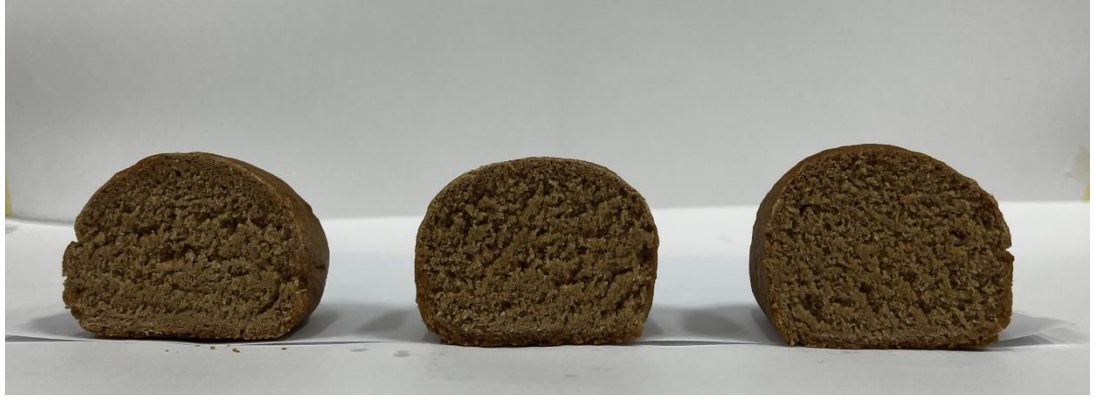
Soldan Sağa, 1. Ekmek: BK; 2. Ekmek: B30; 3. Ekmek: B40

Şekil 3.8: Ekmeklik buğday unlu ekmeklerin iç kesitleri.



Soldan Sağa, 1. Ekmek: TBK; 2. Ekmek: TB30; 3. Ekmek: TB40

Şekil 3.9: Tam buğday unlu ekmeklerin iç kesitleri.



Soldan Sağa, 1. Ekmek: SBK; 2. Ekmek: SB30; 3. Ekmek: SB40

Şekil 3.10: Siyez buğdayı unlu ekmeklerin iç kesitleri.

Ekmeklerde iç renk değeri ekmek formülasyonundan etkilenmekte olup hammaddelere göre renk değerleri değişim göstermektedir (Olapade ve Adetuyi, 2007).

Hançer ve diğ. (2022), buğday ekmeğinde L^* , a^* , b^* iç renk değerlerini sırasıyla 71.09, -1.90, 19.0 olarak ölçmüştür. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* değerleri birbirine yakın, b^* değeri literatüre göre düşük, a^* değeri ise yüksek bulunmuştur.

Polat (2007), buğday ekmeğinde L^* , a^* , b^* iç renk değerlerini sırasıyla 80.25, -0.82, 9.18 olarak ölçmüştür. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* değeri düşük, a^* ve b^* değerleri literatüre göre yüksek bulunmuştur. Yapılan çalışmada, pişirme işleminin tünel fırında 235, 253, 194, 190°C’de değişen sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi, renk değerleri arasında oluşan farkı açıklamaktadır.

Türkoğlu (2022), buğday unundan elde ettiği kontrol ekmeğinde L^* , a^* , b^* iç renk değerlerini sırasıyla 59.63, -1.31, 12.34 olarak ölçmüştür. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* ve a^* değerleri yüksek, b^* değeri ise literatür değeriyle benzer bulunmuştur.

Özerdem (2018), buğday unundan elde ettiği kontrol ekmeğinde L^* , a^* , b^* iç renk değerlerini sırasıyla 64.56, 10.67, 34.96 olarak ölçmüştür. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* değeri yüksek, a^* ve b^* değerleri düşük bulunmuştur

Cingöz ve diğ. (2022), farklı kepek fraksiyonları ile elde ettikleri ekmeklerde, buğday unu kullanarak ürettikleri kontrol ekmeğinin L^* , a^* , b^* iç renk değerlerini sırasıyla 75.45, -1.01, 14.41 olarak ölçmüştür. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* ve b^* değeri düşük, a^* değeri ise yüksek bulunmuştur. Çalışmada eklenen kepek oranı arttıkça L^* değerlerinde düşüş a^* değerlerinde ise yükselme gözlenmiştir. Tez çalışmasında da kepek oranının artmasıyla L^* değerinde düşüş ve a^* değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Boz ve Karaoğlu (2013), yaptıkları çalışmada tam buğday ekmeğinde L^* , a^* , b^* iç renk değerlerini sırasıyla 53.75, 6.21, 21.32 olarak ölçmüşlerdir. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* değeri literatüre göre yüksek bulunmuşken, a^* ve b^* değeri düşük bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda iç renk değerlerinde gözlemlenen farklılıkların sebepleri olarak kullanılan unların buğdaylarının farklılıkları ve literatürde maya olarak ekşi maya kullanılması verilebilir (Olapade ve Adetuyi, 2007).

Cansız ve diğ. (2020), yaptıkları çalışmada tam buğday ekmeğinde ölçtükleri L^* , a^* , b^* iç renk değerlerini sırasıyla 66.61, -1.42, 23.96 olarak ölçmüşlerdir. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında a^* değeri literatüre göre yüksek, L^* ve b^* değerleri ise düşük değerlerde bulunmuştur. Değerlerde oluşan değişimin sebebinin kepek oranından ve kepeğin içerdiği renk pigmentlerinden kaynaklandığı söylenilebilir. Yapılan çalışmada renk değerlerinde gözlemlenen farklı değerlerin sebepleri olarak kullanılan hammaddeler ve yardımcı maddeler ile üretimde uygulanan yöntem farklılıkları da verilebilir (Olapade ve Adetuyi, 2007).

Bircan ve diğ. (2017), çalışmalarında tam buğday unu ile elde edilen ekşi mayalı ekmeğin L^* değerini 69.6 olarak ölçmüşlerdir. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* değeri literatüre göre düşük bulunmuştur.

Rwubitse ve diğ. (2021), yaptıkları çalışmada tam buğday unu ile elde ettikleri hamurlara 60 ve 120 dakikalık fermantasyon işlemi uygulamış ve pişen ekmeklerin L^* , a^* , b^* iç renk değerlerini sırasıyla 71.77, 7.63, 21.43; 74.37, 8.65, 24.37 olarak ölçmüşlerdir. Çalışmada fermantasyon süresi arttığında iç rengi açık ekmekler elde edilmiştir. Mevcut çalışmada da fermantasyon süresi daha uzun olan kontrol örneklerinde L^* değerleri vakum fermantasyon uygulanan ekmeklerden bir

miktar yüksek çıkmış olsa da bu sonuç istatistiksel anlamda önemli farklılık oluşturmamıştır ($p>0.0$).

Çakır (2020), yaptığı çalışmada siyez unu ile ürettiği ekmeklerde L^* , a^* , b^* iç renk değerlerini sırasıyla 54.62, 6.32, 23.58 olarak ölçmüştür. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* , a^* , b^* değerleri literatüre göre düşük bulunmuştur.

Atasoy (2021), yaptığı çalışmada siyez kepeği ile ürettiği ekmeklerde L^* , a^* , b^* iç renk değerlerini sırasıyla 62.68, 6.40, 18.53 olarak ölçmüştür. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* , a^* , b^* değerleri literatüre göre düşük bulunmuştur.

Durmuş (2022), yaptığı çalışmada %0.75 malt unu ikameli siyez buğdayı unlu ekmeklerde L^* , a^* , b^* iç renk değerlerini sırasıyla 72.32, 2.32, 17.40 olarak ölçmüştür. Tez çalışmasında elde edilen değerlere bakıldığında L^* , a^* , b^* değerleri literatüre göre düşük bulunmuştur.

Literatürler incelendiğinde, iç renk değerlerinde oluşan farkların, buğdaya bağlı özelliklere (buğday çeşidi, buğday türü, yetiştirme koşulları, vb.), unda bulunan kepek miktarına ve fermantasyon süresine bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği görülmüştür. Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu ile üretilen ekmekler kendi un grupları içerisinde incelendiğinde ise vakum şartlarının, ekmeklerin iç renk değerleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı farklar oluşturmadığı gözlemlenmiştir.

3.2.8 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde tekstür değerleri

Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu ile elde edilmiş ekmeklerin pişirildikten 2 saat sonra tekstür analizleri yapılmış sertlik, dış ve iç yapışkanlık, yaylanabilirlik, sakızimsılık ve çignenebilirlik değerleri belirlenmiş olup sonuçlar Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9: Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı son fermantasyon koşullarında üretilmiş ekmeklerin tekstür değerleri.

Ekmek çeşidi	Sertlik (N)	Dış Yapışkanlık (mJ)	İç Yapışkanlık	Yaylanabilirlik (mm)	Sakızimsılık (N)	Çiğnenebilirlik (mJ)
BK	6.29 ± 0.46 ^{Da}	0.037 ± 0.04 ^{Ba}	0.61 ± 0.11 ^{BCb}	6.92 ± 0.35 ^{Aba}	4.22 ± 0,28 ^{Da}	29.30 ± 3.11 ^{Ca}
B30	4.60 ± 0.53 ^{DEc}	0.015 ± 0.02 ^{Ba}	0.76 ± 0.03 ^{Aa}	7.20 ± 0.13 ^{Aa}	3.33 ± 0,35 ^{DEFc}	23.44 ± 1.27 ^{CDb}
B40	3.65 ± 0.27 ^{Eb}	0.015 ± 0.03 ^{Ba}	0.73 ± 0.04 ^{ABa}	7.30 ± 0.18 ^{Aa}	2.69 ± 0,21 ^{Fa}	19.66 ± 1.73 ^{Db}
TBK	6.36 ± 0.30 ^{Da}	0.037 ± 0.33 ^{Ba}	0.57 ± 0.07 ^{Ca}	6.00 ± 0.62 ^{CDa}	3.72 ± 0,21 ^{DEa}	19.83 ± 1.39 ^{Da}
TB30	5.33 ± 0.38 ^{DEb}	0.037 ± 0.05 ^{Ba}	0.65 ± 0.01 ^{ABCa}	6.64 ± 0.17 ^{ABCa}	3.40 ± 0,18 ^{DEFab}	20.92 ± 1.19 ^{Da}
TB40	4.82 ± 0.22 ^{DEb}	0.00 ± 0.01 ^{Ba}	0.62 ± 0.03 ^{BCa}	6.49 ± 0.16 ^{BCa}	3.17 ± 0,18 ^{EFb}	19.38 ± 1.23 ^{Da}
SBK	23.58 ± 1.30 ^{Aa}	0.14 ± 0.01 ^{Aa}	0.53 ± 0.04 ^{Ca}	6.00 ± 0.39 ^{CDa}	12.12 ± 0,85 ^{Aa}	69.70 ± 1.51 ^{Aa}
SB30	18.51 ± 0.97 ^{Bb}	0.14 ± 0.03 ^{Aa}	0.56 ± 0.01 ^{Ca}	5.75 ± 0.15 ^{DEa}	10.52 ± 0,42 ^{Bb}	60.90 ± 1.77 ^{Bb}
SB40	16.20 ± 1.15 ^{Cc}	0.13 ± 0.02 ^{Aa}	0.54 ± 0.02 ^{Ca}	5.09 ± 0.11 ^{Eb}	8.79 ± 0,31 ^{Cc}	56.56 ± 5.78 ^{Bb}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle (A, B, C, ...) gösterilen değerler tüm ekmek çeşitleri arasındaki, aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler her bir un grubu ekmeklerinin kendi aralarındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (p<0.05). BK, TBK, SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu kontrol ekmekleri ifade etmektedir. B30, TB30, SB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir. B40, TB40, SB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir.

Fırın ürünlerinde tazelik algısı olarak yorumlanan sertlik; örneğin sıkıştırıldığı anda gerekli olan fiziksel deformasyon için gereken maksimum güç seviyesidir ve duyuşal olarak da ön dişler arasındaki maddeyi sıkıştırmak için gereken güç olarak tanımlanmaktadır. Tekstür profili analizinde ise ilk sıkıştırmının bitip geri çekilmenin başladığı noktaya karşılık gelmektedir. Gıdalar sertlik değerlerine göre yumuşak, sıkı veya sert olarak sınıflandırılmaktadır (Gerçekaslan ve diğ. 2007; Göksel, 2011).

Ekmek içi sertlik değerinin düşük olması; ekmek içinin yumuşak ve elastik özelliklerde olduğu, ekmek içi sertlik değerinin yüksek olması ise; ekmek içinin sert ve katı özelliklerde olduğu anlamına gelmektedir (Gerçekaslan, 2007; Seçen, 2016)

Yapılan analizler sonucunda 9 örnek arasında en sert özelliği SBK örneği göstermiştir. Sertlik değerinin en düşük gözlemlendiği örnek ise B40 örneğidir. Ekmekler un gruplarına göre kendi içlerinde kıyaslandıklarında ise ticari yöntemle son fermantasyona bırakılan kontrol örneklerinin, vakum ortamında son fermantasyona bırakılan ekmeklerden anlamlı derecede yüksek sertlik değerine sahip oldukları görülmüştür.

Yapışkanlık, birinci ısırık için negatif güç alanı olarak tanımlanır ve bir gıdanın yüzeyi ile gıdanın temas ettiği diğer malzemelerin yüzeyi arasındaki çekici kuvvellerin üstesinden gelmek için gereken işi temsil eder, yani sıkıştırma probunu numuneden uzağa çekmek için gereken toplam kuvvettir (Gerçekaslan, 2007; Seçen, 2016).

Çalışmada, siyez unuyla üretilmiş olan ekmeklerin yapışkanlık değerlerinin diğer ekmeklerden önemli derecede yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar un grupları bazında incelendiğinde son fermantasyondaki vakum uygulamasının ekmeklerin yapışkanlık değerleri üzerinde önemli etkisinin olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür.

İç yapışkanlık, maddenin ilk deformasyondaki dirence göre ikinci bir deformasyona ne kadar iyi dayanabileceğini göstermektedir. Fiziksel anlamda ise iç bağların dayanma gücünün bir göstergesidir. Her iki çevrim için de sıkıştırmanın olmadığı alanlar hariç, ikinci sıkıştırma anındaki pozitif güç alanının birinci

sıkıştırımadaki alana oranı olarak (Alan 2/Alan 1) tanımlanmaktadır (Gerçekaslan, 2007; Seçen, 2016).

Yapılan analizler sonucunda 9 örnek arasında en düşük iç yapışkanlık değerini SB30, en yüksek iç yapışkanlık değerini ise B40 göstermiştir. Un grupları kendi içinde kıyaslandığında BK örneğinin iç yapışkanlık değerinin son fermantasyonda vakum uygulaması yapılan B30 ve B40'dan önemli derecede ($p<0.05$) düşük olduğu görülmüştür. Tam buğday ve siyez unundan elde edilen ürünler kendi un grupları içerisinde karşılaştırıldığında ise son fermantasyonda vakum uygulamasının iç yapışkanlık değerine önemli bir etkide bulunmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır.

Yaylanma, gıdanın ilk ısırmanın sonu ile ikinci ısırmanın başlangıcı arasında geçen süre boyunca toparlandığı yükseklikle ilişkilidir.. Elastikiyet olarak da bilinir. Birimi yoktur (Anonim, 2021).

Yapılan analizler sonucunda 9 örnek arasında en düşük yaylanabilirlik değerini SB40, en yüksek yaylanabilirlik değerini ise B40 göstermiştir. Ekmeklik buğday ve tam buğday unlu ekmekler kendi un grupları içinde kıyaslandığında istatistiksel olarak benzer ($p>0.05$) bulunmuşlardır. Siyez grubu ekmekler kendi aralarında kıyaslandığında SB40 örneğinin diğerlerinden önemli derecede ($p<0.05$) düşük yaylanabilirlik değeri verdiği görülmüştür.

Sakızımsılık, sertlik x iç yapışkanlık (hardness x cohesiveness) çarpımı olarak tanımlanır. Sakızımsılık, düşük sertlik derecesine ve yüksek derecede iç yapışkanlığa(cohesiveness) sahip yarı katı yiyeceklerin bir özelliğidir (Gerçekaslan, 2007; Seçen, 2016).

Yapılan analizler sonucunda 9 örnek arasında en düşük sakızımsılık değerini B40, en yüksek sakızımsılık değerini SBK göstermiştir.

Çiğnenebilirlik, sakızımsılık x yaylanabilirlik (sertlik x iç yapışkanlık x yaylanabilirlik) çarpımına eşittir. Bu nedenle bu parametrelerden herhangi birinin değişmesinden etkilenir. Çiğnenebilirlik, katı yiyecekleri çiğnemek için gereken enerji cinsinden ölçülür. Tam olarak ölçülmesi en zor olan özelliktir. Çünkü çiğneme, vücut sıcaklıklarında tükürükle yeterli yağlama ile birlikte sıkıştırma,

kesme, delme, sürtünme, yırtma ve makaslama içerir (Gerçekaslan, 2007; Seçen, 2016).

Yapılan analizler sonucunda siyez grubu ekmeklerin çiğnenebilirlik değerlerinin diğerlerinden önemli düzeyde ($p<0.05$) yüksek olduğu görülmüştür. En düşük çiğnenebilirlik değeri de B30, TBK, TB30, TB40 örnekleriyle benzerlik ($p>0.05$) göstermesinin yanında B40 rneğinde saptanmıştır.

Ekmeklik buğday unu ve siyez unu ile üretilen ekmekler kendi un grubu içinde fermantasyon yöntemi bazlı incelendiğinde vakum miktarı arttıkça sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde düşüş olduğu, bunun sonucunda daha yumuşak yapılı ekmekler meydana geldiği görülmüştür. Aynı ilişki sertlik değeri açısından tam buğday unlu ekmeklerde de gözlenmiş olsa da tam buğday unuyla elde edilen ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri benzer çıkmıştır.

Kang ve diğ. (2015), çalışmalarında büyük hacim yapısına sahip ekmeklerin yapılarının daha yumuşak olduğunu; sertlik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık değerlerinin düşmesi sonucu daha yumuşak yapıda ekmeklerin meydana geldiğini belirtmişlerdir. Mevcut çalışmada elde edilen bulgular Kang ve diğ. (2015)'de belirtilenlerle uyumludur.

Kotancılar ve diğ. (2006), çalışmalarında buğday unu ile ürettikleri ekşi hamurlu ekmeklere %0, %10, %20, %30 ekşi hamur ilavesi yaparak fermantasyon sürelerini 0, 5, 10, 15 saat olarak seçmişlerdir. İlave ettikleri ekşi hamur ve fermantasyon süresi arttıkça ekmekte görülen sertliğin arttığını gözlemlemişlerdir. En yumuşak ekmeği % 0 ekşi maya içeren ekmekler olarak bildirmişlerdir. Sertlik değerini fermantasyon süresine göre ilişkilendirdiklerinde 0. saatte 8.65 N, 5. saatte 10.47 N, 10. saatte 11.73 N ve 15. saatte 14.36 N olarak kaydedilmiştir. Yapılan tez çalışmasında da fermantasyon süresi düştükçe ekmek sertliğinin de düştüğü gözlemlenmiştir. Ancak bu çalışmadaki sertlik değerinde oluşan düşüşün vakum koşulları etkisinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Magda ve diğ. (2008), %72 randımanlı buğday unundaki lif değerini %0.87 olarak tespit etmiş olup ekmek formülasyonuna keçiboynuzu unu ilavesi arttıkça lif

içeriğinin arttığını, bu sebeple ekmeklerdeki sertlik değerinin de artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

İnce (2019), çalışmasında buğday ve tam buğday unlu ekmeklerde sertlik sertlik değerini ölçmüş ve bu işlem sonrasında tam buğday unlu ekmeğin sertlik değerini buğday unlu ekmekten yüksek bulmuştur. Tez çalışmasında da tam buğday unuyla elde edilen ekmeklerin sertlik değeri daha yüksek çıkmış olsa da bu sonuç istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Türkoğlu (2022), çalışmasında tam buğday unu ile ürettiği ekmeklerin sertlik, iç yapışkanlık, sakızimsılık değerlerini ölçmüş sonuçları sırasıyla 7.820 N, 0.68, 5.35 N olarak gözlemlemiştir. Tez çalışmasında belirlenen bu değerler düşük tespit edilmiştir.

Saka (2019), çalışmasında formülasyona farklı oranlarda yulaf kepeği eklediğinde ekmeklerde oluşan sertlik değerinin arttığını gözlemlemiş, bu durumun sebebini kepek oranındaki artışın ekmeklerin sertlik değerini arttırdığı şeklinde yorumlamıştır. Tez çalışmasında da benzer sonuçlar gözlemlenmiştir.

Grausgruber ve diğ. (2008) çalışmalarında siyez unundan elde ettikleri siyez unlu ekmeklerin sertlik değerini 31.9 N olarak tespit etmiştir. Tez çalışmasında üretilen siyez buğdayı unlu ekmeğin sertlik değeri, çalışmaya kıyasla düşük bulunmuştur.

Cansız ve diğ. (2020), çalışmalarında tam buğday unu kullanılarak ürettikleri ekmeklerin sertlik, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve esneklik değerlerini yüksek, yaylanabilirlik değerinin ise beyaz un ile üretilen ekmeklere göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun ekmek üretiminde kullanılan tam buğday ununun kepek içeriğinden kaynaklandığını düşünmüşlerdir.

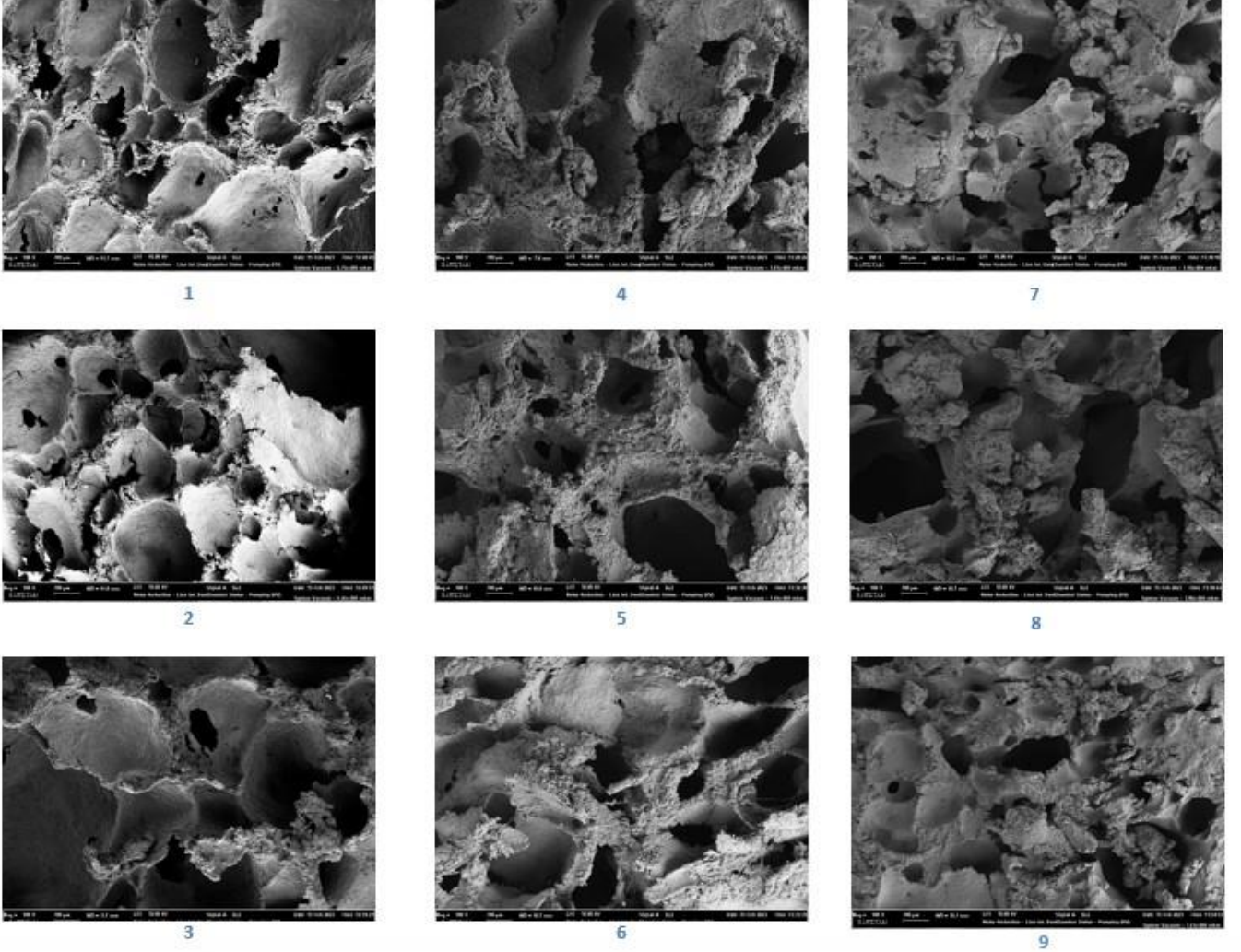
Shah ve diğ. (2006) katı yağ, şeker, tuz, kompres maya, su ve tam buğday unu formülasyonuna sahip ekmeklerde iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerini sırasıyla 0.21 ve 9.33 mJ olarak tespit etmişlerdir. Tez çalışmasında üretilen tam buğday unlu ekmeklerin değerleri yapılan çalışmaya göre yüksek bulunmuştur.

Scheuer ve diğ. (2015) çalışmalarında, tam buğday unu içeriği artan ekmek formülasyonlarında tespit ettikleri sertlik değerlerini, buğday unu içeriği artan ekmeklere kıyasla yüksek bulmuşlardır. Benzer bir çalışmada da (Blandino ve diğ., 2013) ekmek sertliği, beyaz (buğday) unun yerine buğday tanesi öğütme işleminin ara fraksiyonları ile yapılan tam ununun (tam buğday unu) kullanılmasıyla yüksek tespit edilmiştir. Scheuer ve diğ. (2015), tam buğday unu ile üretilmiş ekmekleri kendi içlerinde kıyasladığında modifiye mısır nişastasını oranının arttırıldığı ekmeklerde sertlik değerinin düştüğünü gözlemlemişlerdir.

Lomolino ve diğ. (2017), siyez unu-ekşi maya, siyez unu-ticari maya, buğday unu-ekşi maya, buğday unu-ticari maya kombinasyonu ile ürettikleri ekmeklerin sertlik değerlerini incelediklerinde siyez unu-ticari maya ile üretilen ekmeğin en sert olduğunu tespit etmişlerdir. Bu tez çalışmasında da siyez buğdayı unuyla üretilen ekmekler ekmeklik un ile üretilen ekmeklerden önemli derecede ($p < 0.05$) yüksek sertlik değeri vermişlerdir. Lomolino ve diğ. (2017) bu sonucu, siyez ununda bulunan glutenin, genleşme ve fermantasyon gazını tutma kabiliyetinin daha zayıf olmasıyla açıklamışlardır. Siyez unu ile elde edilen ekmekler kendi içlerinde kıyaslandığında ise ticari maya ile üretilen ekmeğin sertliği, ekşi maya ile üretilene kıyasla daha yüksek tespit edilmiştir.

3.2.9 Üç farklı un kullanılarak ve farklı son fermantasyon koşullarında üretilen ekmeklerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri

Ekmek numunelerinin iç yapıları için SEM mikrografları (100x) Şekil 3.11'de verilmiştir.



1: BK, 2: B30, 3: B40; 4: TBK, 5: TB30, 6: TB40; 7: SBK, 8: SB30, 9: SB40

Şekil 3.11: Farklı koşullarda son fermantasyon işlemi uygulanarak üretilen buğday, tam buğday ve siyez buğdayı unlu ekmeklerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri.

İç SEM mikrograflarına göre, buğday unlu örneklerin yapısı, tam buğday ve siyez buğdayı unlu örneklere göre daha üniform bir görüntü vermektedir.

Vakum koşullarında fermente edilen ekmeklerde gözenekler arası boşluk daha fazla görölmektedir. Bu durum vakum koşullarında fermente edilen ekmeklerin hacim olarak daha yüksek çıkmasını desteklemektedir.

Siyez unundan elde edilen ekmeklerde gözenek yapıları daha sıkı ve sık olarak gözlemlenmiştir. En büyük gözenek yapısı ise TB30 ve TB40 örneklerinde gözlemlenmiştir.

Buğday unundan elde edilen ekmeklerin gözenek yapısı daha pürüzsüz gözlemlenmişken, tam buğday ve siyez buğdayı unlu ekmeklerin gözenek yapıları daha pürüzlü gözlemlenmiştir. Bu durumun sebebinin tam buğday ve siyez ununun içerisinde bulunan kepek partiküllerinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Şimşek (2020), kısmi vakum pişirme uyguladığı glütensiz ekmek örneklerinin SEM görüntüleri sonucu kısmi vakum pişirme uyguladığı glütensiz ekmeklerde daha az gaz kabarcığı, bozulmuş nişasta granülleri gözlemlenmiştir. Kısmi vakum pişirme uyguladığı örneklerin rijit yapısının aksine kontrolde homojen ve kompakt bir yapı oluştuğunu gözlemlenmiştir. Kontrol ekmeğine kıyasla kısmi vakum pişirme uyguladığı ekmeklerin daha düşük yapışkanlık değeri göstermesinin sebebini, eksik jelatinizasyondan ve azaltılmış basınç nedeniyle sınırlı protein bozunmasından kaynaklanmış olabileceği şeklinde açıklamıştır.

Şimşek (2022), 220°C’de 20 dakika pişirdiği ekmeğin 220°C’de 15 dakikada pişirdiği ekmeğe göre daha düzgün ve geniş gözenekler sergilediğini gözlemlenmiştir. 220°C’de 15 dakikada pişirdiği ekmekte bu durumu gözlemleyemem sebebini gaz hücresi duvarlarının stabilizasyonu ile ilgili olabileceği şeklinde açıklamıştır. 220°C-15 dk/ 30 kPa-60 sn + 50 kPa-60 sn + 70 kPa-60 sn + 90 kPa-60 sn sıralaması ile kısmi vakum pişirme uyguladığı ekmeğin 220°C’de 20 dakika pişirdiği ekmek ve 220°C’de 15 dakikada pişirdiği ekmeğe kıyasla küçük ve dar gözeneklere sahip olduğunu gözlemlenmiştir. 220°C-15 dk/ 30 kPa-60 sn + 50 kPa-60 sn + 70 kPa-60 sn + 90 kPa-60 sn sıralaması ile kısmi vakum pişirme uyguladığı ekmeğinde nişasta granüllerinde pul benzeri yapı gözlemlenmiş ve bu duruma kademeli vakum düşüşü nedeniyle nişasta granüllerinden artan su sızıntısının sebep olabileceğini düşünmüştür. SEM görüntüleri sonucunda kısmi vakum pişirme uyguladığı ekmeğin

diğer iki ekmek örneğine kıyasla daha düzgün ve homojen bir yapı oluşturduğu sonucuna ulaşmıştır.

3.2.10 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayısı

Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu ile üretilen ekmeklerin farklı vakum koşullarında uygulanan son fermantasyon işlemine göre belirlenen toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı değerleri Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10: Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu, siyez buğdayı unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin TMAB değerleri (log kob/g).

Örnek	Yoğurma Sonrası	İlk Fermantasyon Sonrası	Ara Fermantasyon Sonrası	Son Fermantasyon Sonrası	Piştirme Sonrası
BK	4.06 ± 0.01 ^{Aa}	4.28 ± 0.37 ^{Aa}	5.06 ± 0.12 ^{Ba}	6.71 ± 0.06 ^{Ca}	< 1.00
B30	4.10 ± 0.03 ^{Aa}	4.36 ± 0.26 ^{Aa}	5.13 ± 0.25 ^{Ba}	6.94 ± 0.01 ^{Ca}	< 1.00
B40	4.10 ± 0.01 ^{Aa}	4.38 ± 0.12 ^{Aa}	5.19 ± 0.13 ^{Ba}	6.96 ± 0.05 ^{Ca}	< 1.00
TBK	4.11 ± 0.04 ^{Aa}	4.26 ± 0.10 ^{Aa}	5.08 ± 0.16 ^{Ba}	6.69 ± 0.04 ^{Ca}	< 1.00
TB30	4.13 ± 0.02 ^{Aa}	4.36 ± 0.08 ^{Aa}	5.11 ± 0.11 ^{Ba}	6.71 ± 0.07 ^{Ca}	< 1.00
TB40	4.14 ± 0.01 ^{Aa}	4.28 ± 0.06 ^{Aa}	5.10 ± 0.17 ^{Ba}	6.79 ± 0.05 ^{Ca}	< 1.00
SBK	4.03 ± 0.05 ^{Aa}	4.19 ± 0.26 ^{Aa}	4.87 ± 0.16 ^{Ba}	6.66 ± 0.01 ^{Ca}	< 1.00
SB30	4.04 ± 0.09 ^{Aa}	4.24 ± 0.19 ^{Aa}	4.94 ± 0.22 ^{Ba}	6.76 ± 0.02 ^{Ca}	< 1.00
SB40	4.03 ± 0.10 ^{Aa}	4.26 ± 0.12 ^{Aa}	4.96 ± 0.23 ^{Ba}	6.76 ± 0.01 ^{Ca}	< 1.00

Aynı satırda farklı büyük harflerle (A, B, C, ...) gösterilen değerler, aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05). BK, TBK, SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu kontrol ekmekleri ifade etmektedir. B30, TB30, SB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir. B40, TB40, SB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir.

Araştırmada; tüm ekmeklerin TMAB sayılarının yoğurma sonrası, ilk fermantasyon sonrası, ara fermantasyon sonrası ve son fermantasyon sonrası benzer olduğu bulunmuştur (p>0.05).

Ekmekler yoğurma ve fermantasyon sonrası basamaklardaki toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı sonuçlarına göre kıyaslandığında, yoğurma sonrası ve ilk fermantasyon sonrası yapılan ölçümlerde bulunan sonuçların istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmadığı ($p>0.05$), anlamlı farkların ara ve son fermantasyon sonrası olduğu gözlenmiştir. ($p>0.05$). Pişirme sonrasında ekmeklerde mezofilik aerobik bakteri tespit edilememiştir. Literatürdeki çalışmalarda da ekmeklerde pişirme sonrasında TMAB'a çoğunlukla rastlanmamıştır (Ijah ve diğ., 2014; Martins ve diğ. 2021).

Çelik ve Göncü (2021), çalışmalarında buğday unundan elde ettikleri hamurların toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarını 7.40 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. Bu sonuç tez çalışmasındaki BK örneğine ait TMAB değerinden yüksektir.

Şahin (2017), çalışmasında doğrudan hamur yöntemi ile ürettiği tam buğday unlu hamurların toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarını 7.84 log kob/g; glutensiz un ve aynı yöntem ile elde ettiği ekmeklerde ise 8.01 log kob/g olarak tespit etmiştir. Bu sonuçlar tez çalışmasındaki TBK örneğine ait TMAB değerinden yüksektir.

Pala (2012), hazırladığı buğday unlu ekmek hamurunda yoğurma sonrası toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarını 8.00 log kob/g; fermantasyon işlemi sonrasında ise 8.08 log kob/g olarak tespit etmiştir. Tez çalışmasında elde edilen veriler çalışmaya göre düşük bulunmuştur. Pala (2012), çalışmasındaki ekmekleri ekşi maya ile hazırlamıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının mevcut çalışmadan bu denli yüksek çıkması Pala (2012)'da ekmek hamurlarında ekşi maya kullanılmış olmasıyla açıklanabilir.

Çağlayanlar (2006), buğday unu kullanarak hazırladığı hamurlarda toplam mezofilik aerobik bakteri sayılarını 8.42 log kob/g olarak tespit etmiştir. Bu sonuçlar tez çalışmasındaki BK örneğine ait TMAB değerinden yüksektir.

Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unundan elde edilen hamurların son fermantasyon aşamasına kadar ki sürecinde anlamlı istatistik farkın ara ve son fermantasyonda görülmüş olması, Pala (2012)'nin çalışmasındaki yoğurma sonrası ve son fermantasyon sonrasındaki tespit değerlerine paraleldir.

Son fermantasyon aşamasında uygulanan vakum şartları sonucu tespit edilen değerlerin, geleneksel fermantasyon yöntemiyle benzer sonuçlar vermesi, vakum şartlarının ekmek hamurlarının TMAB sayıları üzerinde önemli bir etki oluşturmadığını göstermiştir.

3.2.11 Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerde maya-küf sayısı

Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğdayı unu ile üretilen ekmeklerin farklı vakum koşullarında uygulanan son fermantasyon işlemine göre belirlenen maya-küf sayımı değerleri Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11: Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu, siyez buğday unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin Maya-Küf değerleri (log kob/g).

Örnek	Yoğurma Sonrası	İlk Fermantasyon Sonrası	Ara Fermantasyon Sonrası	Son Fermantasyon Sonrası	Pişirme Sonrası
BK	4.09 ± 0.05 ^{Aa}	4.22 ± 0.16 ^{Aa}	4.74 ± 0.14 ^{Aa}	6.78 ± 0.04 ^{Ba}	< 1.00
B30	4.13 ± 0.11 ^{Aa}	4.26 ± 0.13 ^{Aa}	4.79 ± 0.18 ^{Aa}	6.89 ± 0.02 ^{Ba}	< 1.00
B40	4.11 ± 0.06 ^{Aa}	4.24 ± 0.20 ^{Aa}	4.77 ± 0.10 ^{Aa}	6.98 ± 0.04 ^{Ba}	< 1.00
TBK	4.08 ± 0.12 ^{Aa}	4.25 ± 0.14 ^{Aa}	4.81 ± 0.13 ^{Aa}	6.72 ± 0.02 ^{Ba}	< 1.00
TB30	4.07 ± 0.08 ^{Aa}	4.29 ± 0.11 ^{Aa}	4.76 ± 0.12 ^{Aa}	6.86 ± 0.07 ^{Ba}	< 1.00
TB40	4.10 ± 0.16 ^{Aa}	4.27 ± 0.09 ^{Aa}	4.82 ± 0.09 ^{Aa}	6.91 ± 0.03 ^{Ba}	< 1.00
SBK	4.06 ± 0.14 ^{Aa}	4.20 ± 0.24 ^{Aa}	4.77 ± 0.14 ^{Aa}	6.64 ± 0.04 ^{Ba}	< 1.00
SB30	4.10 ± 0.07 ^{Aa}	4.18 ± 0.17 ^{Aa}	4.76 ± 0.17 ^{Aa}	6.72 ± 0.02 ^{Ba}	< 1.00
SB40	4.08 ± 0.11 ^{Aa}	4.19 ± 0.14 ^{Aa}	4.82 ± 0.17 ^{Aa}	6.77 ± 0.01 ^{Ba}	< 1.00

Aynı satırda farklı büyük harflerle (A, B, C, ...) gösterilen değerler, aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05). BK, TBK, SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu kontrol ekmekleri ifade etmektedir. B30, TB30, SB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir. B40, TB40, SB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğdayı unlu ekmekleri ifade etmektedir.

Araştırmada; ekmek hamurlarının toplam maya-küf sayılarının yoğurma sonrası, ilk fermantasyon sonrası ve ara fermantasyon sonrası basamaklarında kendi ürün grupları içlerinde benzer olduğu bulunmuştur (p>0.05). Bu sonuç beklenen bir sonuçtur. Nitekim son fermantasyon basamağına kadarki aşamalarda ekmekler kendi grupları içinde aynı uygulama aşamalardan geçirilmişlerdir.

Ekmek hamurlarının maya-küf sayıları fermantasyon basamaklarına göre kıyaslandığında, yoğurma, ilk fermantasyon ve ara fermantasyon sonrası yapılan ölçümlerde bulunan sonuçların istatistiksel olarak anlamlı farklılık oluşturmadığı ($p>0.05$), anlamlı farklılıkların son fermantasyon sonrası olduğu görülmüştür ($p>0.05$). Pişirme sonrasında ekmeklerde maya-küfe rastlanmamıştır. Literatürdeki diğer çalışma sonuçlarında da pişirme sonrasında ekmeklerde maya-küfe genelde rastlanmadığı görülmektedir (Ijah ve diğ., 2014; Martins ve diğ. 2021).

Mayalar tomurcuklanma ile çoğalan tek hücreli mantarlardır. Anaerobik şartlarda da gelişim gösteren mayalar fiziksel, kimyasal ve biyolojik streslere maruz kalabilir ve farklı reaksiyonlar gösterebilir (Çöteli ve diğ., 2021).

Çelik ve Göncü (2021), çalışmalarında buğday unundan elde ettikleri hamurların toplam maya-küf sayılarını 7.34 log kob/g olarak tespit etmişlerdir. Bu sonuç tez çalışmasındaki BK örneğine ait maya-küf değerinden yüksektir.

Şahin (2017), maya-küf sayılarını doğrudan hamur yöntemi ile ürettiği tam buğday unlu ekmek hamurlarında 7.84 log kob/g; glutensiz un ve aynı yöntem ile elde ettiği ekmek hamurlarında ise 8.12 log kob/g olarak tespit etmiştir. Bu sonuçlar tez çalışmasındaki TBK örneğine ait maya-küf değerinden yüksektir.

Pala (2012), hazırladığı buğday unlu ekmek hamurunda yoğurma sonrası maya-küf sayılarını 7.09 log kob/g; fermantasyon işlemi sonrasında ise 8.06 log kob/g olarak saptamıştır. Tez çalışmasında elde edilen veriler çalışmaya göre düşük bulunmuştur. Ancak mevcut çalışmada da Pala (2012)'yla uyumlu olarak fermantasyon sonrasında hamurlarda maya-küf sayılarının arttığı tespit edilmiştir.

Yavuz (2019), kontrol ekmeğine fermantasyon öncesi ve sonrası şeklinde 2 farklı süreçte maya-küf sayımı yapmış ve sonuçları sırayla 8.12, 8.18 log kob/g bulmuştur. Çağlayanlar (2006), buğday unu kullanarak hazırladığı hamurlarda son fermantasyondan sonra maya-küf sayılarını 8.10 log kob/g olarak; Karlıdağ ve diğ. (2022) ise ekşi hamur kullanarak hazırladığı buğday unlu hamurlarda son fermantasyondan sonra maya-küf sayısını 6.04 log kob/g olarak saptamıştır.

Çöteli ve diğ. (2021), yaptıkları çalışmada *Saccharomyces cerevisiae*' yı Krom (III) Klorür tuzuna maruz bırakarak stres mekanizmasını incelemişlerdir.

Farklı krom dozlarına maruz kalan *Saccharomyces cerevisiae*'nin hücre sayıları kıyaslandığında krom dozlarının yani kimyasal stres koşullarının artması sonucu hücre sayılarında düşüşler gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada ortama C vitamini eklenmesiyle hücre sayılarında artış gözlemlenmiştir.

Çalışma sonuçlarında, son fermantasyonun vakum koşullarında gerçekleştirilmesinin ekmeklerin maya-küf sayılarında önemli bir etki sağlamadığı görülmüştür.

3.2.12 Farklı koşullarda son fermantasyon işlemi uygulanarak üretilen ekmeklik buğday, tam buğday ve siyez buğdayı unlu ekmeklerin duyusal analiz değerleri

Duyusal analiz sonuçları 36 panelistin duyusal değerlendirme formundaki kabuk rengi, iç renk, koku, tat, gözenek yapısı, çiğnenebilirlik, tekstür yapısı ve genel beğeni gibi tanımlayıcı özellikleri puanlamalarıyla değerlendirilmiştir. Puanlandırma Tablosu 1-7 arasında 1- (Çok Kötü); 7- (Çok İyi) şeklinde oluşturulmuştur.

Farklı koşullarda son fermantasyon işlemleri uygulanmış ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğday unundan elde edilmiş ekmeklerin duyusal analiz değerleri Tablo 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.12: Ekmeklik buğday unu, tam buğday unu ve siyez buğday unu kullanılarak, farklı vakum uygulamalarında üretilmiş ekmeklerin duyu analizi sonuçları.

Örnek	Kabuk Rengi	İç Renk	Koku	Tat	Gözenek Yapısı	Çiğnenebilirlik	Tekstür Yapısı	Genel Beğeni
BK	6.55 ± 0.51 ^{Aa}	6.38 ± 0.50 ^{ABa}	6.72 ± 0.46 ^{Aa}	6.66 ± 0.48 ^{Aa}	6.61 ± 0.50 ^{Aa}	6.50 ± 0.51 ^{ABa}	6.61 ± 0.50 ^{Aa}	6.77 ± 0.42 ^{Aa}
B30	6.66 ± 0.48 ^{Aa}	6.61 ± 0.50 ^{Aa}	6.77 ± 0.42 ^{Aa}	6.77 ± 0.42 ^{Aa}	6.66 ± 0.48 ^{Aa}	6.72 ± 0.46 ^{Aa}	6.66 ± 0.48 ^{Aa}	6.83 ± 0.38 ^{Aa}
B40	6.77 ± 0.42 ^{Aa}	6.72 ± 0.46 ^{Aa}	6.77 ± 0.42 ^{Aa}	6.77 ± 0.46 ^{Aa}	6.72 ± 0.46 ^{Aa}	6.77 ± 0.42 ^{Aa}	6.72 ± 0.46 ^{Aa}	6.83 ± 0.38 ^{Aa}
TBK	6.83 ± 0.38 ^{Aa}	6.88 ± 0.32 ^{Aa}	6.88 ± 0.32 ^{Aa}	6.83 ± 0.38 ^{Aa}	6.88 ± 0.32 ^{Aa}	6.44 ± 0.51 ^{ABa}	6.83 ± 0.38 ^{Aa}	6.77 ± 0.42 ^{Aa}
TB30	6.83 ± 0.38 ^{Aa}	6.77 ± 0.42 ^{Aa}	6.33 ± 1.53 ^{Aa}	6.77 ± 0.42 ^{Aa}	6.83 ± 0.38 ^{Aa}	6.50 ± 0.51 ^{ABa}	6.88 ± 0.32 ^{Aa}	6.83 ± 0.38 ^{Aa}
TB40	6.88 ± 0.32 ^{Aa}	6.88 ± 0.32 ^{Aa}	6.88 ± 0.32 ^{Aa}	6.88 ± 0.32 ^{Aa}	6.88 ± 0.32 ^{Aa}	6.66 ± 0.48 ^{ABa}	6.94 ± 0.23 ^{Aa}	6.88 ± 0.32 ^{Aa}
SBK	4.88 ± 0.96 ^{Ca}	5.55 ± 1.19 ^{Ca}	6.33 ± 0.68 ^{Ba}	6.83 ± 0.38 ^{Aa}	4.66 ± 1.13 ^{Ba}	4.88 ± 1.45 ^{Ca}	5.05 ± 1.30 ^{Ba}	5.00 ± 0.76 ^{Ba}
SB30	5.22 ± 1.06 ^{BCa}	5.77 ± 1.17 ^{BCa}	6.50 ± 0.61 ^{Ba}	6.77 ± 0.42 ^{Aa}	5.27 ± 1.12 ^{Ba}	5.33 ± 1.28 ^{Ca}	5.00 ± 1.45 ^{Ba}	5.11 ± 0.83 ^{Ba}
SB40	5.66 ± 0.51 ^{Ca}	5.77 ± 0.94 ^{BCa}	6.61 ± 0.60 ^{Ba}	6.88 ± 0.32 ^{Aa}	5.38 ± 1.09 ^{Ba}	5.77 ± 1.16 ^{BCa}	5.27 ± 1.17 ^{Ba}	5.16 ± 0.78 ^{Ba}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle (A, B, C, ...) gösterilen değerler tüm ekmek çeşitleri arasındaki, aynı sütunda farklı küçük harflerle (a, b, c, ...) gösterilen değerler her bir un grubu ekmeklerinin kendi aralarındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir (p<0.05). BK, TBK, SBK: Geleneksel yöntemle fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğday unlu kontrol ekmekleri ifade etmektedir. B30, TB30, SB30: 30 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğday unlu ekmekleri ifade etmektedir. B40, TB40, SB40: 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen sırasıyla buğday unlu, tam buğday unlu ve siyez buğday unlu ekmekleri ifade etmektedir.

Farklı un gruplarıyla elde edilen ekmekler, tüm duyuşal karakteristukler bakımından kendi içlerinde istatistiksel olarak benzer puanlar ($p>0.05$) almışlardır. Ancak 9 rnek kıyaslandığında kabuk rengi, iç renk, koku, gözenek yapısı, tekstür yapısı ve genel beğeni özellikleri bakımından ekmeklik buğday ve tam buğday unu ile elde edilen ekmeklerde istatistiksel olarak bir farklılık gzlenmemişken ($p>0.05$) siyez buğdayı unu ile elde edilen ekmekler önemli derecede düşük ($p<0.05$) puan almışlardır.

Örnekler tat beğenisi olarak değerlendirildiğinde tüm ekmeklerin benzer ($p>0.05$) beğeni puanı aldıkları grlmektedir.

Örnekler iğnenebilirlik beğenisi olarak değerlendirildiğinde her bir un grubu kendi içerisinde kıyaslandığında elde edilen beğeni sonuçlarında istatistiksel olarak bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Tüm ekmeklerin çiğnenebilirlik özellikleri kıyaslandığında ekmeklik buğday ve tam buğday unu ile elde edilen ekmeklerin kendi içlerinde benzer puanlar aldıkları görülmüştür. SBK ve SB30 rnekleri, SB40 ile benzer ($p>0.05$) olmakla birlikte diğer örneklerden önemli derecede ($p<0.05$) düşük puanlar almışlardır.

Yapılan duyuşal analiz sonucunda ekmeklik buğday ve tam buğday unundan elde edilen ekmek örnekleri genel olarak en çok beğeniyi toplamışken, siyez buğdayı unundan elde edilen ekmek örneklerinin beğeni sonuçlarının diğer iki ekmek grubuna göre daha düşük olduğu görülmüştür.

akır (2020), çalışmasında siyez unu oranı arttıkça tat, kabuk-iç renk, gözenek yapısı, çiğnenebilirlik ve genel beğeni açısından puanların düştüğünü, siyez unu oranı yüksek ekmeklerde starter kullanımının olumlu etki yapmış olduğunu ve spontan fermantasyonla üretilenlerden daha yüksek değerlendirildiğini görmüştür. En beğenilen rnekler *Lb. paraplantarum* SB22, *Lb. brevis* SB68, *S. cerevisiae* 3SM1-3 suş kombinasyonunu içeren, ekşi hamur eklenmiş %25 ve %50 siyez unu katkılı SE1 ve SE2 ekşi hamur ekmeği olmuştur. Bu tez çalışmasında da siyez buğday unu ile üretilen ekmeklerde tat özelliğinin haricindeki özelliklerde beğeni puanları önemli derecede ($p<0.05$) dşmştr.

Olgun ve diğ. (2017), 10 farklı ekmeğin (tam buğday unlu, buğday unlu, Trabzon ekmeği, patates ekmeği, mısır ekmeği, çavdarlı, susamlı, yulaflı, tos ve lavaş) duyu analizlerini gerçekleştirdikleri çalışmalarında renk açısından değerlendirme sonucunda en beğenilenin tam buğday unlu, ikinci sırada buğday unlu; koku açısından değerlendirme sonucunda en beğenilenin susamlı, dördüncü sırada tam buğday unlu; tat açısından değerlendirme sonucunda en beğenilenin susamlı ikinci sırada ise buğday unlu, üçüncü sırada ise tam buğday unlu ekmek olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Rwubitse ve diğ. (2021), farklı fermantasyon sürelerinde (60 dk, 120 dk) fermente ettikleri tam buğday unlu ekmeklerin duyu analiz sonuçlarında kabuk rengi, aroma ve genel beğeni olarak 120 dakikada fermente edilen ekmeğin beğeni değerinin 60 dakikada fermente edilen ekmeğe kıyasla daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Görünüş ve tekstürde ise 120 dakikada fermente edilen ekmeğin beğeni değerinin 60 dakikada fermente edilen ekmeğe kıyasla daha yüksek tespit etmişlerdir.

Ertop ve Örü (2023), siyez kepeği ilaveli ekşi mayalı ekmeğin niteliklerini iç ve dış özellikleri açısından, standart buğday ekmeğine (kepeksiz, ekşi mayalı) benzer nitelikte olduğunu tespit etmişlerdir. Buğday kepeği ilaveli ekşi hamuru içeren kontrol örneği antioksidan aktivite, fitik asit düzeyi gibi biyoaktif nitelikler bakımından daha iyi bulunmasına rağmen, duyu analiz sonuçlarında düşük puan almıştır. Buğday kepeği ilaveli ve ekşi hamuru ile üretilen ekmeğin hacmi daha düşük, iç gözenek yapısının daha sıkı olması sebebiyle çiğnenmesi daha zordur ve bu sebeple puanlaması düşük bulunmuştur.

Atasoy (2021), ekmek formülasyonlarına %30 oranında buğday kepeği, siyez kepeği, siyez kavuzu, gernik kepeği, gernik kavuzu, pirinç kepeği ve pirinç kavuzu eklemiştir. Duyu analiz sonucunda kabuk renginde gernik kavuğu eklenmiş ekmek ve siyez kepeği eklenmiş ekmek; şekil simetrisinde pirinç kavuğu eklenmiş ekmek; pişirme düzgünlüğü olarak siyez kepeği eklenmiş ekmek; kabuk özelliği olarak gernik kepeği eklenmiş ekmek, buğday kepeği eklenmiş ekmek ve siyez kepeği eklenmiş ekmek, istatistiksel olarak en beğenilen kepekli ekmekler olarak belirlenmiştir. Gernik kepeği ve siyez kepeği eklenmiş ekmek örneklerinin kabuk renginin daha çok beğenilmesinin, kepeklerin ekmeğe kattığı pişirme sonrası

sarımtırak kızarmış renk tonu olduğunu düşünmüştür. İç özelliklerde gözenek yapısında siyez kepeği eklenmiş ekmekte; iç renginde gernik kepeği eklenmiş ekmekte, aroma ve tatta siyez kepeği ve siyez kavuğu eklenmiş ekmeklerde, çiğneme özelliğinde siyez kepeği ve siyez kavuğu eklenmiş ekmeklerde, yapı özelliğinde pirinç kepeği, buğday kepeği ve siyez kepeği eklenmiş ekmeklerde en yüksek değerler görülmüştür.

Atasoy (2021), arpa, siyez buğdayı, tritikale ve karabuğdaydan elde ettiği malt unlarını, ekmek formülasyonuna %0.75; 1.25; 2.5; 5 ve 7.5 oranlarında eklemiştir. Siyez malt unlu ekmeğin (%7.5) en beğenildiği parametre pişme düzgünlüğü ve şekil simetrisi olarak tespit edilmiştir.

Türkoğlu (2022), farklı seviyelerde kabak unu içeren buğday unu karışımları kullanarak ürettiği ekmek örneklerinde kabuk yapısı, gözenek, iç renk, tat ve aroma, koku ve genel kabul edilebilirlik değerlerini incelemiş, gözenek, koku iç renk ve genel beğeni puanlarına bakıldığı zaman; en beğenilen ekmek örneklerinin kontrol (buğday unlu ekmek) grubuna ait olduğu sonucuna ulaşmıştır.

İnce (2019), çalışmasında beyaz dut (*Morus alba*) yaprakları ve posasını tam buğday ve buğday unlu ekmek üretiminde formülasyona eklemiştir. Yaptığı beğeni sıralaması sonucunu kontrol tam buğday ekmeği, posalı beyaz ekmek, kontrol beyaz ekmek, posalı tam buğday ekmeği, yapraklı yapraklı tam buğday ekmeği, yapraklı beyaz ekmek olarak tespit etmiştir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ekmek, her sofraya kolay ulaşabilen bir gıda maddesi olmasına rağmen, üretim aşamaları oldukça dikkat edilmesi gereken bir üründür. Ekmeğin üretimi un, su, tuz ve mayanın karıştırılıp yoğurulması, hemen ardından fermantasyonlara bırakılıp, pişirilmesi olarak görünse de, her aşamasının özenle takip edilmesi gerekir. Özellikle hamura uygulanan son fermantasyon işlemi, zaman ve enerji maliyeti bakımından oldukça önemli kabul edilmektedir.

Ekmek hamurunun yoğurulması işleminin sonrasındaki fermantasyon sürecinde, hamur hacminin yaklaşık üç katına çıkması için gerekli olan süre 1 saatten fazladır. Bu nedenle hacim artışı için gerekli olan en çok zaman gerektiren aşama, fermantasyon işlemi olarak kabul edilmektedir. Fermantasyonun gerçekleşebilmesi için uygun ortam sağlayan fermantasyon kabinleri, ekmeğin üretim aşamalarında gerekli toplam enerjinin %10-15'i kadar bir harcamaya ihtiyaç duyar. Dolayısıyla ekmeğin üretiminde fermantasyon uygulaması hem zaman hem de enerji ekonomisinin sağlanması bakımından büyük önem arz etmektedir.

Yapılan çalışmada 3 farklı un kullanılarak hazırlanan hamurlara, standart fermantasyon ve iki farklı vakum değerinde (30 ve 40 kPa) son fermantasyon işlemi uygulanarak üretilen ekmeklere, çeşitli analitik, mikrobiyolojik ve duyu analizleri yapılmıştır. Bu sayede farklı un çeşitleri ile üretilen ekmeklerde, hamura uygulanan vakumun son fermantasyon işleminde zaman ve dolayısıyla da enerji ekonomisine sağlayabileceği olumlu katkının yanı sıra, ekmeğin kalite özelliklerinde meydana gelebilecek değişiklikler de belirlenmiştir.

Gerçekleştirilen analizler sonucunda spesifik hacim bakımında 30 kPa ve 40 kPa vakum uygulamalarında fermente edilen hamurlardan üretilen ekmeklerin, standart fermantasyon işlemi uygulanan hamurlardan üretilen ekmeklere kıyasla daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bu durum son fermantasyon aşamasında vakum uygulamasının bu özellikler bakımından olumlu sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır.

Üretilen ekmeklerin su aktivitesi, nem ve ekmek verimi değerleri incelendiğinde 30 kPa ve 40 kPa vakum basıncı uygulanarak fermente edilen hamurlardan elde edilen ekmeklerin, standart fermantasyon işlemi uygulanan hamurlardan üretilen ekmeklerle benzer değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

30 kPa ve 40 kPa vakum basıncı uygulanarak fermente edilen hamurlardan yapılan ekmeklerin iç ve dış renk L^* , a^* ve b^* değerleri standart fermantasyon yöntemi ile elde edilen ekmekler ile kıyaslandığında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Vakum işleminin ekmeklerdeki L^* , a^* ve b^* değeri üzerine herhangi bir olumsuz etkisi oluşmamıştır.

Tekstür profil analizi (TPA) ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, hamura vakum uygulamasının üretilen ekmeklerde sertliği, sakızimsılık ve çignenebilirliği azalttığı, iç yapışkanlığı arttırdığı, siyez buğdayı dışındakilerde ise yaylanabilirlik özelliğinde anlamlı bir fark oluşturmadığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar vakum uygulamasının ekmeğin tekstürel özelliklerini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Üretimin belirli zamanlarında alınan hamur örneklerinde bulunan toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya-küf sayımı sonuçları; 30 kPa ve 40 kPa vakum uygulanarak yapılan fermantasyon işleminin, ekmeklerin mikrobiyolojik özellikleri üzerine önemli etkisi olmadığını göstermiştir. Bunun yanı sıra, ilerleyen fermantasyon sürecinde hamurların toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya-küf sayılarında önemli ($p<0.05$) artışların olduğu tespit edilmiştir.

Ekmeklerin duyusal analiz değerleri incelendiğinde kabuk rengi, iç renk, koku, gözenek yapısı, tekstür yapısı ve genel beğeni özellikleri bakımından her bir un grubu ekmekleri kendi içerisinde kıyaslandığında elde edilen beğeni sonuçlarında istatistiksel olarak bir fark gözlenmemiştir. 9 örnek kıyaslandığında ekmeklik buğday ve tam buğday unu ile elde edilen ekmeklerde istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmemesine ($p>0.05$) rağmen siyez buğdayı unu ile elde edilen ekmeklerin önemli derecede ($p<0.05$) düşük puanlar aldıkları görülmüştür.

Örnekler tat beğenisi olarak değerlendirildiğinde tüm ekmeklerin benzer ($p>0.05$) beğeni puanı aldıkları görülmektedir.

Yapılan duyusal analiz sonucunda ekmeklik buğday ve tam buğday unundan elde edilen ekmek örnekleri genel olarak en çok beğeni toplemişken, siyez buğdayı unundan elde edilen ekmek örneklerinin beğeni sonuçlarının diğer iki ekmek grubuna göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Vakum fermantasyon işleminin süre bakımından son fermantasyon üzerine etkisi incelendiğinde, standart fermantasyon işlemi uygulanarak 40-45 dakika arasında fermente olan ekmekler 40 kPa basınçta ortalama 9-12 dakika arasında fermente olurken, 30 kPa basınçta 13-16 dakika arasında fermente olmuştur. Vakum fermantasyon işleminin son fermantasyon süresini kısaltma konusunda önemli etkisinin olduğu bulunmuştur.

Genel itibariyle son fermantasyon basamağında vakum uygulamasının, ekmeklerin tüketicileri için önemli özellikler olan fiziksel ve duyusal özellikleri üzerinde olumsuz bir etki oluşturmadığını görülmektedir.

Bunun yanında vakum fermantasyon uygulaması yapılan ekmeklerde son fermantasyon süresinin azaldığı görülmüştür. Bu sebeplerle vakum fermantasyon uygulaması üretici için önemli bir zaman tasarrufu sağlayacak olması nedeniyle mayalı ürün üreticilerine tavsiye edilebilir. Bu sayede birim zamanda daha fazla ürün eldesi ile üretimden en yüksek verimin alınabileceği düşünülmektedir.

5. KAYNAKÇA

Abdel-Aal E. S. M., Hucl, P., “Amino Acid Composition and In Vitro Protein Digestibility of Selected Ancient Wheats and Their End Products”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 737–747, (2002).

Akgümüő, Ő. Y., “Sivas ilinde ekmek tüketim alışkanlıkları ve üretici-tüketici dinamiklerinin belirlenmesi.” Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum, 131, (2010).

Akinola, S. A., Badejo, A. A., Osundahunsi, O. F., Edema, M. O., “Effect of preprocessing techniques on pearl millet flour and changes in technological properties.” *International Journal of Food Science & Technology*, 52(4), 992-999, (2017).

Akyüz, G., “*Kluyveromyces lactis*’ in ekmek mayası olarak kullanılma potansiyelinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, 36-67, (2016).

Ali, A., Shehzad, A., Khan, M.R., Shabbir, M.A., Amjid, M.R., “Yeast, its types and role in fermentation during bread making process”, *Pak J Food Sci*, 22(3); 171-179, (2012).

Altan, A., “Tahıl İşleme Teknolojisi” Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1-107, (1986).

Altinel B, Ünal S.S., “The effects of certain enzymes on the rheology of dough and the quality characteristics of bread prepared from wheat meal.” *J Food Sci Technol.*, 54(6);1628-37, (2017).

Amigo, J. M., del Olmo Alvarez, A., Engelsen, M. M., Lundkvist, H., Engelsen, S. B., “Staling of white wheat bread crumb and effect of maltogenic α -amylases. Part 1: Spatial distribution and kinetic modeling of hardness and resilience”. *Food chemistry*, 208, 318-325, (2016).

Anonim, 2012. Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği, Tebliğ No: 2012/2, Ankara.

Anonim, 2012. Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği, Tebliğ No: 2012/2, Ankara.

Anonim, 2013. Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği, Tebliğ No: 2013/9, Ankara.

Anonim, 2018. https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food_details/167532/nutrients, (Son Erişim Tarihi: 08.02.2023).

Anonim,2019. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169761/nutrients>, (Son Erişim Tarihi: 08.02.2023).

Anonim, 2020.<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/790085/nutrients> , (Son Erişim Tarihi: 08.02.2023).

Anonim,2021.<https://dnp.com.tr/wp-content/uploads/2021/01/TPA-Hakkinda-Aciklama.pdf> , (Son Erişim Tarihi: 04.03.2023).

Anonim, 1995. “The Manual of Hunter-Lab Mini Scan XE Colorimeter”, Virginia: HunterLab Cooperation, ABD, (1995).

AOAC. Official Methods of Analysis, 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA, (2006).

Armero, E., Collar, C.,“Crumb firming kinetics of wheat breads with anti-staling additives.” *Journal of cereal Science*, 28(2), 165-174, (1998).

Aslan M., Orhan N., Deliorman-Orhan D., Ergun F., “Hypoglycemic activity and antioxidant potential of some medicinal plants traditionally used in Turkey for diabetes”, *J Ethnopharmacol*, 128, 384-389, (2010).

Atak, M., “Buğday ve Türkiye Buğday Köy Çeşitleri”, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(2), 71-88, (201).

Aydın, F., “Kaliteli ekmek nasıl olmalı: Ekmek”, Editörler: İlkbahar, A., Köksel, H., Arter Dijital Ltd. Şti., Ankara, 184-187, (2016).

Bárcenas, M. E., Altamirano-Fortoul, R., Rosell, C. M., “Effect of high pressure processing on wheat dough and bread characteristics”, *LWT-Food Science and Technology*, 43(1), 12-19, (2010).

Badem, A., “Ekmek ve Unlu Mamüller”, Detay Yayıncılık, Ankara, (1), 265-285, (2021).

Baysal, A., Över, N., “Ekmeğin Beslenme ve Sağlık Yönünden Önemi”, <http://ekmeksanati.info/index.php?topic=436.0;wap2>, (1994). (Erişim tarihi: 07.11.2022).

Belisle, P. R., Rasco, B. A., Siffring, K., Bruinsma, B., “Baking properties and microstructure of yeast-raised breads containing wheat bran: carrageenan blends or laminates”, *Food structure*, 12(4), 10, (1993).

Belitz, H.D., Grosch, W., Schierberle, P., “Food Chemistry.” Springer UK, 340-343, (2009).

Blandino, M., Sovrani, V., Marinaccio, F., Reyneri, A., Rolle, L., Giacosa, S., Locatelli, M., Bordiga, M., Travaglia, F., Coisson, J.D., “Nutritional and technological quality of bread enriched with an intermediated pearled wheat fraction”, *Food Chem.* 141, 2549–2557, (2013).

Bircan, D., Güray, C. T., Bostan, K., “Farklı yöntemlerle ekşitilmiş hamurlardan ekmek yapımı üzerine çalışmalar”, *Aydın Gastronomy*, 1(1), 1-8, (2017).

Bo, S., Seletto, M., Choc, A., Ponzio, V., Lezo, A., Demagistris, A., Evangelista, A., Ciccone, G., Bertolino, M., Cassader, M., Gambino, R., “The acute impact of the intake of four types of bread on satiety and blood concentrations of glucose, insulin, free fatty acids, triglyceride and acylated ghrelin. A randomized controlled cross-over trial”, *Food Research International*, 92, 40-47, (2017).

Borchani, C., Masmoudi, M., Beskes, S., Attia, H., Deroanne, C., Blecker, C., “Effect of date flesh fiber concentrate addition on dough performance and bread quality”, *Journal of texture Studies*, 42(4), 300-308, (2011).

Brandolini, A., Hidalgo, A., Moscaritolo, S., “Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum L. subsp. monococcum*) whole meal flour”, *Journal of Cereal Science*, 47,599–609, (2008).

Caba, T.Z., “Functional Properties And Quality Parameters Of Grape Extract Powder Substituted Bread And Extruded Products”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 26-94, (2015).

Canbaş A., “Ekmek Mayacılığı.” *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*. No:22, Ankara, (1995).

Cansız, Z., Candal, C., Mutlu, C., Arslan Tontul, S., Ercan, R., Erbaş, M., “Farklı oranlarda peynir altı suyu kullanımının beyaz ve tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin bazı özellikleri üzerine etkisi”, *Gıda*, 45(1), 125-138, (2020).

Cingöz, A., Akpınar, Ö., Sayaslan, A., “Farklı kepek fraksiyonlarının ekmek kalitesine etkisi”, *Gıda*, 47(2), 372-386, (2022).

Coşkuner, Y., “Çukurova bölgesinde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin tek ve iki katlı düz ekmek üretimine uygunluğu ile ekşi hamurun kalite üzerine etkisinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 25-48, (2003).

Çağlar, S., “Siyez (*Triticum monococcum L.*) ununun ekşi mayalı ekmekten üretilmiş peksimette kullanımı”, Doktora Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane, 47-69, (2020).

Çakır, E., “Siyez buğdayı ve kavuzsuz arpa ekşi hamurlarından laktik asit bakterileri ve mayaların izolasyonu ve karakterizasyonu”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 45-73, (2020).

Çöteli, E., Karataş, F., Gür, S., “Krom (III) Klorür Tuzuna Maruz Kalan *Saccharomyces cerevisiae*’nın Stres Yanıtı”, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 33(2), 685-695, (2021).

Diepenbrock, W., Ellmer F., Leon J., *Ackerbau pflanzenbauund pflanzenzüchtung Stuttgart, Germany: Verlag Eugen Ulmer*,46-76, (2005).

Dirim, S. N., Ergün, K., Çalışkan, G., Özalp, H., Balkesen, N., “Farklı Unların Ekmeğin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi”, *Akademik Gıda*, 12(4), 27-35, (2014).

Doğan, İ. S., Küçüköner, E., “Süt ürünlerinin unlu mamullerde kullanımı”, *Gıda Dergisi*, 23(1), 43-47, (1998).

Dülger, D., Şahan, Y., “Diyet lifin özellikleri ve sağlık üzerindeki etkileri”, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 147-157, (2011).

Edwards, W. P., *The Science of Bakery Products*, The Royal Society of Chemistry Publishing, Bardfield Consultants, Braintree, Essex, UK., 273, (2007).

Elgün, A., Certel, M., Ertugay, Z., Kotancılar, H.G., “Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No:867 (335), Erzurum, 244, (2012).

Elgün, A., Ertugay, Z. “Tahıl İşleme Teknolojisi”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Yayın No: 97, (4. Baskı), Erzurum, s. 411, (2002).

Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N., Demir, M. K. ve Ertaş, N., “Depolama stabilitesi, ekmeçilik kalitesi ve besin değeri daha yüksek tam buğday unu üretimi üzerine bir araştırma”, *Tübitak-TOVAG proje no: 106 O 187*, 64 sayfa, Konya, (2009).

Elgün, A., Ertugay, Z., *Tahıl işleme teknolojisi*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 718, 396-397, (2011).

Erem, F., Certel, M., “Fırın Ürünlerinde Enzim Uygulamaları.”, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*; 24-26 Mayıs, Bolu, (2006).

Ergönül, B., “Ekmek üretiminde kritik kontrol ve kalite kontrol noktalarının belirlenmesi”, (2007). <http://www.dunyagida.com.tr/haber/ekmek-uretiminde-kritik-kontrol-vekalite-kontrol-noktalarinin/2280-> (Erişim tarihi: 28.10.2022).

Evren, M., Anıl, M., Koca, A.F., “Pres-yaş ekmek mayasının toplam maya sayısı ve gaz üretim gücü üzerine depolama sıcaklığı ve süresinin etkisi.”, Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, 685-688, Bolu, (2006).

Fredriksson H, Tallving J, Rosen J, Aman P., “Fermentation Reduces Free Asparagine in Dough and Acrylamide Content in Bread”, *Cereal Chem.* 81(5), 650-653, (2004).

Gally, T., Rouaud, O., Jury, V., Havet, M., Ogé, A., Le-Bail, A., “Proofing of bread dough assisted by ohmic heating”, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 39, 55-62, (2017).

Gao, J., Tay, S. L., Koh, A. H. S., Zhou, W., “Dough and bread made from high-and low-protein flours by vacuum mixing: Part 2. Yeast activity, dough proofing and bread quality”, *Journal of Cereal Science*, 77, 275-283, (2017).

Gerçekaslan, K. E., Kotancılar, H. G., Karaoğlu, M. M., “Ekmek bayatlaması ve bayatlama derecesini ölçmede kullanılan yöntemler: I”, *Gıda*, 32(6), 305-315, (2007).

Gökpınar, E., “Tip 2 diyabetli bireylerde uyku ve yaşam kalitesi”, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 19-43, (2015).

Göksel, M., “Investigation of different food fiber sources, its production, chemical characterization and application of some model foods”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, (2011).

Halkman, A.K., Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları, Başak Matbaacılık Ltd. Şti., 358, (2005).

Hançer, A., Karabulut, İ., Gökbulut, İ., “Mikronize edilmiş şeker pancarı besinsel lifinin buğday hamuru ve ekmek özellikleri üzerine etkileri”, *Food and Health*, 8(3), 193-207, (2022).

Hendek, E., M., “Ekşi hamur formül optimizasyonunun ekmeğin aromatik profili, biyoaktif nitelikleri ve raf ömrü üzerindeki etkileri”, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri., 32-58, (2014).

Hidalgo, A., Brandolini, A., Pompei, C., Piscozzi, R., “Carotenoids and tocopherols of einkorn wheat (*Triticum monococcum ssp. monococcum L.*)”, *Journal of Cereal Science*, 44, 182-193, (2006).

Hidalgo, A., Brandolini, A., “Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum L.*)”, *Journal Science Food Agriculture*, 94(4): 601-612, (2014).

Ijah, U. J. J., Auta, H. S., Aduloju, M. O., Aransiola, S. A., “Microbiological, nutritional, and sensory quality of bread produced from wheat and potato flour blends”, *International Journal of Food Science*, 14, 1-6, (2014).

Kalkışım Ö., Özdemir M, Bayram, O., Ekmek yapım teknolojisi, Sage Yayıncılık, Ankara, 93, (2012).

Kang, T.Y., Sohn, K.H., Yoon, M.R., Lee, J.S., Ko, S., “Effect of the shape of rice starch granules on flour characteristics and gluten-free bread quality”, *International Journal of Food Science and Technology*, 50(8): 1743–1749, (2015).

Karaoğlu, M. M., Kotancılar, H. G., “Ekmek İçi Yumuşaklığı Üzerine Kısmi Pişirme Yöntemi ve Depolama Şartlarının Etkisi” *Gıda*, 30(2), (2005).

Karlıdağ, S., Arıcı, M., Özülkü, G., “Carob Flour Addition to Sourdough: Effect of Sourdough Fermentation, Dough Rheology and Bread Quality”, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3), 541-553, (2002).

Kenny, S., Wehrle, K., Dennehy, T., Arendt, E. K., “Correlations between empirical and fundamental rheology measurements and baking performance of frozen bread dough”, *Cereal Chemistry*, 76(3), 421-425, (1999).

Keskin, C. N., Pehlivan Karakas, F., Ağıl, F., Chemical contents of wheat landraces and their contribution to human health, *Wheat Landraces* (1. düzenleme) (147-167). Springer: International Publishing, (2021).

Kilian, B., Özkan, H., Walther, A., Kohl, J., Dagan, T., Salamini, F., Martin, W., “Molecular diversity at 18 loci in 321 wild and 92 domesticated lines reveal no reduction of nucleotide diversity during *Triticum monococcum* (einkorn) domestication: implications for the origin of agriculture”, *Molecular Biology and Evolution*, 24(12): 2657-2668, (2007).

Kotancılar, G., Çelik, İ., Ertugay, Z., “Ekmeğin besin değeri ve beslenmedeki önemi.”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(3), (1995).

Kotancılar, H. G., Gerçekaslan, K. E., Karaoğlu, M. M., Boz, H., “Besinsel lif kaynağı olarak enzime dirençli nişasta”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1), 103-107, (2009).

Kotancılar, H. G., Karaoğlu, M. M., Gerçekaslan, K. E., Uysal, P., “Ekşi Hamur Katkısının Beyaz Tava Ekmeğinin Bayatlaması Üzerine Etkisi”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(1), 103-110, ISSN 1300-9036, (2006).

Kotoki, D., Deka, S.C., “Baking loss of bread with special emphasis on increasing water holding capacity”, *Journal of Food Science and Technology*, 47(1): 128–131 (2010)

Köksel, H. Sivri, D. Özboy, Ö. Başman, A., Karacan, H., “Tahıl Laboratuvarı El Kitabı”, *Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları*, 47, (2000).

Kurt, M., Dizlek, H., “Ekmeğlik Buğdaylara (*Triticum aestivum* L.) İki Aşamalı Uygulanan Tavlama İşleminin Unun Ekmeğlik Özelliklerine Etkisi.”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 445-453, (2020).

Liu, C., Liu, L., Li, L., Hao, C., Zheng, X., Bian, K., Wang, X., “Effects of different milling processes on whole wheat flour quality and performance in steamed bread making”, *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 310–318, (2015).

Liu R.H., “Whole Grain Phytochemicals and Health”, *Journal of Cereal Science*, 46: 207-219, (2007).

Lomolino, G., Morari, F., Dal Ferro, N., Vincenzi, S., Pasini, G, “Investigating the einkorn (*Triticum monococcum*) and common wheat (*Triticum aestivum*) bread crumb structure with X-ray microtomography: effects on rheological and sensory properties”, *International Journal of Food Science & Technology*, 52(6), 149-150, (2017).

Luo, D., Wu, R., Zhang, J., Zhang, K., Xu, B., Li, P., Li, X., “Effects of ultrasound assisted dough fermentation on the quality of steamed bread.”, *Journal of Cereal Science*, 83, 147-152, (2018).

Magda, R. A, Awad, A. M. ve Selim, K. A., “Evaluation of mandarin and navel orange peels as natural sources of antioksidant in biscuits”, Special Volume Conference, Fayoum University Egypt, 75-82, (2008).

Maloney, D.H., Foy, J.J. Yeast Fermentations In: Handbook of Dough Fermentation. Kulp, K., Lorenz, K., 328, New York, (2003).

Martins, I.E., Ebunoluwa, I., Shittu, T.A., Onabanjo, O.O., Adesina, A.D., Soares, A.G., Okolie, P.I., Kupoluyi, A.O., Ojo, O.A., Obadina, A.O., “Effect of packaging materials and storage conditions on the microbial quality of pearl millet sourdough bread”, *Journal of Food Science and Technology*, 58(1), 52–61, (2021).

Msaddak, L., Abdelhedi, O., Kridene, A., Rateb, M., Belbahri, L., Ammar, E., Nasri M., Zouari, N., “Opuntia ficus-indica cladodes as a functional ingredient: bioactive compounds profile and their effect on antioxidant quality of bread”, *Lipids in health and disease*, 16(1), 1-8, (2017).

Olapade, A., Adetuyi, D.O., “Comparison of different methods of producing bambara (*Voandzeia subterranean L. Thou*) flours for preparation of ‘moinmoin’, *Nigerian Food Journal*, 25, 150-157, (2007).

Olgun, M., Başçiftçi, Z. B., Ayter, N. G., Aydın, D., “Farklı özellikteki ekmeklik çeşitlerinin duyu analizi yönünden değerlendirilmesi”, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2), 47-54., (2017).

Onoğur, A., T., Elmacı, Y., “Gıdalarda duyu değerlendirme”, Sıdış Medya. İzmir, Türkiye, (2011).

Ortolan F, Steel CJ., “Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: A review”, *Compr. Rev. Food Sci Food Saf.* 16(3);369- 81, (2017).

Ozmutlu, Ö., Sumnu, G., Şahin, S., “Assessment of proofing of bread dough in the microwave oven”, *European Food Research and Technology*”, 212 (4), 487-490, (2001).

Örü, F., Hendek Ertop, M., “Siyez ve ekmeklik buğday kepeğinin ekşi hamur üretiminde kullanım olanağının değerlendirilmesi”, *The Journal of Food*, 46(2), (2021).

Öten, M., Ünsal, S., “Şanlıurfa Yöresine Özgü Tırnaklı ve Açık Ekmeklerin Bazı Kimyasal Bileşimlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma.”, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (3/4), 57- 62, (2006).

Özberk, İ., Karagöz, A., Atay, S., Kalem, S., Araç, N., “Anadolu’nun Buğday Mirası”, Tarla Bitkileri Enstitüsü, İstanbul, (2017).

Özer, M.S., “Kepekli Ekmeklerin Bazı Niteliklerinin İncelenmesi ve Kalitelerinin İyileştirilmesi Olanakları.”, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 152, (1998).

Özerdem, G., “Ekmeklik unlara prejelatinize buğday unu ilavesinin hamur ve ekmek kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 36-58, (2018).

Özkan, H., “Kavuzlu buğdaylar”, Türkiye Yerel Buğdaylar Sempozyumu, 20-22 Aralık 2018, Bolu, (2018).

Özkaya, B., “Ekmek teknolojisinde fermentasyon ve önemi”, *Un Mamulleri Dünyası*, 4, 1-16, (1995).

Özkaya, H., Özkaya, B., “Öğütme Teknolojisi”, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, (2005).

Pareyt B, Finnie SM, Putseys JA, Delcour JA., “Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality”, *Journal of Cereal Science*, 54(3);266-79, (2011).

Polat, Y., “Buğday ununa balkabağı tozu ilavesinin unun ekmeklik kalitesi üzerine etkisi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 42-106, (2007).

Pomeranz Y, Shogren M.D., Finney K.F., Bechtel D.B., “Fiber in breadmaking-effects on functional properties”, *Cereal Chemistry*, 54(1): 25-41, (1977).

Poitrenaud, B., “Baker's yeast. Handbook of food and beverage fermentation technology”, 695-719, (2004).

Pruska-Kędzior, A., Kędzior, Z., Gorący, M., Pietrowska, K., Przybylska, A., & Spsychalska, K., “Comparison of rheological, fermentative and baking properties of gluten-free dough formulations”, *European Food Research and Technology*, 227, 1523-1536, (2008).

Rintala, E., Toivari, M., Pitkänen, J. P., Wiebe, M. G., Ruohonen, L., Penttilä, M., “Low oxygen levels as a trigger for enhancement of respiratory metabolism in *Saccharomyces cerevisiae*”, *BMC genomics*, 10, 1-19., (2009).

Rwubatse, B., Okoth, M. W., Andago, A. A., Ngala, S., Kimonyo, A., Bitwayiki, C., “The effect of wheat variety, fermentation and incorporation of ingredients on the texture profile, colour and sensory attributes of whole wheat bread”, *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 13(2), 227-235, (2021).

Samuel, D., “Investigation of ancient Egyptian baking and brewing methods by correlative microscopy.”, *Science*, 273(5274), 488-490, (1996).

Saka, M., “Yulaf kepeği katkılı ekmeklerin fonksiyonel ve kalite özelliklerine ekmek yapım yöntemlerinin etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 15-96, (2019).

Şanal, T., “Bazı Yerel Buğday Çeşitlerinin Kalite Parametreleri”, *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 24, 27-31, (2017).

Seçen, S. M., “Kabak çekirdeği yağının kek üretiminde kullanım olanaklarının araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir, 10-61, (2016).

Shah, A. R., Shah, R. K., Madamwar, D., “Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanase from *Aspergillus foetidus*”, *Bioresource technology*, 97(16), 2047-2053, (2006).

Shaikh, I. M., Ghodke, S. K., Ananthanarayan, L., “Staling of chapatti (Indian unleavened flat bread)”, *Food Chemistry*, 101(1), 113-119, (2007).

Scheuer, P. M., Luccio, M. D., Zibetti, A. W., de Miranda, M. Z., de Francisco, A., “Relationship between instrumental and sensory texture profile of bread loaves made with whole-wheat flour and fat replacer”, *Journal of Texture Studies*, 47(1), 14-23, (2016).

Shenoy, A. H., Prakash, J., “Wheat bran (*Triticum aestivum*): composition, functionality and incorporation in unleavened bread”, *Journal of Food Quality*, 25, 197 – 211, (2002).

Shewry, P. R., “The health grain programme opens new opportunities for improving wheat for nutrition and health”, *Nutr. Bull.*, 34(2), 225-231, (2009).

Shogren, M.D., Pomeranz, Y., Finney U.S., “Counteracting the deleterious effects of fiber in bread making”, *Cereal Chemistry*, 58 (2): 142-144, (1981).

Sievert D, Hosney RC, Delcour JA., “Bread and other baked products.” Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Weinheim, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, (2007).

Slavin, J., "Whole grains and human health", *Nutrition Research Reviews*, 17, 99–110, (2004).

Slavin, J.L., "Dietary fiber and body weight", *Nutrition*, 21, 411-418, (2005).

Sliwinski, E. L., Kolster, P., Vliet, T.V., "On the relationship between large deformation properties of wheat flour dough and baking quality", *Journal of Cereal Science*, 39: 231–245, (2004).

Stallknecht, G.F., Gilbertson K.M. ve Ranney J.E., "Alternative Wheat Cereals as Food Grains: Einkorn, Emmer, Spelt, Kamut and Triticale, Progress in New Crops", ASHS Press, Alexandria, VA, 156-170, (1996).

Steinkraus, K. H., *Industrialization of Indigenous Fermented Foods*, Marcel Dekker: New York, 112-116, (2004).

Şahin, N., "Nohut mayasının tam un ekmeği ve glutensiz ekmek kalitesine etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman, 18-49, (2017).

Şahin, Y., Yıldırım, A., Yücesan, B., Zencirci, N., Erbayram, Ş. Gürel, E., "Phytochemical content and antioxidant activity of einkorn (*Triticum monococcum ssp.monococcum*), bread (*Triticum aestivum L.*), and durum (*Triticum durum Desf.*) wheat", *Progress in Nutrition*, 19(4), 450-459, (2017).

Şanal, T., "Bazı Yerel Buğday Çeşitlerinin Kalite Parametreleri." *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 24, 27-31, (2017).

Şanlıer N., "Tam tahıl ürünleri ve sağlık üzerine etkileri", Tam Buğday Ekmeği Yaygınlaştırma Sempozyumu, 48-54, Ankara, (2012).

Şimşek, S. T., "Vakum Fermantasyon Uygulamasının Glutensiz Ekmeğin Kalite Kriterleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 368-374, (2020).

Şimşek, S. T., “Evaluation of partial-vacuum baking for gluten-free bread: Effects on quality attributes and storage properties”, *Journal of Cereal Science*, 91, 102891, (2020).

Şimşek, S. T., “Vacuum modification of partial-baked wheat bread: Evaluation of the physicochemical, microstructural properties and acrylamide content”, *Journal of Cereal Science*, 105, 103467, (2022).

Tartılmış Türkoğlu, M., Gerçekaslan, K. E., “Buğday ununa çerezlik kabak (*Cucurbita pepo L.*) unu ilavesinin hamurun ve ekmeğin teknolojik özellikleri üzerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir,39-48, (2002).

Thorup, A.C., Gregersen, S., Jeppesen, P.B., “Ancient wheat diet delays diabetes development in a type 2 diabetes animal model”, *Diabet. Studies* .,11(3), 245–257, (2014).

Troccoli, A., Codianni, P., “Appropriate seeding rate for einkorn, emmer, and spelt grown under rainfed condition in southern Italy”, *European Journal of Agronomy*, 22(3), 293-300, (2005).

Tronsmo, K. M., Magnus, E. M., Faergestad, E. M., Schofield, J. D., “Relationships between gluten rheological properties and hearth loaf characteristics”, *Cereal Chemistry*, 80: 575–586, (2003).

Trozzi, C., Raffaelli, F., Vignini, A., Nanetti, L., Gesuita, R. and Mazzanti, L., “Evaluation of antioxidative and diabetes-preventive properties of an ancient grain”, Kamut ® khorasan wheat, in healthy volunteers, *European. Journal of Nutrition*, 58(1), 151-161, (2019).

Tuluk, K., “Farklı oranlarda lupin unu kullanılarak üretilen beyaz ekmeğin ve tam buğday ekmeğinin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 29-68, (2017).

Türker, B., “Glutensiz Kek Üretimi ve Bazı Fiziksel, Kimyasal, Fonksiyonel Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 22-54, (2016).

Ünal, S. “Importance of wheat quality and methods in wheat quality determination.” Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi 3-4 Ekim 2002, 25-37, Gaziantep, Turkey, (2002).

Vogel, R. F., Pavlovic, M., Ehrmann, M. A., Wiezer, A., Liesegang, H., Offschanka, S., Liebl, W., “Genomic analysis reveals *Lactobacillus sanfranciscensis* as stable element in traditional sourdoughs, In Microbial cell factories”, *BioMed Central.*, (10):1, 1-11, (2011).

Yavuz, Z., “Ekmeklik unlara diyet lif kaynağı olarak iğde tozu ilavesinin hamur ve ekmek kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-42, 2019.

Yılmaz, B., Çakar, Z. P., “İTÜ Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü ve İTÜ MOBGAM'daki Maya ve Metabolik Mühendislik Araştırmaları”, Editör'den, 8, (2009).

Yılmaz, M., “Buğday/Çavdar/Bamya kompozit ununun ekmeğin bazı kalite özelliklerine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik, 32-48, (2017).

Yılmazaslan, B., “Bazı Doğal Katkı Maddelerinin Ekmek Özellikleri Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon, 22-59, (2008).

Yılmaztekin, M., (2015).

<http://www.vankim.com/Files/Ekmek%20uretim%20teknolojisi%281%29.pdf>,

(Erişim Tarihi: 11.11.2022).

Yiğit, V., “Ekmeğin su aktivitesi ve ambalajlamadaki rolü”, *Gıda*, 13(5), 331-335, (1988).

Yurdatapan, S., “Türkiye’de ekmek sanayi ve ekmek tüketim eğilimleri”, Yüksek Lisans, Tezi Namık Kemal Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilimdalı, Tekirdağ, 32-69, (2014).

Walker, C. E., Hazelton, J. L., “Dough Rheological Tests”, *Cereal Foods World*, 41(1) ,23-28, (1996).

Zengin, G., “Bazı İlkel Buğdaylarda Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 39-48, (2015).

Zhang, D., Moore, W.R., “Wheat bran particle size effects on bread baking performance and quality”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 805-80, (1999).

6. EKLER

EK A DUYUSAL ANALİZ FORMU

Sayın panelist,

Size, toplam 9 (dokuz) adet ekme k  rneği sunulacaktır. Lütfen ekmekleri sunum sırasına göre inceleyiniz. Ekmeklerin  zellikleri hakkındaki düşüncelerinizi işaretlemek için kutucuklardan birine çarpı işareti (X) koymanız yeterli olacaktır.

Ekmek  rneklelerini tatmaya başlamadan ve bir sonraki ekmeğin tadına bakmadan önce bir lokma etimek yiyip, bir miktar su içiniz.

EKMEK NUMARASI:

1. Ekmeğin **kabuk rengini** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

Çok kötü Kötü Kötünün  st  Orta Ortanın  st  İyi  ok İyi
ortanın altı iynin altı

2. Ekmeğin **i  rengini** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

Çok kötü Kötü Kötünün  st  Orta Ortanın  st  İyi  ok İyi
ortanın altı iynin altı

3. Ekmeğin **kokusunu** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

Çok kötü Kötü Kötünün  st  Orta Ortanın  st  İyi  ok İyi
ortanın altı iynin altı

4. Ekmeğin **tadını** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

Çok kötü Kötü Kötünün  st  Orta Ortanın  st  İyi  ok İyi
ortanın altı iynin altı

5. Ekmeğin **gözenek yapısını** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

Çok kötü Kötü Kötünün  st  Orta Ortanın  st  İyi  ok İyi
ortanın altı iynin altı

6. Ekmeğe parmağınızla dokunarak tekstür (yapısal)  zelliği hakkındaki düşüncenizi işaretleyiniz.

Çok kötü Kötü Kötünün  st  Orta Ortanın  st  İyi  ok İyi
ortanın altı iynin altı

7. Ekmeğin ** ignenebilirliğini** inceleyip, düşüncenizi işaretleyiniz.

Çok kötü Kötü Kötünün  st  Orta Ortanın  st  İyi  ok İyi
ortanın altı iynin altı

8. Ekmek ile ilgili olarak **genel beğeniniz** hakkındaki düşüncenizi işaretleyiniz.

Çok kötü Kötü Kötünün  st  Orta Ortanın  st  İyi  ok İyi

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tuğçe AYDOĞDU

Doğum Yeri ve Tarihi : Malkara/ TEKİRDAĞ 30.01.1997

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Y. Lisans Üniversite (varsa) : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : taydogdu15@posta.pau.edu.tr

İletişim Adresi :

Yayın Listesi :

- TUBİTAK-1002 Hızlı Destek Programı 122O183 No'lu ve “Son Fermentasyonda Vakum Uygulamasının Mayalı Ürünlerde Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi” başlıklı projede bursiyer.