

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUHAR DESTEKLİ PİŞİRMEDE FARKLI MİKTARLARDA BUHAR
UYGULAMASININ EKMEK KALİTESİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Deryanur KALKAVAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BUHAR DESTEKLİ PİŞİRMEDE FARKLI MİKTARLARDA BUHAR
UYGULAMASININ EKMEK KALİTESİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Deryanur KALKAVAN
(506161504)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK

HAZİRAN 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506161504 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Deryanur KALKAVAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BUHAR DESTEKLİ PİŞİRMEDE FARKLI MİKTARLARDA BUHAR UYGULAMASININ EKMEK KALİTESİNE ETKİSİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Dilara ERDİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Esra DOĞU BAYKUT
Doğuş Üniversitesi

Teslim Tarihi : 4 Mayıs 2018
Savunma Tarihi : 4 Haziran 2018





Babama,



ÖNSÖZ

“Buhar Destekli Pişirmede Farklı Miktarlarda Buhar Uygulamasının Ekmek Kalitesine Etkisi” adlı tez çalışmam boyunca değerli görüşlerini benimle paylaşan ve ve deneyimleri ile beni yönlendiren tez danışmanım Sn. Doç. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK’a yürekten teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca ARÇELİK A.Ş. laboratuvarlarında benim için tüm imkanları sağlayan Sn. Dr. Levent AKDAĞ ve Sn. Haluk KARATAŞ’a çok teşekkür ederim. Hem fikirleri hem de tecrübesi ile her zaman yanımda olan Sn. Gönül ÇAVUŞOĞLU KAPLAN’a desteği ve bana kattığı herşey için teşekkür ederim. Deneysel çalışmalarımda sürekli destek olan Sn. Esen AK’a ve yardımlarını esirgemeyen Sn. Mehmet MARAŞLI ve Sn. Cihan Kaan COŞKUN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Değerli vaktinden ayırarak yaptığım deneysel çalışmaya destek veren Sn. Dilek ERBİL’e teşekkürü borç bilirim.

Tez teslim sürecinde bana çok yardımcı olan değerli arkadaşlarım Sn. İlknur İLHAN’a ve Sn. Merve KAYA’ya teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan ve beni destekleyen aileme sevgilerimi sunarım.

Mayıs 2018

Deryanur KALKAVAN



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ÖZET	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 Buhar Destekli Pişirme.....	3
2.2 Ekmeğin Kompozisyonu ve Kalite Özellikleri	4
2.2.1 Fitik asit.....	6
2.2.2 Fenolik bileşikler ve antioksidan kapasite	9
2.2.3 Mineral içeriği	10
2.2.4 Protein, Karbonhidrat ve Yağlar	11
2.2.5 Pişme sırasında meydana gelen bileşikler.....	13
2.3 Pişme Sırasında Ekmekte Meydana Gelen Fiziksel Değişimler	14
2.3.1 Ekmek şekli ve hacmi	14
2.3.2 Ekmeğin kabuk kalınlığı ve kabuk rengi	15
2.3.3 Ekmek iç yapısı	16
2.4 Pişme Esnasında Ekmekte Meydana Gelen Biyokimyasal değişimler	16
2.5 Ekmeğin Buhar Destekli Pişirilmesine Dair Çalışmalar	18
3. MATERYAL-METOT	23
3.1 Materyal	23
3.2 Metot	23
3.2.1 Ekmek örneklerinin hazırlanışı	23
3.2.2 Fiziksel analizler	26
3.2.2.1 Pişme kaybı	26
3.2.2.2 Hacim ve kabarma miktarı	26
3.2.2.3 Renk analizi.....	27
3.2.2.4 Kabuk ve iç kısım analizi.....	27
3.2.2.5 Nem içeriği.....	27
3.2.2.6 Doku analizi	27
3.2.3 Kimyasal analizler.....	28
3.2.3.1 Fitik asit tayini	28
3.2.3.2 Toplam fenolik madde tayini	28
3.2.3.3 Antioksidan kapasitesi	28
3.2.3.4 HMF analizi	29
3.2.3.5 Protein tayini	29
3.2.3.6 Toplam yağ tayini	29
3.2.3.7 Tuz tayini	30

3.2.3.8 Toplam kül tayini	30
3.2.3.9 Ekmek yüzeyinde mikrobiyal gelişimin incelenmesi.....	31
3.2.4 Duyusal analiz	31
3.2.5 İstatistiksel analiz	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1 Fiziksel Analiz Sonuçları	33
4.1.1 Pişme kaybı	33
4.1.2 Hacim ve kabarma ölçümü.....	34
4.1.3 Renk analizi.....	36
4.1.4 Kabuk ve taban kalınlığı	38
4.1.5 Nem içeriği.....	38
4.1.6 Doku analizi	39
4.2 Kimyasal Analiz Sonuçları.....	42
4.2.1 Fitik asit tayini.....	42
4.2.2 Toplam fenolik bileşenler.....	43
4.2.3 Antioksidan kapasitesi.....	43
4.2.4 HMF analizi.....	44
4.2.5 Protein analizi.....	46
4.2.6 Toplam yağ tayini.....	47
4.2.7 Tuz ve toplam kül tayini.....	47
4.2.8 Ekmek yüzeyinde mikrobiyal gelişim.....	49
4.3. Duyusal Analiz Sonuçları.....	49
5. SONUÇ.....	55
KAYNAKLAR.....	59
EKLER.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	69

KISALTMALAR

AACC	: American association of cereal chemists
ANOVA	: Analysis of variance
a_w	: Su aktivitesi
CIE	: Commission Internationale de l'Eclairage
DAD	: Diode array detection
ESI	: Electrospray ionization
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
HMF	: Hidroksimetil furfural
HPLC	: High-performance liquid chromatography
km	: Kuru madde
MS	: Kütle spektrometresi
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
TE	: Trolox eşdeğeri
SEM	: Taramalı elektron mikroskopisi
UV	: Ultraviyole



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Farklı ekmek türlerinin besin değerleri	5
Çizelge 2.2 : Türk gıda kodeksine göre ekmeğin kimyasal özellikleri.....	6
Çizelge 2.3 : Bitkisel kökenli gıdaların fitat içerikleri	8
Çizelge 2.4 : Buğday un, hamur ve ekmeğin mineral içeriği	11
Çizelge 4.1 : Pişirme esnasında farklı miktarda buhar eklenerek pişirilen ekmeklerin pişme kaybı ve Tukey testi karşılaştırmaları	34
Çizelge 4.2 : Pişirme esnasında farklı miktarda buhar uygulanarak pişirilen ekmeklerin hacimleri ve Tukey testi karşılaştırmaları.....	34
Çizelge 4.3 : Pişirme esnasında farklı dozda buhar uygulanan ekmeklerin kabarma miktarları ve Tukey testi karşılaştırmaları	35
Çizelge 4.4 : Pişirme esnasında farklı dozda buhar uygulanmış ekmeklerin kabuklarının renk değerleri ve Tukey karşılaştırmaları	37
Çizelge 4.5 : Pişirme esnasında farklı dozda buhar uygulanmış ekmeklerin iç kısımlarının renk değerleri ve Tukey karşılaştırmaları.....	37
Çizelge 4.6 : Pişirme esnasında farklı dozda buhar uygulanmış ekmeklerin kabuk ve taban kalınlıkları	38
Çizelge 4.7 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanan ekmeklerin nem yüzdeleri ve Tukey testi karşılaştırmaları	39
Çizelge 4.8 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanan ekmeklerin doku profili analizi ve Tukey karşılaştırmaları.....	40
Çizelge 4.9 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanan ekmeklerin kabuklarının tekli sertlik testi değerleri ve Tukey karşılaştırmaları	41
Çizelge 4.10 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanan ekmeklerin fitik asit içerikleri ve Tukey testi karşılaştırmaları.....	42
Çizelge 4.11 : Pişirme sırasında farklı miktarlarda buhar uygulanarak pişen ekmeklerin toplam fenolik madde içeriği ve Tukey testi karşılaştırmaları	43
Çizelge 4.12 : Pişirme sırasında farklı miktarlarda buhar uygulanarak pişen ekmeklerin yüzde inhibisyon değerleri ve Tukey testi karşılaştırmaları	44
Çizelge 4.13 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanarak pişen ekmeklerin HMF değerleri ve Tukey testi karşılaştırmaları	45
Çizelge 4.14 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanarak pişen ekmeklerin kuru maddede protein miktarları ve Tukey testi karşılaştırmaları	46
Çizelge 4.15 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanarak pişen ekmeklerin toplam yağ miktarı ve Tukey testi karşılaştırmaları	47
Çizelge 4.16 : Pişirme sırasında farklı buhar koşullarında pişen ekmeklerin tuz miktarları ve Tukey karşılaştırmaları.....	48
Çizelge 4.17 : Pişirme sırasında farklı buhar koşullarında pişen ekmeklerin kül miktarları ve Tukey testi karşılaştırmaları	48

Çizelge 4.18 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanaran ekmeklerin kabuklarının duyuşal değerlendirme sonuçları ve Tukey karşılaştırmaları.....	50
Çizelge 4.19 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanaran ekmeklerin iç kısımlarının duyuşal değerlendirme sonuçları ve Tukey karşılaştırmaları	51
Çizelge 4.20 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanaran ekmeklerin aroma ve tat özelliklerinin duyuşal değerlendirme sonuçları ve Tukey testi karşılaştırmaları.....	52



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Ekmek yapımı akım şeması.....	4
Şekil 2.2 : Fitik asidin yapısı	7
Şekil 2.3 : Protein denatürasyonu	12
Şekil 2.4 : Hidroksimetilfurfural yapısı	13
Şekil 3.1 : Buhar jeneratörünü besleyen su haznesi	24
Şekil 3.2 : Ekmeklerin mayalanması süresince fırın içi sıcaklığı.....	24
Şekil 3.3 : Pişirme sırasında fırın içi sıcaklığı	25
Şekil 3.4 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanan ekmeklerin zamana göre değişen ekmek içi sıcaklıkları	25
Şekil 3.5 : Ekmekte kabarma ölçümlerinin alındığı nokta	26
Şekil 4.1 : Buharsız, 150 ml ve 350 ml buhar eklenerek pişirilen ekmeklerin üst ve taban görünüşleri.....	33
Şekil 4.2 : 0., 4. ve 7. günlerde ekmeklerde görülen küf oluşumu. A: Buharsız pişen ekmek, B: 150 ml buharla pişen ekmek, C: 350 ml buharla pişen ekmek	49



BUHAR DESTEKLİ PİŞİRMEDE FARKLI MİKTARLARDA BUHAR UYGULAMASININ EKMEKLERİN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

ÖZET

Gelişen teknoloji ve farklı beslenme eğilimleri doğrultusunda, gıdaların işlenmesinde yeni teknikler ortaya çıkmaktadır. Buhar destekli pişirme bu yöntemlerden biridir. Buharlı destekli pişirme işleminde buhar gıdanın işlenmesindeki temel faktör değildir, gıdaya uygulanan ısı işleme destek olarak pişirme gerçekleşir. Buharlı pişirmenin temel amacı pişirilen gıdanın rengini, dokusunu geliştirmektir. Bunun yanı sıra buhar uygulaması pişirme sürecini oldukça hızlandıran bir faktördür. Özellikle fırıncılık mamüllerinde gıdanın yüzeyindeki parlaklığı, kabuk rengini ve hacmini geliştirmek için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada sabit bir sıcaklıkta ekmeklerin pişirilmesi sırasında ortama verilen farklı seviyelerde buhar miktarının, gıda kalitesi üzerindeki etkisinin gözlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda aynı tariften hazırlanmış hamurlar aynı koşullarda (30°C, 30 dk.) mayalandırılarak, 200°C’de pişirilmiştir. Pişirme işlemlerinden birinde ortama buhar verilmezken, diğer iki uygulamada sırası ile ortama 150 ml ve 350 ml buhar verilmiş; pişen ekmeklerde çeşitli analizler yapılmıştır. Bu analizler pişme kaybı, hacim ve kabarma, renk, kabuk ve taban kalınlığı, doku ve nem gibi fiziksel analizleri ve fitik asit, toplam fenolik, antioksidan, protein, yağ, tuz ve kül gibi kimyasal analizleri içermektedir. Ekmeklerin fiziksel ve duyu analizi pişme üzerinden 4 saat geçince yapılmıştır, kimyasal analizler bu analizleri takip etmiştir. Bu analizlere paralel olarak ekmeklerdeki mikrobiyolojik gelişim incelenmiştir.

Yapılan çalışmaların sonucunda buharın ekmek hacmi üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir. Buna göre en yüksek ekmek hacmi, en fazla buhar verilen ekmekte görülmüştür. Bunun yanı sıra buharın renk parametrelerinden a*, b* ve kroma değerlerini aynı şekilde etkilediği, buharla birlikte bu değerlerin arttığı kaydedilmiştir. Açıklık (L*) buhardan etkilenmemiştir. İç kısım rengi buhar miktarının artışından etkilenmemiş, parametreler arası anlamlı bir fark görülmemiştir.

Kabuk kalınlığının buhar miktarından etkilenmediği tespit edilmiş ancak doğrudan buhar temas etmemesine rağmen taban kalınlığının buharın artışı ile birlikte arttığı görülmüştür. Bu durumun, ortamdaki buhar yoğunluğunun artması ile pişirme gereği olan tepsinin daha hızlı ısınmasından ve ekmeği daha hızlı ısıtmasından kaynaklandığı yorumu yapılabilir.

Ekmekte nem, numunelerin iç ve kabuk kısımları üzerinden ölçülmüş ve buhar miktarı arttıkça nem değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Buharsız ve 150 ml buhar uygulanmış numuneler ile 350 ml buhar uygulanmış numunelerin nem değerleri arasında anlamlı bir değişim gözlenmiştir. Kabuk numunelerinden yapılan ölçümlerde 0 ml, 150 ml ve 350 ml için nem değerleri sırasıyla %24,6, %24,0 ve %34,9 olarak ölçülmüştür. İç kısımdan alınan örneklerin nem içerikleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

Doku profili analizine bakıldığında sertliğin buhar ile birlikte azaldığı görülmüştür. Gıdanın nem içeriği arttıkça iç sertliği azalmaktadır. Aynı zamanda çiğnenebilirlik değeri için de, buharsız pişirme ve 350 ml'lik buharda pişirme arasında anlamlı bir fark gözlenmiştir. Her iki parametre buhar miktarının artması ile azalmıştır. Bu durum ekmeğinin sertliğinin düşük olması ile de ilişkilendirilmiştir. Kabuktaki sertlik ölçümlerine göre, en sert kabuğun buharsız pişen ekmekte olduğu sonucuna varılmıştır ancak buhar uygulaması ile doğrudan ilişkili bir değişim gözlenmemiştir. Bunun temel nedeninin, başlangıçta buhar nedeniyle çıtır ve sert bir kabuk elde edilse de uzun süreli buhar uygulaması sonucu fırında kalan ekmeğin yumuşaması ve geçirgenliğinin artması olabileceği düşünülmektedir.

Fitik asit sonuçları 0 ml, 150 ml ve 350 ml için sırasıyla 6,3, 6,6 ve 6,8 mg/g olarak tespit edilmiştir. Fitik asit miktarlarının her koşulda düşük seviyelerde çıkmasının temel sebebi uzun süren mayalama işlemi olabilir. Fakat fitik asit içeriği buhar ile ilişkilendirilecek şekilde değişim göstermiştir. Kuru madde bazında fitik asitin buhar miktarı arttıkça arttığı görülmüştür. Toplam fenolik değerleri farklı buhar miktarlarına bağlı olarak değişmemiştir. 0 ml, 150 ml ve 350 ml için sırasıyla 19,5, 18,6 ve 21,1 mg GAE/100 g km olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar arasında da buhar miktarına bağlı değişen bir ilişki gözlenmemiştir. Antioksidan kapasitesinde en yüksek inhibisyon yüzdesi 350 ml buhardaki ekmekte %4,8 görülmüştür. Bu değer diğer koşullardaki %inhibisyon değerlerinden anlamlı olarak farklıdır. Bir çeşit antioksidan olan fitik asit miktarı buharla birlikte arttığı gibi toplam antioksidan kapasitesi de artış göstermiştir.

Yapılan analiz sonucunda buharın HMF oluşumunu önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Buharsız pişen ekmelerde HMF miktarı 16,1 mg/kg iken, 150 ml buharda pişen ekmelerde 4,2 mg/kg ve 350 ml buharda pişen ekmelerde 3,4 mg/kg miktarda HMF tespit edilmiştir. Buharsız pişirilen ekmeler ile buhar uygulanarak pişirilen ekmeler arasında anlamlı bir değişim gözlenirken, 150 ml ile 350 ml buhar uygulamaları arasında HMF miktarı azalmış olsa da farkın anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. HMF miktarındaki azalış ile kroma ve b* değerlerindeki artış arasında paralellik bulunmaktadır.

Protein değeri buharsız pişen numunede minimumken, buhar uygulaması ile birlikte ekmek numunelerinin protein içeriğinin arttığı görülmüştür. Toplam yağ, tuz ve kül tayinlerinin sonuçları kendi içlerinde istatistiksel olarak benzerdir dolayısıyla buharın bu parametrelere etkisi bulunmamaktadır.

Yapılan duyu analizi sonuçları buhar uygulamasının ekmeğin rengini, çıtırliğini ve kokusunu etkilediği sonucunu vermiştir. Buhar miktarı arttıkça ekmek renginin koyulaştığı belirtilmiş ve buhar destekli koşullarda pişen ekmelerin kokusu beğenilirken, buharsız pişen ekmeğin kokusu beğenilmemiştir.

Ekmekler fiziksel ve kimyasal analizlerin yanı sıra mikrobiyolojik gelişimin gözlemlenebilmesi için etüvde 25°C'lik sıcaklıkta 7 günlük bir periyot boyunca bekletilmiş ve küf gelişimi incelenmiştir. 4. gün ekmeklerin her birinde küçük noktalar halinde küf oluşmaya başladığı tespit edilmiştir. 7. günde ise küfler oldukça oldukça belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Her üç ekmekte de küf oluşumu gözlenmesine rağmen buhar destekli pişen ekmelerde buharsız pişen ekmeğe göre daha yoğun bir küflenme görülmüştür. Bu 7 günlük süreçte ekmeklerin nem oranları da buharsız pişen, 150 ml ve 350 ml buharda pişen ekmekler için sırasıyla %9,6, %11,9 ve %10,4 oranlarında azalmıştır.

Sonuç olarak buhar uygulaması ekmeğın fiziksel görünüşünü, rengi, dokusu ve hacmini ve kimyasal özellikleri olan antioksidan, fitik asit ve protein değerleri anlamlı olarak etkilenmiştir. HMF miktarı da buhar varlığından önemli oranda etkilenmiştir. HMF miktarı buharla azalmış ve kroma değeri artmıştır. Artan buharla birlikte ekmeğın nem oranı artmış ve doku yumuşamıştır. Elde edilen sonuçlara göre pişirme sırasında buhar uygulamasının fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerin iyileştirilmesi açısından önemli bir alternatif olduğu görülmüştür.





EFFECT OF DIFFERENT AMOUNTS OF STEAM APPLICATION ON QUALITY PROPERTIES OF BREAD DURING STEAM ASSISTED BAKING

SUMMARY

By developing technologies and different healthy diet trends, new cooking techniques appear every decade. These new techniques are used either individually or in combination with conventional cooking methods such as steam-assisted baking. While steam is not the main factor in the baking process, it is used to improve the organoleptic quality of foods. Besides that, applying steam during conventional baking affects the cooking time and food properties such as color, dehydration on the surface, formation of process contaminants and bioavailability of nutritional compounds.

In this study, steam was added to the loaves of bread which were cooked in an oven having regular fan heating with a temperature of 200°C and the changes in physical, chemical and sensory properties was evaluated. Each dough was prepared by the same recipe, shaped uniformly and proved at 30°C for 30 minutes. While the baking was taking place, control loaf of bread was baked without any steam application. One of them was baked at 200°C and assisted with 150 mL of steam and the other bread loaf was baked at 200°C with 350 mL of steam application. Various analyses were conducted on those bread samples in order to evaluate the effect of steam application. For this purpose, physical analyses such as cooking loss, volume and rising determination, color, crust and bottom thickness, texture and moisture content determination; chemical analyses such as phytic acid, total phenolic content, antioxidant capacity, protein, fat, salt, ash were conducted. The microbiological growth on bread loaves were evaluated. The results were supported by a sensory panel designed by a comparative sensory test. Physical and sensory analyses were performed 4 hours after the baking process. Then, they were followed by chemical analyses.

The results showed that the volume of the bread was affected by the steam application, the highest volume was obtained at the bread which was baked with 350 mL of steam. Also, it was detected that the higher the amount of steam applied, the bigger the a^* , b^* and chrome values which indicate the color. However, lightness was not affected by the amount of steam.

It was observed that the amount of steam had no influence on crust thickness which is an important parameter for the perception of the freshness of the bread loaf. Besides, even the steam could not directly contact the bottom, the bottom thickness increased by the amount of steam application. This may be due to the high amount of steam contribution to the quick heating of baking tray and as a result quick baking of the base. Therefore more thicker base was obtained.

The moisture content of crumb and crust were measured individually. It was determined that as that amount of steam during baking increased, the moisture content increased. Moisture contents of the crust of 0 mL, 150 mL and 350 mL steam-assisted baked breads were measured as 24.6%, 24.0 % and 34.9 %, respectively. In the crust, the moisture content of the bread loaf baked with 350 mL of steam was (34.9%)

significantly different than the crust moisture ratios of bread loaf baked with 150 mL of steam and bread loaf baked without steam. There was no significant change detected in the crumb moisture content.

Texture profile analysis showed that the hardness of breadcrumb was decreased by the amount of steam. Even the bread crust became crisp and hard at the beginning of the baking process, the long baking durations made it more permeable to steam which was ended as a high moisture content and a softer crumb. Additionally, chewiness was also affected by the amount of steam. The differences were statistically significant for 0 mL and 350 mL steam addition. Both parameters, hardness and chewiness were decreased as the steam amount increased. This situation was related with the low hardness value of the bread baked with 350 mL of steam application. Single hardness test was conducted to evaluate the hardness of the bread crust. Although the bread baked with no steam added had the hardest crust, no relation with the increasing steam amount was detected.

Phytic acid is an important compound found in plant-based foods since it is used to provide energy to plants. However, it acts as a storage for phosphorus, it is also a chelating agent that binds minerals. Its mineral-binding property made phytic acid an antinutrient considering bound minerals cannot be absorbed by human body. To investigate the effect of steam-assisted baking on phytic acid content, phytic acid determination was conducted. Phytic acid values for the bread loaves baked with 0 mL, 150 mL and 350 mL steam were determined as 6.3, 6.6 and 6.8 mg/g. The reason of the low phytic acid values may be due to long proving times. Phytic acid content changed significantly and can be related to steam amounts. Total phenolic compounds were detected as 19.5, 18.6 and 21.1 mg GAE/100 g dry basis for bread loaves that 0 mL, 150 mL and 350 mL steam applied, respectively. The values were not showing any correlation. As a result of antioxidant capacity analysis, the highest inhibition percent was detected at bread loaf baked with 350 mL of steam as 4.8%. The inhibition values of loaves baked without steam with 150 mL of steam were significantly different than the loaf baked with 350 mL of steam. A correlation between the steam amount and antioxidant capacity were found. Since phytic acid is an antioxidant, both parameters showed an increment due to the steam application.

The results of the analysis conducted due to determine the HMF values of the bread loaves showed that the HMF content was decreased significantly as the applied steam volume increased. While the HMF content was determined as 16.1 mg/kg in average in the bread loaf baked without steam, the HMF contents were 4.2 and 3.4 mg/kg in the bread loaf baked with 150 mL of steam and 350 mL of steam, respectively. There was a significant difference between the bread loaves with and without steam application. However, the steam application lowered the HMF contents greatly, the difference between 150 mL and 350 mL of steam applied bread loaves were not considered as significant. The reason of this significant decrease between loaves of bread with and without steam application is the water activity (a_w) on the surface of the dough which affects the reaction rate of Maillard reaction and formation of HMF as an intermediate product. As the steam level increased, a_w increased on the surface and less HMF was formed during baking process. The change in chrome values and HMF content showed similarity.

Protein amount was minimum at the loaf baked without steam and increased by steam. The results of fat, ash and salt determinations were not different significantly. It can be said that the steam amount had no influence on these parameters. Ash content was

calculated on the dry basis and bread loaf baked with 350 mL of steam had the lowest ash content.

Besides physical and chemical analyses, sensory analysis has a specific importance because even if all the parameters were improved with the steam-assisted baking, the technology could not be applicable if the loaves were found unacceptable by panelists in the sensory panel. The sensory analysis showed that the steam affected the color, crispness and aroma of the bread loaves. It was stated that as the amount of steam increased, the color of bread darkened. The aroma of the bread loaves baked in steamy conditions was rated with high scores and more preferred.

Bread loaves were stored in the oven at 25°C for 7 days to investigate the growth of microorganisms visually. At day 4, a small amount of mold was detected on the surfaces of the loaves of the breads. At day 7, the mold was spread on the surfaces of loaves. The mold growth was higher at the bread loaves that were baked with steam. The moisture content of the bread loaves was also investigated on day 0, 4 and 7. At day 0, the moisture content of bread loaves baked without steam and bread loaves baked with the assist of 150 mL and 350 mL of steam were 35.5%, 37.2% and 37.9%, respectively. At day 7, moisture contents of loaves baked without steam, with 150 mL of steam and with 350 mL of steam decreased to 32.1%, 32.8% and 34.0%, respectively. The mold growth was denser on the bread loaf baked with 350 mL of steam.

In conclusion, steam addition improved the physical appearance of the bread in terms of its color, volume and texture and also the aroma was affected by the steam. Although, the chemical components as phytic acid, antioxidants, HMF and protein were affected significantly, phenolics, fat, ash and salt were not affected by the steam. The HMF content was significantly affected by the steam introduced into the oven chamber and a correlation with color parameters was observed. The moisture of bread loaf had an impact on the texture profile. To obtain a bread with better physical attributes and higher sensory acceptability, steam assisted baking should be preferred.



1. GİRİŞ

Piştirme işlemleri gıdaların yapılarında neden olduğu değişikliklerle gıdaların hazırlanması aşamalarının en önemli adımlarından biridir. Tat oluşumu, sindirilebilirliği geliştirmesi, mikrobiyolojik olarak güvenliği sağlaması ve raf ömrünü arttırması bu önemli değişiklikler içinde gösterilebilir (İşleroğlu ve diğ., 2016). Gıdaları pişirmek için kullanılan çeşitli yöntemler olmasına rağmen son yıllarda tüketicilerin sağlıklı beslenme eğilimleri nedeniyle buharın piştirme işlemlerinde kullanımını ön plana çıkarmıştır. Tat, renk, doku gibi kalite özelliklerini geliştirmesi; piştirme süresini kısaltması, vitaminlerin ve biyoaktif maddelerin minimum kayba uğraması nedeniyle buhar, piştirme işlemleri içinde önem kazanmıştır (İşleroğlu ve diğ., 2016).

Buharlı piştirme neredeyse 10000 yıllık bir geçmişi olduğuna inanılan antik bir yöntemdir (Johnson, 1999). Geçmişten günümüze uzanan bu yöntem hala tek başına gıdaları pişirmek için uygulanabildiği gibi, ısı ile işlemle birlikte uygulanması da mümkündür. Böylece farklı dokular ve lezzetler elde edilebilmektedir. Buharlı pişirmenin yanında ısı ile işlem de uygulayarak 100°C civarında piştirme yapma zorunluluğu da ortadan kalkmış olur. Bu yöntemle yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi gereken ekmek gibi gıdaların kendilerine has özelliklerinden vazgeçmeden piştirme sağlanabilir.

Ekmek yüzlerce yıllık geçmişi olan bir gıda olmakla birlikte dünya çapında en çok tüketilen gıdaların da başında gelmektedir. Uzun yıllardır var olan bir yiyecek olduğundan, yıllar içerisinde değişerek çeşitlenmiş ve dünyanın farklı bölgelerinde farklı usullerle üretimi yapılan bir gıda olmuştur. İlk olarak yapılmaya başladığında sadece su ve un ile yenilebilir bir ekmek elde etmek mümkün olsa da yıllar içerisinde içine pek çok farklı malzeme eklenerek çeşitli ekmek formülleri geliştirilmiştir (Moore, 2016).

Ekmek yapımında piştirme önemli fiziksel ve kimyasal değişimlerin gerçekleştiği bir aşamadır. Hacmin artışı, kabuk oluşumu, renk değişimi, suyun buharlaşması, dokusal

değişimler, proteinlerin denatürasyonu, nişastanın jelatinizasyonu ve diğer kimyasal değişimler bu adımda gerçekleşir (Altamirano-Fortoul ve diğ. 2012). Bu aşamada buhar uygulayarak ekmeğin fiziksel yapısı ve iç yapısı geliştirilebilir ve isteğe göre değiştirilebilir. Pişirmenin başlangıcında buhar uygulayarak kabuk, renk oluşumu ve kabuğun daha parlak bir görüntüye sahip olması sağlanabilir (Ahrne ve diğ. 2007).

Bu tez çalışmasında buhar destekli pişirmenin ekmeklerin fiziksel, duyuşal ve kimyasal özelliklerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, beyaz undan hazırlanmış hamurların 200°C’de buharsız olarak ve 200°C’de önceden haznesine 150 ml’lik ve 350 ml’lik su konulmuş fırında buhar destekli pişirilmesi ile elde edilen mayalı buğday ekmeklerin fiziksel, duyuşal ve kimyasal analizleri yapılarak, aralarındaki farklar ortaya konmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Buhar Destekli Pişirme

Gıdaların pişirilmesinde buhar kullanımının tarihi eski çağlara dayanmaktadır (Johnson, 1999). Zaman içerisinde gıdaların işlenmesi ile ilgili yeni metotlar ortaya konulsa da buharlı pişirmenin popülaritesi hiçbir zaman bitmemiştir. Buharlı pişirmenin özellikle sebzelerin pişirilmesinde konvansiyonel yöntemlere göre daha sağlıklı olduğunu ve besin değerlerini daha iyi koruduğunu ortaya koyan pek çok çalışma bulunmaktadır (Xu ve diğ., 2014; Tian ve diğ., 2016; Murador ve diğ., 2016;).

Buhar destekli pişirme ortama su buharı verilmesi ve fan yardımıyla uygulanan ısı işleminden oluşmaktadır. Gıdaları işlemek için ayrı ayrı olarak da kullanılabilen bu yöntemlerin birlikte kullanılmasının altında her iki yöntemin olumlu özelliklerini birleştirmek ve olumsuz özelliklerini maskeleyerek yatmaktadır. Konveksiyon kullanılarak yapılan pişirme işlemine buhar uygulamasının eklenmesi ile gıda yüzeyinde gerçekleşen kurumunun ve pişirme süresinin azaltılması sağlanır (İşleroglu ve Kaymak-Ertekin, 2016). Aynı zamanda bu yöntemle, sadece buhar uygulaması ile ulaşılamayacak sıcaklıklarda pişirme yapmaya da olanak sağlanmaktadır.

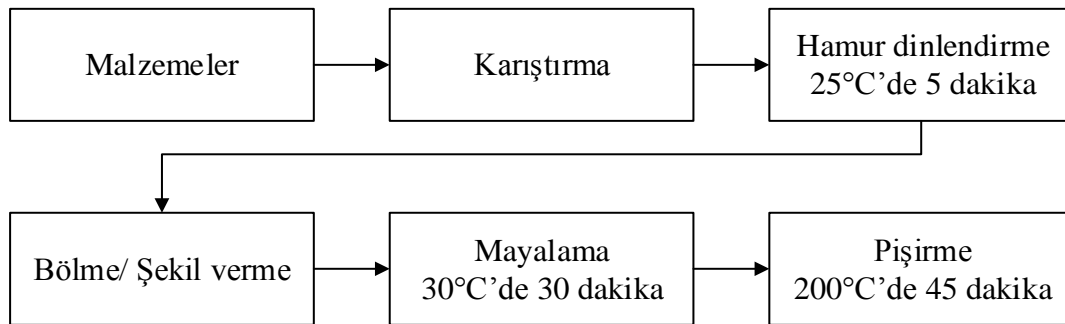
Son yıllarda insanların sağlıklı beslenmeye daha fazla önem vermeye başlamasıyla buhar destekli pişirme daha fazla ön plana çıkmaya başlamıştır. Bu yöntem sadece pişirme süresini kısaltmakla kalmayıp aynı zamanda yüzeyde çeşitli kanserojen maddelerin oluşumunu da minimize etmektedir (Sakin-Yılmaz ve diğ., 2013). Pişme esnasında ortama buhar verilmesi, et benzeri gıdaların pişirilmesi esnasında et yüzeyinin fazla kurummasının önüne geçilmesini sağlamaktadır (İşleroglu ve diğ., 2015). Etin dokusunu güçlendirdiğini, serbest su miktarını azalttığından pişme kaybını arttırdığını ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (İşleroglu ve diğ., 2015). Buhar desteği duyuşal özellikleri geliştirirse de bazı faydalı bileşenlerin kaybına da neden olabilir. Danowska-Oziewicz ve diğ. (2008) hindi etinde %90'lık buhar uygulamasının –SH gruplarının oksidasyon hızını arttırdığını ve %20'nin üzerinde buhar saturasyonunun

tekli doymamış yağ asitlerinin miktarını azalttığını ve doymuş yağ asiti miktarını artırdığını belirtmiştir.

Buhar sebzelerin pişirilmesinde besin öğelerini koruyucu etki göstermektedir. İşleroğlu ve diğ. (2017) buhar destekli fırında pişirdikleri ıspanağın konveksiyonlu fırına göre ve renginin daha hızlı değişim gösterdiğini ve klorofilin daha hızlı yıkıldığını belirtmiştir. Aynı zamanda askorbik asidi daha iyi koruduğu ortaya konulmuştur.

2.2 Ekmeğin Kompozisyonu ve Kalite Özellikleri

Mayalı ekmeğin temel olarak un, su, tuz, maya gibi malzemelerin karıştırılması ile oluşan hamurun şekillendirilmesi, fermente edilmek üzere dinlendirilmesi ve pişirilmesi aşamalarından oluşur. Elde edilmek istenen son ürüne göre bu aşamalar farklılık gösterebilir. Buğday unundan mayalı ekmeğin yapılması için izlenen akım şeması Şekil 2.1’de gösterilmiştir, akış şemasında belirtilen sıcaklık ve süreler bu tez çalışmasında tercih edilen değerlerdir (Rosell, 2011). Ekmeğin yapım esnasında ısı ve nemin etkisiyle önemli yapısal değişimlere uğrar. Ekmeğin şekil almasında gluten proteini önemli rol oynarken, ekmeğin son dokusunu ve stabilitesini nişasta belirler (Rosell, 2011). Karıştırma işlemi son ürün kalitesinde önemli yer tutar, karıştırma etkili bir şekilde yapılmazsa mayalama işlemi etkilenebilir. Unun ıslanması ile gluten matrisi oluşmaya başlar. Hamur yoğrulurken içine dahil olan hava bu matriste tutulur. Yoğurma işlemi hamurun uzamaya karşı direncinin en yüksek olduğu ana değin devam etmelidir (Rosell, 2011).



Şekil 2.1 : Ekmeğin yapım akım şeması (Rosell, 2011)

Ekmeğin besin içeriği incelendiğinde undan dolayı yüksek karbonhidrat içeriği mevcuttur, kalorisinin büyük kısmı buradan gelmektedir. Çizelge 2.1’de farklı türde

unlarla farklı yöntemlerle üretilen ekmeklerin besin değeri içerikleri ve enerji değerleri görülmektedir. Enerji değeri 100 g'da 198 ve 279 kcal arasında olduğu görülmektedir. Bir diğer önemli kalite parametresi olan tuzu belirten sodyum içeriği 0,5-0,7 g/100 g arasında değişmektedir.

Ekmek pişirme işlemi pek çok fiziksel ve kimyasal değişimi bir arada içerir. Bu değişimler birbirlerini etkilediği ve tetiklediği için ekmek pişirme prosesi oldukça karmaşık bir süreçtir. Suyun evaporasyonu, proteinlerin denatürasyonu, nişastanın jelatinizasyonu ve Maillard reaksiyonları bu sürecin temel parçalarıdır.

Maya karbonhidratları parçalayarak CO₂ ve alkol oluşturur ve ortamdaki enzimlerin yardımıyla süreç hızlanır (Rosell, 2011). CO₂ ekmeğin kabarmasını sağlarken, oluşan alkol pişirme işlemi esnasında ortamdan büyük oranda uzaklaşır.

Çizelge 2.1 : Farklı ekmek türlerinin besin değerleri (Rosell, 2011)

Ekmek türü	Besin öğeleri					
	Enerji (kg/100 g)	Karbonhidrat /Şeker (g/100g)	Yağ/Doymuş yağ (g/100g)	Protein (g/100 g)	Diyet lifi (g/100 g)	Sodyum (g/100 g)
Beyaz Ekmek	268	53/2,5	1,8/1,0	9,8	1,8	0,5
Baget	279	53/1,9	1,8/0,7	9,9	6,6	0,7
Tava ekmeği (beyaz)	232	43/4,3	3,2/0,4	7,9	2,5	0,5
Tava ekmeği (tam buğday)	247	41/6,0	3,0/1,0	13,0	7,0	0,5
Tava ekmeği (lif ile zenginleştirilmiş)	221	43/4,3	1,0/0,2	9,6	4,2	0,7
Buğday ekmeği (protein ile zenginleştirilmiş)	245	44/1,0	2,0/0,0	12,0	3,0	0,5
Beyaz buğday ekmeği (kalorisi azaltılmış)	198	44/3,0	2,0/0,0	9,0	12,0	0,5

Çizelge 2.1'de görüldüğü üzere ekmek bileşenleri ile oynanarak kalori ve besin değerleri değiştirilerek daha fonksiyonel hale getirilebilir. Aynı türde olan ekmeklerden tam buğday içeren numunenin daha yüksek lif içeriğine sahip olduğu ortadadır. Fakat zenginleştirmeler yapılarak beyaz undan yapılan ekmeğin de diyet lifi oranının arttırılabildiği görülmektedir.

Türk Gıda Kodeksi (TGK) ekmeğin içermesi gereken nem, tuz ve kül değerini farklı ekmek çeşitlerine göre belirlemiştir. Çizelge 2.2’de bu değerler tablo olarak verilmektedir. Normal ekmeğin nem içeriği en çok %38 iken diğer ekmek türlerinde bu değer artmaktadır. Ekmekte raf ömrünü belirleyen bir etken olması dolayısıyla nem içeriği önemlidir. Yüksek nem içeriği besin değeri yüksek bir gıda olan ekmekte mikroorganizmaların üremeleri için uygun bir ortam oluşturmaktadır. Tuz miktarı ise tüm ekmeklerde kuru maddede en çok %1,5 oranında bulunabilir. Tuz hariç kül içeriği ise normal ekmeklerde en az %0,65 ve en fazla %1,1 olmalıdır. Kül içeriği ekmeğin türüne göre çeşitlilik göstermektedir. Tam buğday ekmeği için kuru maddede en yüksek %2,9, kepekli ekmekte en yüksek %2,5 küle izin verilmektedir.

Çizelge 2.2 : Türk gıda kodeksine göre ekmeğin kimyasal özellikleri (Anon, 2012)

Gıda	Rutubet % (m/m) en çok	Kül (m/m)(km) (tuz hariç)	Tuz % (m/m) en çok (km)
Ekmek	38	En az 0,65 En çok 1,1	1,5
Tam Buğday Ekmeği	42	En az 1,2 En çok 2,9	1,5
Tam Buğday Unlu Ekmek	42	En az 1,1 En çok 2,5	1,5
Çavdarlı Ekmek	43	En az 0,7 En çok 2,5	1,5
Kepekli Ekmek	43	En az 1,2 En çok 2,5	1,5
Yulafli Ekmek	43	En az 0,7 en çok 1,5	1,5
Mısırlı Ekmek	42	En az 1,1 En çok 2,0	1,5
Diğer Ekmek Çeşitleri	-	-	1,5

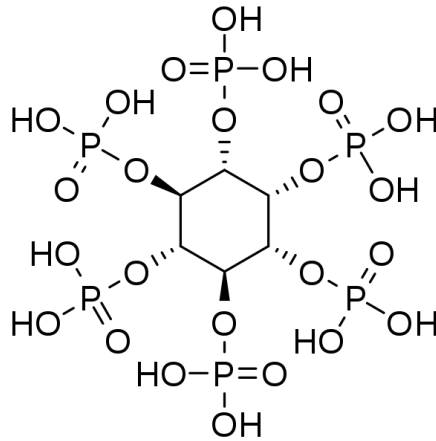
Ekmeğin içeriğinde pek çok bileşen bulunmasına rağmen bu çalışmada incelenecek bileşenler fitik asit, HMF, antioksidan kapasitesi, toplam fenolik bileşen içeriği, protein ve yağ gibi yapısal bileşenlerdir.

2.2.1 Fitik asit

Fitik asit (miyo-inositol 1,2,3,4,5,6- heksakis dihidrojen fosfat) bitkilerde büyüme aşamalarında doğal olarak oluşan ve fosforu depolamaya yarayan halkalı yapıda bir bileşiktir (Konietzny ve Greiner, 2003). Fitik asit şelatlama özelliği nedeniyle antinutrisyonel bileşik olarak değerlendirilmektedir. Fitik asit gıdada olgunlaşma

döneminde itibaren oluşmaya başlar, baklagil tohumlarında ve yağlı tohumlarda protein yapılarındaki globoid kristalde depolanırlar. Fitik asidin yapısı Şekil 2.2’de verilmiştir.

Fitik asit çok geniş bir pH aralığında negatif yüklü olduğundan, pozitif yüklü olan mineral iyonlarını kendine bağlamaya meyillidir. İnsan vücudunun bu minerallerden faydalanabilmesi için minerallerin iyon halinde olmaları gerekir. Fitik asit tarafından bağlanan mineraller bağırsaklarda emilemezler (Makkar ve diğ., 2007). Bitkisel gıdaların mineral açısından biyoyararlılığı hayvansal gıdalara göre daha düşüktür. Fitik asit çinko, demir, magnezyum, kalsiyum, bakır ve manganez gibi metabolizma için esansiyel olan pozitif yüklü minerallerle çözünmeyen katyon-fitat kompleksleri oluşturur. Fitat insan bağırsağında parçalanamadığı için bu minerallerden besin ögesi olarak yararlanılamaz (Konietzny ve Greiner, 2003). Çizelge 2.3’de ekmek başta olmak üzere tahıl ve tahıl kökenli çeşitli gıdaların fitat içeriği gösterilmektedir. Fitik asit miktarının en yüksek olduğu gıdalar mayalanmamış buğday ekmeği, mayalanmamış mısır ekmeği, yulaf kepeği, mısır, yabani pirinç, karabuğday ve amaranttır. Tam buğday ekmeği 4,3-6,8 mg/g km arasında fitik asit içerirken mayalanmamış buğday ekmeği 9,2-19,5 mg/g km fitik asit içermektedir. Bu fark mayalama işleminin ekmeğin fitik asit içeriğine etkisini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda ekşi mayalı çavdar ekmeğinde fitik asit değeri 0-0,3 mg/g km aralığındadır ve tam çavdar ekmeğinden düşüktür.



Şekil 2.2 : Fitik asidin yapısı

Fitik asit aynı zamanda protein ve nişasta ile kompleks oluşturmasından ötürü bu organik bileşiklerin de emilimini azaltmaktadır. Fakat çeşitli araştırmacılar, antinutrisyonel etki göstermeyecek kadar düşük miktarlardaki fitik asidin antioksidan

özelliğinden ötürü kansere karşı koruyucu etki gösterebildiğini de belirtmektedir (Makkar ve diğ., 2007; Konietzny ve Greiner, 2003).

Çizelge 2.3 : Bitkisel kökenli gıdaların fitat içerikleri (Konietzny ve Greiner, 2003)

Gıda	Fitat mg/g km
Fransız ekmeği	0,3-0,4
Karışık unlu ekmek (%70 buğday, %30 çavdar)	0,2-0,7
Karışık unlu ekmek (%70 çavdar, %30 buğday)	0-0,3
Ekşi mayalı çavdar ekmeği	0-0,3
Tam buğday ekmeği	4,3-6,8
Tam çavdar ekmeği	2,5-4,8
Mayalanmamış buğday ekmeği	9,2-19,5
Mısır ekmeği	5,2-7,1
Mayalanmamış mısır ekmeği	11,4-16,3
Yulaf kepeği	12,4-29,6
Yulaf ezmesi	8,2-10,3
Yulaf lapası	7,7-10,6
Mısır	11,5-14,2
Pirinç (parlatılmış, pişmiş)	1,4-2,9
Yabani pirinç (pişmiş)	16,4-20,1
Sorgum	5,6-9,8
Karabuğday	10,3-14,1
Amarant	12,6-14,3

Mineral eksikliği dünya nüfusunun büyük çoğunluğunu etkilemektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere dünya nüfusunun üçte biri anemi ve çinko eksikliği çekmektedir (Gupta ve diğ., 2015). Fitik asit, çinkonun biyoyararlılığını diyetle alındığında azaltmakla kalmaz aynı zamanda bağırsaktaki endojen çinkonun da tekrar emilimini azaltır (Konietzny ve Greiner, 2003). İnsanlar da dahil olmak üzere monogastrik canlıların sindirim sisteminde fitatı sindirmeye yetecek miktarda fitaz enzimi bulunmadığından mineralleri şelatlayan fitik asit parçalanamadan mide-bağırsak sistemimizden geçer (Gupta ve diğ., 2015). Sadece bitkisel gıdaları

tüketmeleri nedeniyle fitik asit veganlar için önemli bir risk oluşturmaktadır. Bu nedenle gıdada fitik asit miktarının azaltılması önemlidir.

Gıdalarda fitik asit miktarını azaltmak için fermentasyon, suda bekletme, öğütme, çimlendirme, fitaz enzimi uygulaması gibi yöntemlere başvurulabilir. Tahılların öğütülmesi fitik asit miktarını önemli oranda azalttığı gibi aynı zamanda mineral kaybına da neden olmaktadır. Bir diğer etkili yöntem olan suda bekletme ile fitat indirgenebilmektedir. Özellikle tahıl ve baklagillerde suda bekletmeyi takip eden çimlendirme işlemiyle de fitik asit miktarı azaltılabilmektedir. Suda bekletme ve pişirme işlemleri birlikte uygulandıklarında tek başına suda bekletmeye göre daha iyi sonuç vermektedir. Fermentasyon işlemi ise fitik asitin enzimatik olarak yıkımı için uygun pH'ı sağlayarak mineral biyoyararlılığını artırır (Gupta ve diğ., 2015). 2-12 saat arası suda bekletme nohutta fitik asiti %47,4-55,7 oranında, fermentasyon darıda fitik asiti %88,3 oranında ve çimlendirme darıda fitik asiti 72 saat sonunda %23,9 oranında, 96 saat sonunda %45,3 oranında azaltmaktadır (Gupta ve diğ., 2015).

2.2.2 Fenolik bileşikler ve antioksidan kapasite

Tahıllar en önemli fenolik madde ve antioksidan kaynaklarından biri olarak bilinmektedirler. Kepek ve embriyo tahıllarda antioksidan maddelerin ve fenolik bileşiklerin en fazla bulunduğu kısımlardır. Bundan dolayı tam tahıllı gıda tüketimi önem kazanmıştır (Khalid ve diğ., 2017).

Buğdayda antioksidan içeriği büyüme ortamına göre değişiklik gösterebilmekte, suda bekletme ve çimlendirme gibi işlemle ekstrakte edilebilir fenolik içeriği azalmaktadır (Gelinas ve McKinnon, 2006). Fenolik bileşikler daha çok aleuron tabakasında bulunmakta, aleuron tabakası önemli miktarlarda ferulik asit, diferulik asit, sinapik asit ve p-kumarik asit içermektedir (Khalid ve diğ., 2017).

Ekmekten alınan besin miktarını arttırabilmek için unlarda çeşitli biyoaktif maddelerle zenginleştirme yapılmaktadır. Farklı türde tahılların karıştırılması, tam tahıl kullanımı, tahıl benzeri tanelerin (karabuğday, chia, kinoa vb.) karıştırılması gibi yöntemlerle daha besleyici ekmekler üretilmektedir. Örneğin; Verardo ve diğ. (2018) buğday ununu %10, %20 ve %30 oranlarında fenolik içerik açısından daha zengin olan karabuğday ile karıştırıp fenolik içeriğini ve antioksidan kapasitesini incelemişlerdir. Serbest ve bağlı fenolik bileşenleri tespit etmek için HPLC-ESI-MS (High performance liquid chromatography electrospray ionization mass spectrometer)

yöntemi kullanılmıştır. Fenolik içeriğinin karabuğday miktarının artmasıyla doğru orantılı olarak arttığı saptanmıştır. Aynı zamanda zenginleştirilmiş ekmeklerin in vitro antioksidan kapasitelerinin daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Kontrol numunesinin antioksidan değeri 296 µmol TE (Trolox eşdeğeri)/100 g km iken; %10, %20 ve %30 karabuğday içeren ekmek sırasıyla 476, 679 ve 889 µmol TE /100 g km antioksidan değerlerine sahiptir.

Hayta ve Hendek Ertop (2017) yaptıkları çalışmada ekşi mayanın buğday ekmeğinin içeriğini nasıl etkilediğini incelemişler, ekşi mayanın antioksidan aktivitesini ve toplam fenolik içeriğini arttırdığını tespit etmişlerdir. Kontrol numunesinin 8,22 µg TE/ml antioksidan değerine ve 81,30 mg GAE (gallik asit eşdeğeri)/ml toplam fenolik içeriğine sahip olduğu tespit edilmiş. Farklı tiplerde fermentasyon uygulamaları sonucu ise antioksidan değeri 16,04 ve 28,24 µg TE/ml ve toplam fenolik bileşen içeriği 234,28 ve 310,76 mg GAE/ml olan ürünler elde edilmiştir.

2.2.3 Mineral içeriği

Gelişmekte olan ülkelerde mineral eksikliğine bağlı hastalıklara sıklıkla rastlanması en çok tüketilen gıda maddelerinden olan unun demir, çinko gibi minerallerle zenginleştirilmesini yaygınlaştırmıştır (Akhtar ve diğ., 2011). Tahılların fitik asit içeriğini azaltarak minerallerin biyoyararlılığını arttırmak da mümkündür.

Ekmek söz konusu olduğunda en önemli kalite parametrelerinden biri tuzdur. Türkiye’de günlük tuz tüketimi erkeklerde 19,3, kadınlarda 16,8 g ile oldukça yüksektir. Avrupa Birliği’nde tuz tüketimi 7,0 ile 18,0 g arasında olup bu miktarı azaltmaya yönelik pek çok çalışma bulunmaktadır (Belz ve diğ., 2012). Ekmekte tuzun azaltılmasına dair 2004’te İspanya’da %18’lik, İrlanda’da %16’lık bir azalma hedeflenerek çalışmalara başlanmış, Avusturya ve İtalya’da ise 4 yılda %15’lik bir azalmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2016). Türkiye’de de aşırı tuz tüketimini azaltmaya yönelik Sağlık Bakanlığı tarafından 2017 yılında bir program başlatılmıştır. 2012 yılında ülkemizde yapılan bir çalışmada günlük tüketilen tuzun %31,9’unun ekmekten alındığı tespit edilmiştir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2016).

Undan alınan besin maddelerini arttırmanın bir diğer yolu ise besin içeriği zengin olan tahıllar kullanmaktır. Son yıllarda çeşitli tahılların ve baklagillerin çimlendirerek besin değerinin arttırılması oldukça popülerlik kazanmıştır.

Çizelge 2.4'te un, hamur ve ekmeğin Ca, Mg, Fe ve Zn içerikleri gösterilmektedir. Minerallerin hamurda buğday unundan daha fazla bulunduğu ve pişme esnasında çok az kayba uğradığı tabloda belirtilmiştir. Mineraller arasında çok miktarda Mg'nin bulunduğu görülmektedir. En az miktarda bulunan mineral ise unda ve hamurda Zn, ekmekte ise Fe ve Zn'dir.

Çizelge 2.4 : Buğday un, hamur ve ekmeğin mineral içeriği (Isserlyska ve diğ., 2001)

Mineraller	Un g/73.5 g	Hamur g/110 g	Ekmek g/100 g
Ca	0,017	0,0253	0,023
Mg	0,020	0,0297	0,027
Fe	0,0012	0,0013	0,001
Zn	0,0007	0,0011	0,001

Minerallerin biyoyararlılığı pişirme işleminden etkilenebilir. Njoumi ve diğ. (2018) bir Akdeniz yemeği olan Molehiya'nın pişirilmesi esnasında pişirme süresi arttıkça demirin biyoyararlılığının azaldığını gözlemlemişlerdir. 5 saatin sonunda heme demirin %58'inin yıkıldığı görülmüştür ve non-heme demirin %1,2 gibi düşük bir biyoerişilebilirliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun yüksek fenolik içerikten kaynaklanabileceğine değinilmiştir (Njoumi ve diğ., 2018).

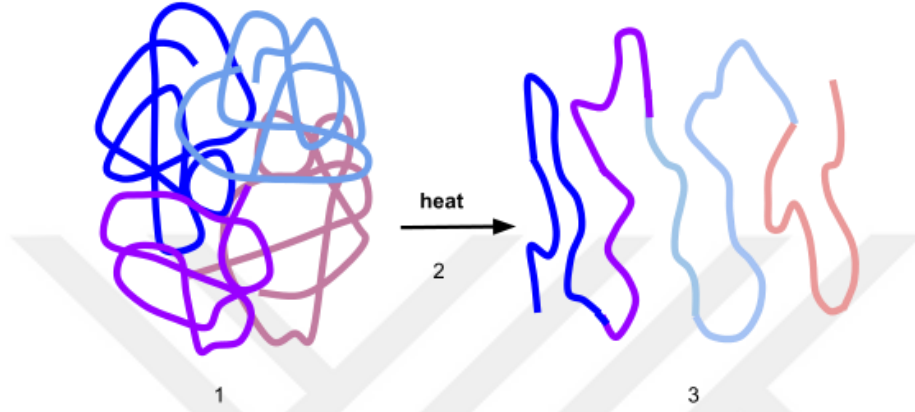
2.2.4 Protein, Karbonhidrat ve Yağlar

Protein ekmeğin önemli bir bileşenidir. Ekmekte bulunan en temel protein glutendir. Gluten, buğday ununda bulunan gliadin ve glutenin adı verilen proteinlerin suyun bulunduğu ortamda bir araya gelmesiyle oluşan yapının adıdır. Ekmeğin kabarması doğrudan gluten içeriği ile ilgilidir, çünkü gluten mayanın sağladığı CO₂'yi ve havayı içinde hapsederek ekmek hacminin artışında söz sahibi olur (Cauvain, 2016).

Proteinler yüksek ısıya maruz kaldıklarında yapıları değişmeye başlar. Bu yapısal değişime protein denatürasyonu denir. Proteinler yüksek sıcaklık haricinde kimyasal maddelere maruz kalma gibi etkenler ile de denature olabilir. Şekil 2.3'te protein yapısının değişimi görülmektedir. Gıdalar pişirilmesi yüksek ısı gerektiren bir işlem olduğundan pişen gıdaların proteinleri büyük oranda denatüre olmuş durumdadır.

Protein en önemli besin öğelerinden biri olsa da ekmeğin yapım aşamasında ciddi anlamda kayba uğrar. Özellikle öğütme işlemi ile birlikte uzaklaştırılan embriyo ve

kepek ile tahılın içerdiği proteinlerin %45'i uzaklaştırılmış olur (Rosell, 2011). Fakat ekmeğin yapım aşamasında yapılacak zenginleştirmelerle bu oran değiştirilebilir. Çizelge 2.1'de proteinle zenginleştirilmiş buğday ekmeğinin besin değerlerine bakıldığında 12 g/100g protein içerdiği görülmektedir. Aynı zamanda sert bir ekmeğin elde edebilmek için de protein yönünden güçlü bir un kullanmak ve fırına buhar vermek gerekmektedir (Moore, 2016).



Şekil 2.3 : Protein denatürasyonu (Denaturation (biochemistry), t. y.)

Karbonhidratlar Çizelge 2.1'de de görüldüğü gibi ekmeğin kompozisyonunun en büyük yüzdesini oluşturur. Özellikle nişasta ekmeğin yapım sürecinde çeşitli değişimlere uğrayarak ekmeğin karakteristik özelliklerini oluşturur. Pişme esnasında jelatinize olan nişasta sonrasında soğuma ve nem kaybıyla birlikte retrogradasyona uğrar ve retrogradasyon saklama süresi boyunca ekmeğin bayatlayana dek devam eder (Cauvain, 2016).

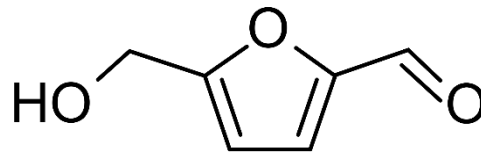
Yağ ekmeğin hamurun plastik yapısının oluşumunu sağlar ve kaydırıcı olarak kullanılır. Yüksek miktarlarda kullanıldığında çok az su ile yumuşak bir kıvam elde edilebilir (Nashat ve Abdullah, 2016). Rosell (2011) protein ve lipit etkileşimlerinin buğday unundan yapılan hamurun kalitesini etkilediğini belirtmiştir. Polar lipitlerin ve nişasta kaynaklı bağlı olmayan serbest yağ asitlerinin hamur hacmini geliştirdiği fakat polar olmayan lipitlerin ekmeğin hacmini negatif yönde etkilediği belirtilmiştir. Henüz gluten-yağ asidi ilişkisi üzerine bir fikir birliği olmamakla birlikte polar olmayan yağ asitlerinin hidrofobik kuvvetlerle gluten ağında tutulduğu belirtilmiştir (Rosell, 2011).

2.2.5 Pişme sırasında meydana gelen bileşikler

Maillard reaksiyonları pişme esnasında indirgen şeker ve protein içeren gıdalarda gerçekleşen ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarıdır. Pişme esnasında karamelizasyonla birlikte gerçekleşen Maillard reaksiyonları ekmeğin lezzetini oluşturmada oldukça önemlidir. Esmerleşme sonucu hem ekmeği istenen bronz rengine kavuştururlar hem de reaksiyon sonucu pek çok uçucu ve uçucu olmayan bileşik oluşur ve ekmeğin kendine has aromasını oluştururlar (Cho ve Peterson, 2010).

Ekmeğin yüzeyindeki şeker karamelizasyonu yüksek moleküler ağırlığa sahip asidik ve acı renkli bileşikler oluştururlar. Ortama salınan aldehit ve ketonlar da kokuyu meydana getirir. Maillard reaksiyonları sonucunda ise ekmeğin rengini oluşturacak kahverengi pigmentler ve ekmeğin aromasına katkı sağlayacak uçucu bileşenler oluşur (Cho ve Peterson, 2010).

Hidroksimetilfurfural (HMF) indirgen şekerler ve amino asitlerin varlığında, ısı işlemin etkisiyle gıdalarda oluşan kimyasal bir bileşiktir. Maillard reaksiyonları, karamelizasyon ya da piroliz sonucunda oluşur. HMF oluşumunu etkileyen faktörlerden biri pH değeridir, düşük pH'a sahip gıdalarda HMF oluşumu daha yüksektir. Gıdanın pH'ının düşük olması ya da uzun süre depolanmış olması HMF oluşumunu arttıran faktörlerdendir. Ekmeğin HMF miktarı 3,4 ila 87,7 mg/kg arasında değişmektedir (Mehta, 2014). Isıl işlem görmüş gıdalarda bulunan HMF'nin genotoksik ve mutajenik etkileri bulunmaktadır (Petisca ve diğ., 2014). Aromaya ve görünüme katkısı nedeniyle varlığı istense de aynı zamanda potansiyel bir kanserojen olması nedeniyle oluşumu indirgenmek istenmektedir.



Şekil 2.4 : Hidroksimetilfurfural yapısı

Ekmeğin oluştuğu bir diğer kontaminant olan akrilamid potansiyel bir kanserojendir. Bir nörotoksin olan akrilamidin oluşumu da HMF gibi Maillard reaksiyonları üzerinden olmaktadır. Asparajinin indirgen şekerle birlikte yüksek sıcaklıkta tepkime vermesiyle oluşur. Gıdada asparajin miktarı ne kadar az ise akrilamid oluşma ihtimali o kadar düşüktür (Lineback ve diğ., 2012). Ekmeğin akrilamid oluşumu doğrudan süre, sıcaklık ve reaktanların konsantrasyonu ile ilişkilidir. Akrilamid miktarı ekmeğin

yapıldığı malzemelere ve işleme koşullarına bağlıdır. Türkiye’de yapılan ekmeklerin ortalama akrilamid içeriği 225 µg/kg olarak tespit edilmiştir (Boyacı Gündüz ve Cengiz, 2015).

Akrilamid gıdalarda azaltmak için yapılan bazı çalışmalar vardır ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Lineback ve diğ. (2012) gıdalarda akrilamidi azaltma yolları bir kodekste toplandığı belirtmiştir. Kalsiyum tuzları, sitrik ve askorbik asit, asparajinaz enzimi, haşlama ve renk kontrolü gibi yöntemler bunlara örnek olarak verilmiştir. Aynı zamanda bazı gıdalarda akrilamidi azaltmak mümkün olmayabilir. (Lineback ve diğ., 2012).

2.3 Pişme Sırasında Ekmekte Meydana Gelen Fiziksel Değişimler

Ekmek hamurunun gluten matrisinin içerisinde mayaların metabolizması sonucu oluşan karbondioksit ve karıştırma esnasında içeriye hapsedilen hava bulunur. Pişirme esnasında bu gazlar yüksek sıcaklığın etkisiyle genişerek fırındaki ekmeğin kabarmasını sağlar (Moore, 2016). Hamurun ilk yoğurmadan sonra bekletilip tekrar yoğrulması daha büyük gaz baloncukları oluşmasını ve hamurun içinde eşit dağılımları için önemlidir (Rosell, 2011).

Ekmeğin pişmesi sırasında gerçekleşen fiziksel değişimler ekmek şekli ve hacminde, kabuk kalınlığı ile renginde ve iç yapısında olmak üzere üçe ayrılmıştır.

2.3.1 Ekmek şekli ve hacmi

Ekmeğin şekli ve hacmi kullanılan hammaddenin kalitesinden, hamurun hazırlanış aşamalarından, mayalamanın etkinliğinden ve pişirme işleminden etkilenir. Gluten ağının oluşumu ne kadar hızlıysa ekmeğin hacmi o kadar fazla olur (Wang ve diğ., 2010). Aynı zamanda hacim unun protein içeriğiyle, gluten miktarıyla da ilişkilidir (Rózyło ve Laskowski, 2011). Yapımında kullanılan su miktarının gerekenden az ya da çok olması ekmeğin şeklini etkiler. Rózyło ve Laskowski (2011), yaptıkları çalışmada un kütlelerinin %80’i ile %120’si arasında değişen miktarlarda su ekleyerek yaptıkları ekmeklerde, su miktarı arttıkça porların kapladığı alanın etkilendiğini, por yüzde alanının arttığını gözlemlemişlerdir.

Schirmer ve diğ. (2011) buhar miktarındaki artışın ekmek hacmini belli bir seviyeye kadar arttırdığını ortaya koymuştur. Pişirme esnasında yüksek miktarda buhar

uygulanması hamur yüzeyinde buharın yoğuşmasına ve hamur yüzeyinin plastisize olmasına neden olur böylece daha büyük hacimli bir ekmek elde edilir (Le-bail ve diğ., 2011). Schirmer ve diğ., (2011) buharlı pişirme ile elde ettikleri ekmeğin hacminin buharsız pişirilen ekmeklere göre %20 daha büyük olduğunu belirtmiştir.

2.3.2 Ekmeğin kabuk kalınlığı ve kabuk rengi

Ekmeğin tazeliği hakkında bilgi vermesi nedeniyle ekmekteki en önemli kalite parametrelerinden biri kabuktur. Kabuğun çıtırılığı ekmeğin taze olup olmadığını gösterir (Hirte, 2012).

Pişirme esnasında ortama verilen buhar doğrudan ekmek yüzeyiyle temas halinde olduğu için ekmek kalınlığı, rengi, parlaklığı, dokusu ve mikroyapısı buhardan önemli oranda etkilenir (Altamirano-Fortoul ve diğ. 2012). Uygulanan buhar sayesinde, ekmek kabuğunda uygun sertlik ve doku sağlanabilir. Düşük miktarda uygulanan buhar kabuğun daha ince olmasını ve buhara daha geçirgen olmasını sağlar. Bu durum saklama esnasında da ekmeğin neme karşı daha geçirgen olmasına neden olur (Altamirano-Fortoul ve diğ. 2012).

Kabuk oluşumunun yanı sıra esmerleşme reaksiyonları sonucu ekmeğin yüzeyinde koyu renk oluşumu gözlenir. Ortamda serbest bulunan asparajin ve indirgen şekerlerin ısının yardımıyla reaksiyona girmesiyle gerçekleşen Maillard reaksiyonları ve karamelizasyon sonucu oluşan koyu renkli bileşikler bu renk değişiminin sorumlusudur. Kabukta oluşan renk indirgen şekerler, amino asitler, sıcaklık, gıdanın nem içeriği, bağıl nem, pH ve pişme esnasındaki ısı transferinin şekli gibi pek çok faktörden etkilenir (Mustafa ve diğ., 2005). Isıl işlem zorlanmış taşınım şeklinde uygulandığı takdirde kabuğun ısınma hızı artar ve doğal taşınımına göre daha güçlü bir renk değişimi gözlenir (Debonne ve diğ., 2017). Bu işlem esnasında aynı zamanda akrilamid ve HMF gibi potansiyel kanserojenler de oluşur (Kowalski ve diğ., 2013; Mustafa ve diğ., 2005).

Ekmek pişirme işlemi buhar ile desteklendiğine renk parametrelerinde değişiklikler gözlenmiştir. Uygulanan buhar miktarının artması ile rengin açıklığının (L^*) ve sarılık değerinin (b^*) arttığı, kırmızı rengin (a^*) ise en az buhar miktarının az olduğu örneklerde gözlemlendiği ortaya konulmuştur (Altamirano-Fortoul ve diğ. 2012). Ekmeklerin parlaklığının da uygulanan buhar miktarına bağlı olarak arttığı, düşük buhar uygulanan ekmeklerde daha opak renkli bir kabuk elde edildiği belirtilmiştir.

Artan parlaklık ise buharın yardımıyla yüzeyde nişastanın daha fazla jelatinize olması ve sonrasında dekstrinleri oluşturup karamelize olarak renk ve parlaklık vermesine bağlanmıştır (Altamirano-Fortoul ve diğ. 2012).

2.3.3 Ekmek iç yapısı

Ekmeğin iç yapısındaki porozite ekmeğin için önemli kalite kriterlerindedir. Unun gluten içeriğine ya da hamurun yoğrulmasına bağlı olarak küçük ya da büyük boyutlu hücreler gözlenir (Rosell, 2011). Oluşan küçük hücreler iç kısmın dokusunu da etkiler. Kullanılan unun düşme sayısı protein ve kül miktarı ekmeğin iç yapısının sertliğini belirler. Hamurun gücü, sertliğinin de göstergesidir. Unun özellikleri iç yapının kohezifliğinde ve yapışkanlığında da söz sahibidir (Rózyło ve Laskowski, 2011).

Altamirano-Fortoul ve diğ. (2012) buharın iç kısmı etkilediğini belirtmiştir. Kabuğun oluşum hızı, kalınlığı ve geçirgenliği iç kısmı etkilediğinden, kabuğun bu özelliklerini değiştiren buhar iç kısmı da etkileyebilir. Buhar uygulaması daha kalın ve buhara daha az geçirgen bir kabuk oluşumuna neden olur. Kabuk geçirgenliği azaldıkça kabuk bir bariyer görevi görerek iç kısmın porozitesini etkileyebilir (Altamirano-Fortoul ve diğ., 2012).

2.4 Pişme Esnasında Ekmekte Meydana Gelen Biyokimyasal Değişimler

Yoğurma esnasında malzemelerin düzgün karışması için harcanan mekanik enerji proteinlerin etkileşimini sağlar, aralarında kovalent bağ oluşumunu tetikler ve hamura özgü viskoelastik yapının oluşumunu sağlar (Rosell, 2011). Pişirme esnasında ise ısının etkisiyle hamurun içindeki bileşenlerin reaksiyon vermesi, proteinlerin denatürasyonu, içeriğindeki enzimlerin inaktivasyonu, nem kaybı gibi etmenlerin öncülük ettiği pek çok biyokimyasal reaksiyon gerçekleşir, besin değerlerinde değişiklikler gözlenir. Özellikle bitkisel kaynaklı besin öğeleri ısıl işleme karşı oldukça hassas oldukları için pişme işlemi esnasında büyük oranda bozunmaya uğrar (Rosell, 2011).

Bitkisel kökenli önemli bileşenlerden biri olan fitik asit buğdayda bulunduğundan dolayı ekmekte de bulunur. Tam buğday ekmeğinde fitik asit miktarı Çizelge 2.3'te 4,3-6,8 mg/g kuru madde olarak belirtilmiştir. Beyaz unla yapılan Fransız ekmeğinin fitik asit miktarının ise 0,3-0,4 mg/g kuru madde ile daha düşük olduğu görülmektedir. Buğday tanesi en yüksek miktarda fitik asidi içerirken öğütme, kepek ayırma gibi

işlemler sonucu fitik asit miktarı büyük oranda azaltılmaktadır. Aktaş-Akyıldız ve diğ., (2017) yaptıkları çalışmada enzim uygulanmış buğday kepeklerinin buhar uygulamasının ardından daha düşük miktarda fitik asit içerdiğini gözlemlemiş, bunu buhar uygulaması ile mikroyapının yıkılması ve yüzey alanının artması ile enzimin etkinliğinin artmasına bağlamışlardır.

B vitamini ekmekte önemli oranda bulunan bir besin ögesidir. B vitaminlerinden tiyamin ısıl işleme karşı oldukça hassas olduğundan pişirme işleminden olumsuz etkilenir. Nurit ve diğ. (2016) yaptıkları çalışmada unda, fermente olmamış hamurda, tam buğday unlu ekmekte ve kızartılmış Fransız ekmeğinde çeşitli B vitaminlerinin miktarlarını incelemişlerdir. Tiyamin unda 4,25 µg/g km, hamurda 4,27 µg/g km olarak bulunurken; tam buğday ekmeğinde 2,54 ve kızartılmış Fransız ekmeğinde 2,47 µg/g km olarak bulunmuştur. Bu da tiyaminin ısıl işlemde önemli oranda etkilendiğini ortaya koymaktadır. Riboflavin ise sırasıyla unda, hamurda, tam buğday unlu ekmekte ve Fransız ekmeğinde 0,44, 0,65, 0,69 ve 0,76 µg/g km olarak tespit edilmiştir (Nurit ve diğ., 2016).

HMF ve akrilamid gibi kontaminantlar doğrudan ısıl işlem nedeniyle oluştuğu için miktarları sıcaklık ve süre ile doğru orantılıdır. Boyacı Gündüz ve Cengiz (2015) yaptıkları incelemede akrilamid içeriklerinin ekmek türünden türüne ve hatta aynı tür içinde değişiklikler gösterdiğini, akrilamid miktarının tespit edilemeyecek miktarlardan 695 µg/kg'a kadar geniş bir aralıkta değiştiğini ortaya koymuştur. Ortalama olarak akrilamid miktarının 225 µg/kg olduğunu belirtmişlerdir. Buhar yardımıyla ekmekte uygun renk ve kabuk oluşumunu gözlerken, daha az miktarda akrilamid oluşumu sağlamak mümkündür (Keramat ve diğ., 2011).

Petisca ve diğ. (2014) ise ekmek örnekleri incelendiğinde oluşan HMF miktarlarının 0,66 ile 18,34 mg/kg arasında değiştiği görülmüştür. HMF beyaz ekmeğin iç kısmında 0,6-2,2 mg/kg, kabuğunda ise 18,3-176,1 mg/kg arasında değişmektedir. Bisküvilerde ise 1,65 ve 82,78 mg/kg arasında ve keklerde 0,06 ile 44,28 mg/kg arasında değişim gösterdiği saptanmıştır (Petisca ve diğ., 2014).

Ekmek içeriğinde un kaynaklı çeşitli fenolik bileşenler bulunur. Isıl işlem uygulanması ise ortaya daha fazla fenolik bileşik ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Gelinas ve McKinnon (2006) yaptıkları çalışmada pişirme işleminin tam buğday ekmeğinin kuru maddede fenolik madde içeriğini fırınlama süresinden bağımsız olarak arttırdığını

ortaya koymuştur. Aynı zamanda tam buğday ekmeğinin beyaz ekmekten daha çok fenolik madde içerdiğini belirtmişlerdir. Beyaz ekmeğin kabuğunun iç kısmından daha fazla fenolik madde içerdiği ortaya konulmuş fakat tam buğday ekmeğinde böyle bir farkın görülmediği saptanmıştır. Ek olarak, fenolik bileşiklerden ferulik asit ekme yapımında gluten matrisinin oluşumuna etki eden en önemli faktörlerdendir. Serbest ferulik asit arabinoksilanlar arası çapraz bağlamayı da engelleyerek hamurun uzayabilirliğini arttırmaktadır (Khalid ve diğ., 2017).

Buğday ununda bulunan glutenin ve gliadin adı verilen iki protein, su ile bir araya geldiğinde gluteni oluşturur. Kabarmış bir ekme elde edebilmek için gluten gereklidir. Aynı zamanda gluten hacim sağlayacak olan gazları hapsederek önemli bir işlev görür. Pişme esnasında gerçekleşen en temel değişimlerden biri proteinlerin denatürasyonudur, bu değişim haricinde pişirme esnasında proteinler arası çapraz bağlama gözlenir. Unun kompozisyonu proteinlerin yapısındaki değişimleri etkileyebilir. Örneğin kepeğin proteinlerin ikincil yapısında değişimlere neden olarak glutenin işlevini azalttığı bildirilmiştir (Khalid ve diğ., 2017).

2.5 Ekmeğin Buhar Destekli Pişirilmesine Dair Çalışmalar

Buhar uygulaması ekmeğin fiziksel özellikleri başta olmak üzere pek çok karakteristik özelliğini etkiler. Kabuk oluşumu, renk gelişimi, farklı tat ve dokunun sağlanması gibi etkilerinin yanı sıra aynı zamanda proses kontaminantları olarak değerlendirilen akrilamid ve HMF gibi kimyasal bileşiklerin oluşumunu da azaltıcı yönde etki gösterir. Aşağıda literatürde buhar uygulamasının ekme pişirme prosesini nasıl etkilediğini ortaya koyan çalışmalara değinilmiştir.

Debonne ve diğ. (2017) iki aşamalı olarak yaptıkları pişirme işlemini buharla destekleyerek ekme üzerinde çalışma yapmışlardır. 100 g un, 59 g su, 1,5 g sofr tuzu, 1 g instant maya, 0,1 g malt unu ve 5 mg askorbik asit spiral karıştırıcıda karıştırılarak hamuru oluşturulmuş, elde edilen hamur 30°C'de %80-90 bağıl nemde mayalama kabinde mayalanmıştır. 90 dk. süren mayalamanın ardından 200 ve 600 ml buharla birlikte 150, 175, 200°C sıcaklık kombinasyonlarını kullanılarak pişirme yapılmıştır. Ekmeklerin kabuğu, rengi ve dokusu incelenmiştir. 200 ve 600 ml'lik buhar uygulamalarında kabuk kalınlığında ve hacimde fark gözlenmemiştir. Yüksek buhar miktarlarının kabuk oluşumunu geciktirdiği ve daha az suyun buharlaşmasını sağladığı bu nedenle daha ağır bir ekme elde edildiği belirtilmiştir. Fakat buharın

etkisinin çok anlamlı olmadığı vurgulanmış, buharın ağırlık ve kabuk kalınlığı ile olan korelasyonunun minimal düzeyde olduğu gözlenmiştir.

Sakin-Yılmaz ve diğ. (2013) buhar destekli fırında 145, 160 ve 175°C’lerde buhar destekli pişirme yapmışlardır. 150 ila 200 g arasında su buharlaştırılıp pişirmenin başında, 3 kere uygulanmıştır. Pişirmenin başında uygulanan buharın keklerin şeklinde deformasyonlara neden olduğu ve 10 dakikadan kısa buhar uygulamasının keklerin yüzeyinde çatlaklar oluşmasına neden olduğu önceki çalışmalarda tespit edildiğinden, buhar verme periyodu 11, 16 ve 21 dakika olarak belirlenmiştir. Buharın doğal ve zorlanmış taşınımına göre daha az akrilamid oluşuma neden olduğu belirtilmiş, nemin uzaklaşma hızının ise tüm pişirme sıcaklıklarında 1,5 kat daha yavaş olduğu gözlemlenmiştir.

Altamirano-Fortoul ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada farklı miktarda uyguladıkları nemin ekmeklerin kalite özelliklerine olan etkilerini incelemiştir. 100 g un, 63 g su, 2 g maya ve 2 g sofr tuzu karıştırılarak elde edilen hamur 25°C’de %95’lik bağıl nemin olduğu fermentasyon kabiniinde mayalanmıştır. 1,02 m²’lik iç hacmi olan fırında 100, 200 ve 400 ml’lik buhar uygulanarak (sırasıyla 0,33 l/m³, 0,66 l/m³ ve 1,33 l/m³) 230°C’de 18 dakika pişirme yapılmıştır. Çalışmada sıcaklık ve süre sabit tutularak, yalnızca buhar miktarındaki değişimin ekmek kabuğunun fizikokimyasal ve mekanik özelliklerine, buhar geçirgenliğine ve mikroyapısına olan etkileri incelenmiştir. Uygulanan buhar miktarının kabuğun rengini, parlaklığını ve mekanik özelliklerinin önemli oranda etkilediği ortaya konulmuştur. Buhar miktarının artması ile renkte azalma, parlaklıkta ise artış gözlenmiştir. Su buharının taşınım hızında ve kabuğun su buharına olan geçirgenliğindeki azalma, artan buhar miktarıyla birlikte azalmıştır. Bunun nedeni buhar miktarının artışı ile daha ince bir kabuğun oluşması olarak gösterilmiştir. Aynı zamanda buharın bariyer etkisi yaratarak iç kısımdaki poroziteyi de etkileyebileceği belirtilmiştir. Mikroyapı, taramalı elektron mikroskopisi (SEM) ve X-ray mikrotomografisi ile incelenmiş, buharın nişastanın jelatinizasyonunu ve protein-nişasta ağını etkileyerek yüzeyi modifiye ettiği belirtilmiştir (Altamirano-Fortoul ve diğ., 2012).

Le-bail ve diğ. (2011) buharın pişirme kinetiğine olan etkisini ve ekmekteki kalite değişimlerini araştırmışlardır. Hamur hazırlandıktan sonra 15 dakika oda sıcaklığında bekletilmiş ve plastik filme sarılarak dehidrasyonun önüne geçilmiştir. Fermentasyon kabiniinde 35°C’de %95 bağıl nemde 60 dakika mayalama işlemi yapılmıştır.

Pişirmeye ek olarak nem ve CO₂ uygulanmıştır. 0,3 m³'lük bir fırın hacmi içerisinde 180°C'de 20 dakika pişirme yapılmış, bu süreç 100, 200, 300, 400 ve 500 ml'lik buhar uygulamaları ile desteklenmiştir. Enjekte edilen buharın hacmi yaklaşık %5'lik bir hassasiyetle kontrol edilmiştir. 100 ve 200 ml'lik buhar uygulamalarında 35 ve 55°C'ler arasında ısınma hızının diğer koşullardan daha yüksek olduğu, 55°C'nin üzerinde ise hızın düşük nem uygulanan koşullarda yavaş olduğu gözlenmiştir. 300, 400 ve 500 ml uygulanan durumlarda ise 55°C'ye kadar olan süreçte hızın yavaş olduğu görülmüş, bu durumun buharın yüzeyde yarattığı yoğuşmadan dolayı olmuş olabileceğinden bahsedilmiştir. 100 ve 200 ml gibi düşük buhar uygulamalarında buhar doğrudan hamuru ısıtmak için harcanırken fazla yoğuşma gerçekleşmemektedir. Buhar miktarı arttıkça yüzeydeki yoğuşma da artmaktadır ve ısınma hızı düşmektedir. Aynı zamanda düşük miktarda buhar uygulamalarında kabuk iç oranının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu oranın yüksek olması düşük buharda ekmeğe baskı uygulayan bir buhar katmanı oluşmadığından daha hızlı pişmesine bağlanmıştır. Düşük buharda renk yoğunluğunun daha yüksek olmasının beklenildiğine değinilmiştir. Hacim arttıkça düşük buharda pişirilen ekmeklerin kabuklarında kırılmalar gözlenmiş, ekmek hacminde deformasyonlar görülmüştür (Le-bail ve diğ., 2011).

Schirmer ve diğ. (2011) havanın neminin endüstriyel olarak üretilen ekmeklere olan etkisini incelemiş, çıtırılık ve kabuk kalınlığının tespiti için yeni bir metot geliştirmişlerdir. Gerçek zamanlı nemin, hacim, renk, kabuk kalınlığı ve çıtırılığı ile olan ilişkisi incelenmiştir. Hamur 15 dakika boyunca 30°C'de bağıl nemin %80 olduğu ortamda mayalanmaya bırakılmıştır. 58 g olacak şekilde tartılıp şekillendirilen ekmekler 80 dakika daha mayalanmıştır. 0,215 m³'lük fırın içerisinde 225°C'de 15 dakika pişirilmiştir. Pişirmenin 13. dakikasında fırın içerisindeki hava baca yardımıyla dışarıya çıkarılmıştır. Ortama verilen su buharı miktarları 0,000, 0,465, 0,930, 1,392, 1,850, 2,325, 2,790 ve 3,255 l (H₂O) /m³ şeklindedir ve saf su kullanılarak elde edilmişlerdir. Buharın yoğunlaşması esnasında yüzeyden oluşan enerji ekmek hacminin artışını da sağlamıştır. Ortama verilen su miktarının 0,930 l (H₂O) /m³ olduğu deneye kadar ekmek hacimlerinde gözle görülür bir artış saptanmıştır. Buhar miktarı daha fazla arttırıldığında ekmek hacimleri neredeyse aynı kalmıştır. Buharsız yapılan pişirmede son hacim 246,3 ml iken, verilen nemin 0,930, 1,392, 1,850, 2,325 ve 2,790 olduğu durumlarda sırasıyla 310,6, 313,1, 304,7, 310,2 ve 317,5 ml'lik son

hacimler elde edilmiştir. Düşük nemin uygulandığı durumlarda kabukta yırtılmalar görülmüştür. Çalışma aynı zamanda gerçek zamanlı nemin artmasıyla ekmeğin renginin de açıldığını ortaya koymuştur. Nemin artışı ısının doğrudan ekmeğe ulaşmasına engel olduğundan kabuk sıcaklığı pişirme esnasında daha düşük olur ve daha açık bir ürün elde edilir. Aynı zamanda kabuktaki nişasta yıkılarak dekstrin, mono- ve disakkaritlere dönüşür; sonrasında dekstrinler Maillard reaksiyonları ile kahverenkli melanoidinleri oluşturur. Kabuk kalınlığının da gerçek zamanlı nemin artışı ile arttığı belirtilmiştir.

Ahrne ve diğ. (2007) hazırladıkları 200 g'lık hamuru 35°C'de %80 bağıl nemin olduğu ortamda 45 dakika mayalamıştır. 200, 230 ve 260°C'lerde pişirdikleri hamura 5, 10 ve 15 dakika sonrasında nem uygulayarak toplamda 20 dakika boyunca pişirmişlerdir. Farklı aşamalarda uygulanan buharın pişirmeye ve akrilamid oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Buhar uygulamasının kabuğun sıcaklığını ve kabuğun iç kısmı ile dış kısmı arasındaki sıcaklık farkını düşürdüğü görülmüştür. Buharsız pişirmeye göre akrilamid oranının azaldığı ve buhar miktarının arttıkça akrilamid konsantrasyonunun azaldığı görülmüştür. Pişirmenin son 10 dakikasında uygulanan buharın buharsız pişirmeye göre akrilamid oluşumunu %50'ye kadar azalttığı saptanmıştır. Buhar yardımıyla ekmeğin kabuğunda geleneksel yöntemlerle pişirilmiş gibi bir renk elde etmek ve daha düşük yoğunlukta akrilamid içeren bir son ürün elde etmenin mümkün olduğu belirtilmiştir.



3. MATERYAL-METOT

3.1 Materyal

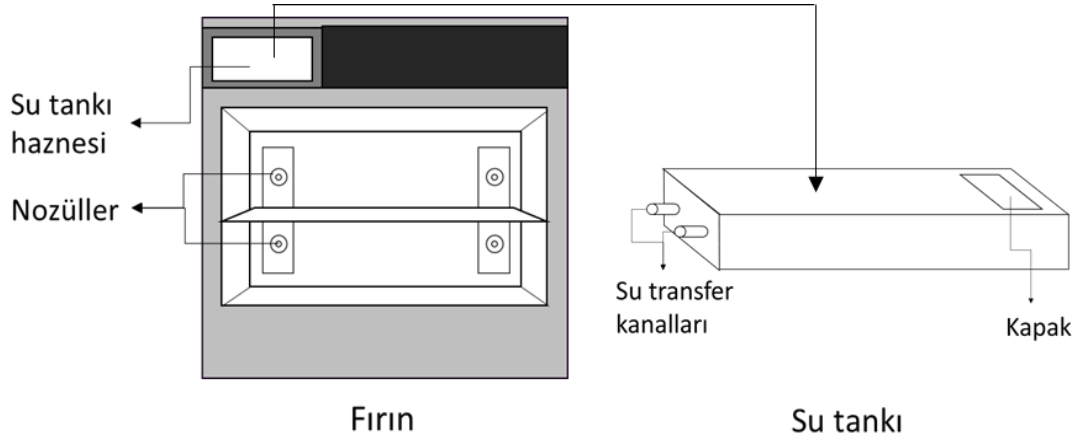
Ekmek yapımında kullanılan kepeksiz buğday unu (AL-SAN Gıda), yumurta, şeker, tuz, %30 kuru madde içeren yaş maya (*Saccharomyces cerevisiae*) (Pak Gıda) ve ayçiçek yağı Türkiye’de yerli bir marketten tedarik edilmiştir. Buğday unu TGK’ya göre tip 650’dir (Kuru maddede maksimum kül oranı %65, kuru maddede minimum protein oranı %9) (Anon., 1999). Deneylede kullanılan kimyasallar borik asit, demir klorür, sülfosalisilik asit, potasyum kromat, etil alkol, petrol eteri, metanol, gümüş nitrat Merck Millipore KGaA (Darmstadt, Almanya) firmasından, potasyum kromat Chembio Laboratory Research, Bilge Kimyevi Laboratuvar Ürünleri İmalat Danışmanlık ve Analiz Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi (Türkiye) firmasından temin edilmiştir.

3.2 Metot

3.2.1 Ekmek örneklerinin hazırlanışı

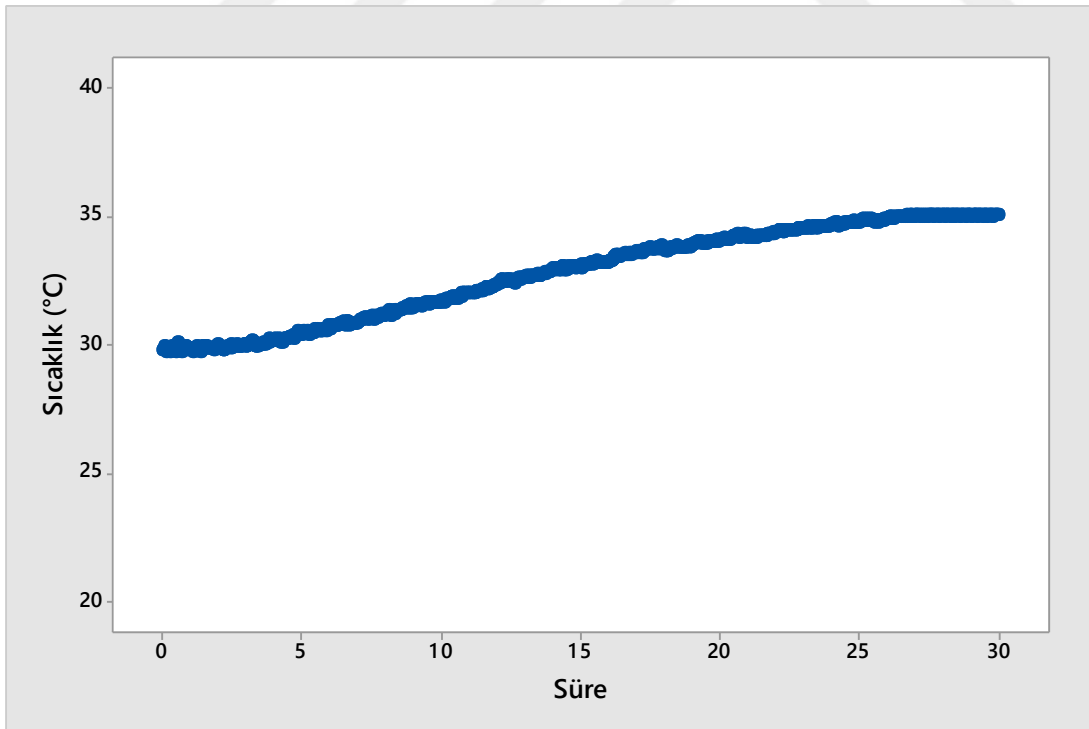
Ekmek ARÇELİK A.Ş. iç talimatlarda belirtilen tarife göre hazırlanmıştır. Ekmek hamuru 300 ml’lik ılık suda mayayı, şekerini ve tuzu çözündürüp yaklaşık 500 g’lık un ile karıştırarak elde edilmiştir. Hamurlar elde yoğurulmuştur. Şekillendirilen hamur 30°C’de 30 dk. boyunca mayalandırılmıştır. Mayalanan hamur bekletilmeden Arçelik A.Ş. Ar-Ge laboratuvarlarında tasarlanan tam buharlı fırın prototipinde 200°C’de 45 dk. boyunca buhar kullanılmadan ve fırına entegre buhar jeneratörüyle özel haznesine yerleştirilen 150 ml ve 350 ml suyu buhara dönüştürüp 60 l’lik fırın hacmine uygulayarak pişirme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1’de su haznesi görülmektedir. Su haznesinin kapak kısmı açılarak içine su konur, su pompayla pompayla kanallardan çekilerek buhar jeneratörüne verilir. Burada oluşturulan buhar, nozüllerden fırın içerisine nakledilir. Hazırlanan ekmekler pişirme işlemlerinin ardından analizleri yapılmadan önce 3 saat oda koşullarında soğumaya bırakılmış, 3

saatin sonunda fiziksel analizleri ve duyu analizi yapılmıştır. Ardından kimyasal analizler yapılmıştır.

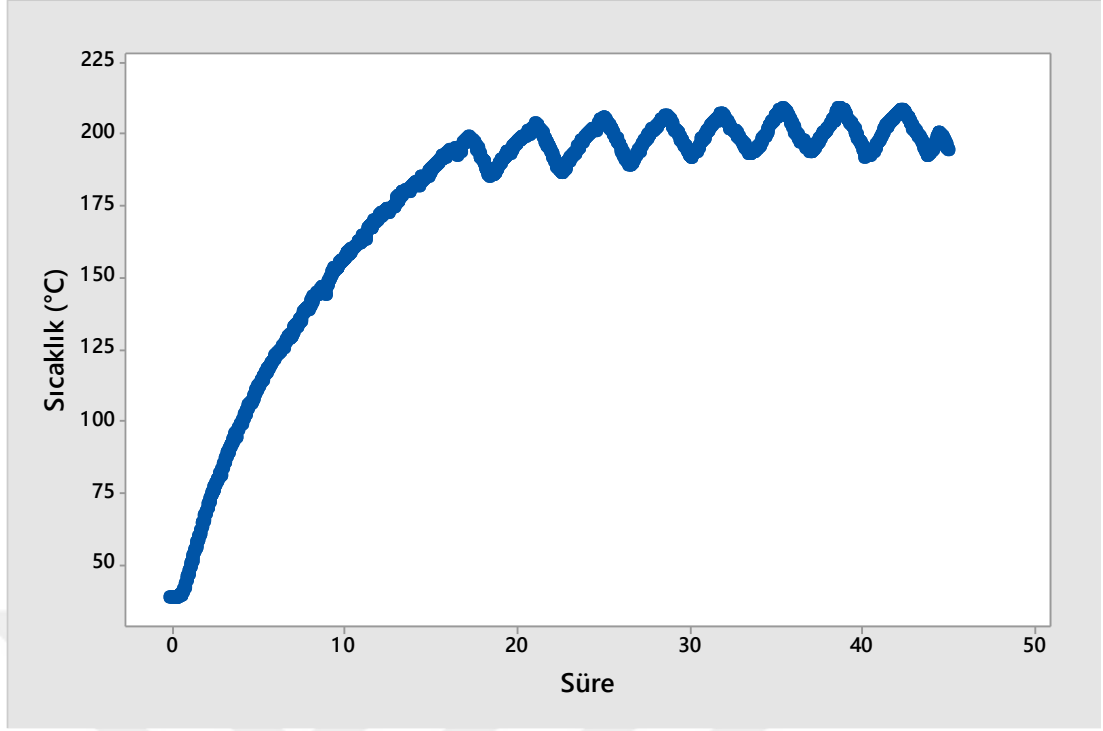


Şekil 3.1 : Buhar jeneratörünü besleyen su haznesi

Mayalama işlemi tüm ekmekler için aynıdır. Mayalama esnasında sıcaklığın değişimini gösteren grafik Şekil 3.2’dedir. Mayalama sıcaklığı 30-35°C arasında değişmiştir. Şekil 3.3’de pişirme sırasındaki fırın içi sıcaklığı gösterilmektedir. Sıcaklık 200°C civarında salınım göstermektedir.

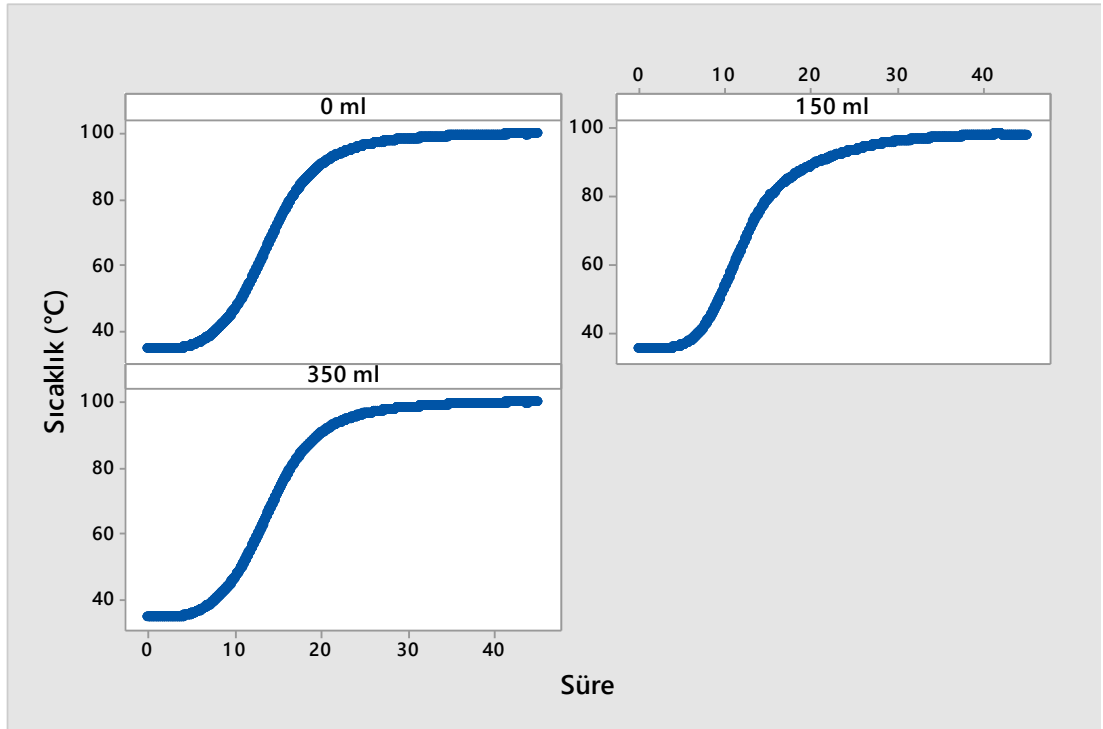


Şekil 3.2 : Ekmeklerin mayalanması süresince fırın içi sıcaklığı



Şekil 3.3 : Pişirme sırasında fırın içi sıcaklığı

Şekil 3.4’te ise pişirme işlemi sırasında farklı buhar uygulama koşullarında pişirilen ekmeklerin iç sıcaklıkları verilmektedir.



Şekil 3.4 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanan ekmeklerin zamana göre değişen ekmek içi sıcaklıkları

Pişirme işlemi sırasında farklı buhar uygulama koşullarında pişirilen ekmeklerin i sıcaklıklarında yaklaşık 20. dk.'ya kadar sürekli bir artış gözlenmiş, sonrasında pişirme sonuna kadar yaklaşık 25 dk. boyunca ekmek içi sıcaklığı 100°C civarında sabit kalmıştır.

3.2.2 Fiziksel analizler

3.2.2.1 Pişme kaybı

Tartılan hamurlar pişirme işleminin sonrasında 1 saat oda koşullarında bekletilmiş, ısı dengeye geldikten sonra tartımları alınmıştır. Sonuçlar ağırlık kayıpları yüzdesi cinsinden verilmiştir (Debonne ve diğ., 2017).

3.2.2.2 Hacim ve kabarma miktarı

Ekmeklerin hacim ölçümü pişme işleminin sonlanmasından 3 saat sonra ekmeklerin soğumasının ardından gerçekleştirilmiştir. Hacim ölçümü için AACCI metot 10-05.01'de belirtilen kolza tohumlarının yer değiştirmesi prensibine göre yapılmıştır (AACC International, 2001).



Şekil 3.5 : Ekmekte kabarma ölçümlerinin alındığı nokta

Hamur fırına verilmeden önce çizilin atıldığı hat boyunca belirlenmiş 3 noktadan kumpas yardımıyla yükseklik ölçümleri alınmıştır (Şekil 3.5). Pişirmenin ardından aynı 3 noktadan tekrar yükseklik ölçümleri alınmış ve ekmeğin farklı noktalarındaki kabarma miktarı tespit edilmiştir.

3.2.2.3 Renk analizi

Ekmeğin kabuk kısmının, tabanının ve iç kısmının rengi spektrofotometrik renk analiz cihazı (Minolta Co., Japan) kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler CIE-Lab renk uzayında yapılmış olup, ölçüm öncesi cihaz kalibre edilmiştir ($L^* = 93,4$, $a^*=1,8$, $b^* = 4,4$). L^* açıklığı, a^* yeşilden (-) kırmızıya (+) olan tonları, b^* ise maviden (-) sarıya (+) olan tonları ifade etmektedir. Cihaz yardımıyla kabuk kısmı için 9, taban ve iç kısım için 3'er farklı noktadan renk ölçümü alınmıştır. Ölçümler her bir ekmek için 4 kez tekrarlanmıştır. Numunelerdeki renk değişimi hem enstrümantal olarak hem de duyusal olarak değerlendirilmiştir.

3.2.2.4 Kabuk ve iç kısım analizi

Ekmek ortadan ikiye bölünerek, bir yarısının iç kısmı kabuğundan kazınarak ayrılır. Ayırma işlemi rengin farklılaştığı nokta baz alınarak yapılır. Bunun yanı sıra kabuğun kalınlığı orta kısımda üç farklı yerden ölçülür (Debonne ve diğ., 2017).

3.2.2.5 Nem içeriği

Ekmeklerin nem içeriğini ölçmek için otomatik nem ölçme cihazı (Mettler Toledo, USA) kullanılmıştır. Cihazın çalışma ilkesi ağırlığı bilinen bir numunenin infrared lamba yardımı ile ısıtılarak su kaybetmesini sağlayarak, nemi gravimetrik olarak tespit etmeye dayanır (Sakin-Yılmaz ve diğ., 2013).

3.2.2.6 Doku analizi

Ekmeğin iç kısmında 10 mm kalınlığında dilimler kesilerek doku profili cihazı TA.XT (Chatillion, AMETEK) kullanılarak silindirik prop yardımıyla doku profili analizlenmiştir. Test hızı 2 mm/s, tetikleme 0,012 kgF olup, %90 oranında sıkıştırma uygulanmıştır. Sıkıştırma işlemi iki tekrarlı yapılmıştır. Sertlik, koheziflik ve çiğnenebilirlik gibi parametreler incelenmiştir. Her numune için 5 farklı noktadan ölçüm alınmıştır (Debonne ve diğ., 2017). Ekmeğin kabuğunun sertliği ise iğne uçlu prop ile ölçülmüştür. Tekli sertlik testi uygulanmış olup, bastırma limiti 5 mm, test hızı 10 mm/s ve tetikleme 0,02 N olarak belirlenmiştir. Ekmek kabuğunda 5 farklı noktadan ölçüm alınmıştır.

3.2.3 Kimyasal analizler

3.2.3.1 Fitik asit tayini

Tahıllarda fitik asit tayini Aktaş-Akyıldız ve diğ. (2017)'de belirtilen şekilde yapılmıştır. 5 g numune 100 ml 0,6 N HCl içinde oda sıcaklığında 2 saat boyunca ekstrakte edilmiştir. Sonrasında 4200 rpm'de 30 dk. santrifüj edilmiş ve ayrılan süpernatant'tan 6 ml örnek tüplere konulmuştur. Bu örneklerin üzerine %0,03 FeCl₃.6H₂O ve %0,3 5-sülfosalisilik asit içeren Wade reaktifinden 2 ml konmuş ve etkili bir şekilde vortekslenmiştir. Sonrasında tüplere tekrar 4200 rpm'de 10 dk. santrifüj uygulanmıştır. Örneklerin absorbansları UV-Vis spektrofotometre (Perkin-Elmer, USA) kullanılarak 500 nm'de saf suya karşı okutularak ölçülmüştür. Fitik asit standardı kullanılarak tespit edilen standart eğrisi üzerinden fitik asit miktarı tespit edilmiştir.

3.2.3.2 Toplam fenolik madde tayini

Fenolik bileşenlerin tespitinde öncelikle 5 g tartılan numuneye 50 ml metanol eklenir. İyice karıştırılan çözelti 60 dk. süre ile 40°C'lik su banyosunda bekletilir. Sonrasında 50 µl alınan örnek ekstraktının üzerine 3 ml saf su, 250 µl Folin Ciocalteu reaktifi ve 750 µl %7'lik K₂CO₃ çözeltisi eklenir. Kör numune için örnek yerine saf su konur. Vorteks sonrası 8 dk. bekleyen numunelerin üzerine 950 µl saf su eklenir ve 2 saat oda sıcaklığında ve karanlıkta bekletilir. UV-Vis spektrofotometrede 750 nm'de kör numuneye karşı absorbansları ölçülür. Gallik asit çözeltisi kullanılarak hazırlanan standart eğrisi ile toplam fenolik bileşen miktarı mg GAE/100 g km örnek olarak verilir (Ötleş ve diğ., 2014)

3.2.3.3 Antioksidan kapasitesi

5 g numune 20 ml metanol ile karıştırılmıştır. Deney tüplerine öncelikle %0,0394'lük DPPH'den (2,2 difenil-1-pikrilhidrazil) 600 µl konmuştur. Sonrasında örnek ekstraktından farklı tüplere 20, 40, 60, 80 ve 100 µl eklenmiş ve metanol ile 6 ml'ye tamamlanmıştır. Kör numune için 600 µl DPPH çözeltisi üzerine 540 ml metanol eklenmiştir. Kör numuneler 15 dk., diğer deney tüpleri ise 25 dk. oda sıcaklığında karanlıkta inkübe edilmiştir. UV-Vis spektrofotometre kullanılarak 517 nm'de metanole karşı absorbans değerleri okunmuştur. İnhibisyon değerleri % olarak tespit edilir (Cemeroğlu, 2010).

3.2.3.4 HMF analizi

HMF analizi için kromatografik yöntem kullanılmıştır. Petisca ve diğ.'nin (2014) çalışması modifiye edilmiştir. Numuneler iyice öğütülerek homojenize edilmiştir. 10 g örnek üzerine 50 ml ultra saf su eklenerek örnek çözülmüş, üzerine Carrez I ve Carrez II çözeltileri eklenmiştir. Karışım balonjojeye konularak saf su ile 100 ml'ye tamamlanmış ve örnekler kaba filtre kağıdı kullanılarak süzülmüştür. HMF standardı 10 mg tartılarak balonjojede 100 ml'ye tamamlanmış, bu çözeltiden 5 ml alınmış ve saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır.

Mobil faz için saf su ve HPLC grade metanol (90:10) karıştırılmıştır. Ölçümler için HPLC-DAD (Diode array detection) (Agilent 1260 Infinity) sistemi kullanılmıştır. Akış hızı 1 ml/dk., enjeksiyon hacmi 35 µl ve kolon sıcaklığı 40°C'dir. DAD detektörü 284 nm dalga boyunda çalışmıştır. ACE 5 C18 kolonu (150 x 4.6 mm) kullanılmıştır. Tüm numunelerin ölçümü 4 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

3.2.3.5 Protein tayini

Ekmekte protein tayini Kjeldahl yöntemi ile yapılmış, (FOSS Tecator™ ve FOSS Kjeltac™, Danimarka) kullanılmıştır (TS ISO 1871, 2016). Bu yöntemde gıdada bulunan tüm azot amonyum iyonuna dönüştürülür ve bu değer üzerinden protein miktarı dolaylı olarak tespit edilir. Öncelikle 2-3 g arası tartılan numuneler Kjeldahl tüplerine dökülmüş ve üzerlerine katalizör olarak 2'şer adet K₂SO₄ ve CuSO₄.5H₂O içeren tabletlerden eklenmiştir. Tüplere 15 mL %98'lik H₂SO₄ eklenmiş ve yakma ünitesinde 420°C'de 75 dk. yakılmıştır. Gıda içindeki organik madde böylece (NH₄)₂SO₄'a dönüştürülmüştür. Ardından soğuyan tüpler sırayla distilasyon ünitesine alınır. Bu işlemde 50 mL NaOH ile serbest hale gelen NH₃, 30 ml borik asit ve 80 ml su içeren bir erlen içinde tutulmuş ve erlen 0,1 N HCl ile titre edilmiştir. Örneğin protein içeriği denklem 3.2'de görüldüğü gibi hesaplanmıştır. Bu değer buğday için protein faktörü olan 5,7 ile çarpılmıştır (Food and Agriculture Organization, 2003).

$$\%Azot = \frac{14,007(V_1 - V_2).N}{m} 100 \quad (3.2)$$

3.2.3.6 Toplam yağ tayini

Toplam yağ tayini yarı otomatik yağ tayin cihazında (FOSS Soxtec™, Danimarka) yapılmıştır. Tayinin öncesinde kartuşlar ve içlerinde cam kaynama taşları konulan

ekstraksiyon kapları etüvde (Memmert GmbH, Almanya) 105°C’de 2 saat boyunca kurutulmuştur. Öğütülmüş olan numune 2-3 g arası kartuşlara tartılmış (m_1) ve cihazın mıknatıslı bölgelerine bu kartuşlar iliştirilmiştir. Boş ağırlıkları (m_2) alınan ekstraksiyon kaplarının her birine 80 ml petrol eteri konmuş, cihaza yerleştirilmiş ve cihazın her iki kolları da en alt seviyeye indirilmiştir. Cam kapak kapatıldıktan sonra 135°C’ye gelen cihaz ile ekstraksiyon işlemi başlatılmıştır. Sırasıyla 20 dk. kaynama, 40 dk. yıkama, 10 dk. geri kazanım ve 5 dk. kurutma işlemleri gerçekleşir. Ardından kollar yukarı alınarak ekstraksiyon kapları cihazdan çıkarılmış ve 2 saatliğine kurumak üzere 105°C’deki etüve konmuştur. Son olarak etüvden çıkan kaplar desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır (m_3). Yağ miktarı denklem 3.3’te gösterildiği üzere hesaplanmıştır.

$$\%Yağ = \frac{(m_3 - m_2)}{m_1} 100 \quad (3.3)$$

3.2.3.7 Tuz tayini

Ekmekte tuz tayini titrimetrik olarak yapılmıştır. Öğütülmüş numune öncelikle 105°C’de kurutulmuş, kurutulan numuneden yaklaşık 10 g (m) tartılmıştır. Üzerine 500 ml kaynar saf su eklenerek karıştırılmıştır. Çözelti soğuduktan sonra üzerinden 200 ml bir erlene alınmıştır. Erlene 2-3 damla K_2CrO_4 eklenmiş ve karışım 0,1 N $AgNO_3$ çözeltisi ile titre edilmiştir. Sarfiyat (v) denklem 3.4’e yerleştirilerek tuz miktarı hesaplanmıştır. 1 ml sarfiyat 0,005846’lık NaCl’ye denktir.

$$\%Tuz = \frac{0.1(v)0,05846}{(200/500)m} 100 \quad (3.4)$$

3.2.3.8 Toplam kül tayini

Önceden 105°C’lik etüvde (Memmert) 45 dk. kurutulan ve ardından desikatörde soğutulan krozeler tartılmıştır. İçlerine 2-3 g arası öğütülmüş numuneden tartılmış ve krozeler önceden 550°C’ye ayarlanmış kül fırınında 8 saat boyunca yakılmıştır. Son olarak desikatörde soğutulan krozeler tartılmıştır. Krozelerin son tartımı ile ilk tartımı arasındaki farkın numunenin ağırlığına bölünmesi ile gıdanın içerdiği kül yüzdesi hesaplanmıştır.

3.2.3.9 Ekmek yüzeyinde mikrobiyal gelişimin incelenmesi

Piştirilen ekmeklerin orta kısımlarından dilimler alınmış ve polietilen gıda saklama poşetlerine konup oda sıcaklığında 7 gün boyunca saklanmıştır. 0., 4. ve 7. günün sonlarında ekmeklerin üzerinde mikrobiyal bir gelişim olup olmadığı görsel olarak değerlendirilmiştir. Aynı zamanda ekmeklerin nem değerleri de ölçülmüştür.

3.2.4 Duyusal analiz

Buharsız, düşük buharda ve yüksek buharda pişen ekmeklerin duyusal analizi aynı anda karşılaştırmalı olarak 7 eğitimli olmayan panelist ile gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma kabuk, iç kısım, tat ve aroma özellikleri için yapılmış ve beğeni durumları belirlenmiştir. Kabukta şekil, renk, parlaklık, kalınlık ve çıtırılık; iç kısımda gözenek dağılımı, gözenek boyutu, renk, elastisite ve yumuşaklık; aroma ve tat özelinde ise ekmek kokusu, yanık kokusu, tuzluluk, tatlılık, acılık ve ekşilik değerlendirilmiştir. Parametrelerden bazıları kimyasal ve enstrümantal analizlerle de belirlen parametreler olup, bu sonuçların panelistlerin duyusal tercihleri ile tutarlılığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

3.2.5 İstatistiksel analiz

Yapılan analizlerin değerlendirilmesinde Minitab (Minitab 17 Statistical Software for Windows®, Minitab Inc., Pennsylvania, USA) yazılımı kullanılmıştır. Öncelikle tüm sonuçların temel istatistik analizleri yapılmış, ortalamalar ve standart sapmalar belirlenmiştir. Ardından elde edilen sonuçlar varyans analizine (ANOVA) tabi tutularak farklı buhar uygulamalarının gıdanın fiziksel ve kimyasal özelliklerine olan etkisinin anlamlı olup olmadığı tespit edilmiştir. Anlamlı olan değerleri sınıflandırmak için Tukey testi kullanılmıştır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ekmekler 3 tekrarlı olacak şekilde pişirilmiştir, buharsız ortamda pişirilen ekmek kontrol grubudur. Şekil 4.1’de buharsız olarak pişirilen, 150 ml ve 350 ml buhar uygulanarak pişirilen ekmeklerin fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 4.1 : Buharsız, 150 ml ve 350 ml buhar eklenerek pişirilen ekmeklerin üst ve taban görünüşleri

Numunelerde pişme kaybı, hacim, renk, doku ve nem gibi fiziksel özellikler incelenmiş; fitik asit içeriği, antioksidan kapasitesi, toplam fenolik madde, HMF, protein, yağ, tuz ve kül gibi kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Ekmeklerde aynı zamanda duyusal analiz gerçekleştirilmiştir. Kimyasal analizler iki paralelli ve üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Renk analizi için tek numunenin farklı kısımlarından 3’er ölçüm alınmış, doku analizi için ise 5 paralelli çalışılmıştır.

4.1 Fiziksel Analiz Sonuçları

4.1.1 Pişme kaybı

Buharsız ortamda (kontrol grubu) ve iki farklı buhar verilerek pişirilen ekmeklerin % ağırlık kayıpları Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Buharsız ortamda pişen ekmekte pişme

kaybı %12,1 iken, 150 ml buharda pişen ekmekte %10,5 ve 350 ml buharda pişen ekmekte %15,6 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1 : Pişirme esnasında farklı miktarda buhar eklenerek pişirilen ekmeklerin pişme kaybı ve Tukey testi karşılaştırmaları

Uygulanan buhar miktarı (ml)	Pişme Kaybı (%)
0	12,1±3,6 ^a
150	10,6±1,5 ^a
350	15,6±3,5 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

En düşük değer 150 ml buhar koşulunda, en yüksek pişme kaybı ise 350 ml buhar uygulamasında gözlenmiştir. Buharsız pişirmedeki kayıp bu iki değer arasında.

Tukey testine göre farklı koşullarda pişen ekmeklerin pişme kayıpları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır (p>0,05).

Debonne ve diğ. (2017) aynı miktarda malzemeyi karıştırarak oluşturdukları hamurlara 200 ve 600 ml buhar 150, 175 ve 200°C’lerde 8 ve 13 dk. boyunca uygulayarak pişirmiş ve bu ekmeklerin pişme sonrası kütlelerini karşılaştırmışlardır. Ekmek kütlelerinin buhardan etkilenmediğini gözlemlemişlerdir. Farklı sıcaklık ve süreye bağlı olarak anlamlı değişimler gözlemlemiş olsalar da sadece uygulanan buhar miktarının etkisi göz önüne alındığında ekmekler arasında kütle farkının anlamsız olduğu ortaya konulmuştur (Debonne ve diğ., 2017).

4.1.2 Hacim ve kabarma ölçümü

Pişme sonrası ekmeklerin hacmi kolza tohumlarının yer değiştirmesi prensibine göre ölçülmüştür. Ekmeklerin hacim değerleri Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2 : Pişirme esnasında farklı miktarda buhar uygulanarak pişirilen ekmeklerin hacimleri ve Tukey testi karşılaştırmaları

Koşul	Hacim (ml)
0 ml	2812±18 ^b
150 ml	2775±35 ^b
350 ml	3030±14 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

0, 150 ve 350 ml buhar uygulamaları sonucu ekmek hacimlerindeki ortalama değişim sırasıyla 2812, 2775 ve 3030 ml olarak ölçülmüştür. Pişme kaybında olduğu gibi hacim ölçümlerinin sonucunda da en yüksek değer yüksek buhar uygulanan numunede görülmüştür. Buhar uygulanmayan numunenin ve 150 ml buhar uygulanan numunenin hacimleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ancak 350 ml buhar uygulanan numune diğer numunelerden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur.

Schirmer ve diğer. (2011) farklı buhar uygulamalarında ekmek hacminin optimum bir seviyeye kadar arttığını belirtmiş, bu durumun ekmeğin dış yüzeyindeki enerjinin iç kısma aktarılması sonucu olduğunu belirtmiştir. Buharın ekmek yüzeyinde yoğunlaşmasının entalpisi ekmek hacmini arttıracak boyuttur. Optimum seviyede buharsız pişen ekmeğe kıyasla %20'lik bir hacim artışı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ise minimum ve maksimum ekmek hacimleri arasındaki fark yaklaşık %8'dir. Bunun temel nedeni ekmeklerin hacimlerinin literatürdeki diğer çalışmalarda hazırlanan ekmeklere göre çok fazla olmasıdır. Schirmer ve diğer. (2011) yaklaşık 300 ml hacmindeki ekmeklerde çalışırken, bu çalışmada ekmek hacimlerinin ortalaması 2800 ml'nin üzerindedir. Artış yüzdesinin bu nedenle daha düşük seviyede kaldığı düşünülmektedir. Bir başka çalışmada, Debonne ve diğer. (2017) 200 ve 600 ml buhar takviyesiyle ve değişen sürelerde pişirdikleri ekmeklerin hacimlerinin 239 ile 274 ml arasında değiştğini gözlemlemişler fakat hacimler arasındaki farklılığın önemli olmadığını tespit etmişlerdir.

Kabarma ekmeğin mayalama ve pişme işlemleri sayesinde tabanından kabuğuna olan doğrultudaki yükselişidir. Ekmeklerin yükseklikleri kumpas ile Şekil 3.1'de gösterilen yerden ölçülmüş, kabarma değerleri mm cinsinden Çizelge 4.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.3 : Pişirme esnasında farklı dozda buhar uygulanan ekmeklerin kabarma miktarları ve Tukey testi karşılaştırmaları

Koşul	Kabarma miktarı (mm)
0 ml	22,3±3,6 ^a
150 ml	29,1±10,8 ^a
350 ml	47,3±25,9 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Ekmek yüksekliğinin maksimum olduğu orta noktada buhar artışıyla orantılı bir artış gözlenmiştir fakat bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir

($p>0.05$). Kabarma miktarları farklı olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı çıkmamasının nedeni kabarma miktarının yüksek buhar uygulanan ekmeklerde farklılık göstermesidir. Bunun nedeni yüksek miktarda buharın ekmeğin hacimsel olarak genişlemesini sağlarken bu hacimsel genişlemenin her zaman yukarıya doğru olmaması, buharın homojen dağılmamasına bağlı olarak bazı durumlarda yanlara doğru genişlemesi olabilir.

Kabarma hacim ile genelde doğru orantılıdır. Eğer hamur fazla yayılmışsa hacim artışı olmasında rağmen istenen kabarma gerçekleşmeyebilir. Yapılan öncül çalışmalarda bu durumun genelde hamurun düz bir alanda uzun süre bekletilmesinden kaynaklandığı bu nedenle daha geniş çaplı fakat ince bir ekmeğin elde edildiği gözlemlenmiştir.

4.1.3 Renk analizi

Ekmeğin kabuk rengi ve iç rengi ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Çizelge 4.4’de kabuk kısmında alınan renk değerleri gösterilmektedir. Kabuktan ölçülen L^* değerindeki farklar istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0.05$). Altamirano-Fortoul ve diğ. (2012)’nin yaptığı çalışmada L^* değerinin artan buhar miktarıyla birlikte arttığını gözlemlenmiştir. 400 ml’lik buhar uygulamasının 100 ml ve 200 ml buhar uygulamasından daha yüksek bir L^* değerine sahip olduğu ve farkın anlamlı olduğu belirtilmiştir.

Kabuktan ölçülen a^* değerinin arttığı ve 350 ml’lik buhar uygulamasının diğer buhar seviyelerinden anlamlı olarak farklı olduğu görülmüştür. Sonuçlar buhar yoğunluğunun artmasıyla a^* değerinin de arttığını göstermektedir. Buhar sıcak olduğundan hamurun pişmesini ve yüzeyde kızarmayı sağladığından a^* değerini artırdığı düşünülmektedir. Altamirano-Fortoul ve diğ. (2012) kendi çalışmalarında a^* değerinin düzenli olarak azaldığını gözlemlenmişlerdir. Bu farklılık pişirme süresinin 18 dk. kadar kısa olmasından, 230°C ’lik pişirme sıcaklığından ya da pişirme esnasında buharın ekmeklere uygulanış şekline kaynaklanıyor olabilir. Bu çalışmada pişirme işlemi 200°C ’de 45 dk. sürmektedir. Uzun süre pişirilen ekmeğin daha çok kızarmakta ve bunun sonucunda daha yüksek bir a^* değeri gözlemlenmektedir.

b^* değeri sarılığı belirtir. Yapılan çalışmada 150 ml buhar uygulanan ekmeğin b^* değerinin en yüksek buhar uygulamasının 350 ml olduğu ekmekte, bunu buharsız pişirmenin takip ettiği görülmüştür. Buharsız koşulda pişen ekmeğin 150 ml buharda pişen ekmeklerin b^* değerleri arasında anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır.

Buharın pişirici bir etkisi olduğu için en düşük değerin buharsız olarak pişen ekmekte gözlenmesi beklenen bir durumdur. Ancak 150 ml ve 350 ml buhar verilerek pişirilen ekmekler arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. b* değeri ile pişme esnasında uygulanan buhar miktarı arasında düzgün bir ilişkinin olduğu söylenebilir. Altamirano-Fortoul ve diğ. (2012) çalışmasında b* değeri uygulanan buhar miktarı arttıkça artmış ve anlamlı olarak değişmiştir.

Ekmeğin iç kısmı doğrudan ısı ile temas etmediğinden bu kısımda daha hafif bir renk değişimi gözlenmektedir. Ekmeğin iç kısmının renk değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Farklı miktarda buhar uygulanarak pişen ekmeklerin iç kısımlarının rengi ölçülmüş, fakat parametrelerin hiçbirinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. a* ve b* değerleri buharla birlikte düzenli artış göstermişlerdir. Aynı zamanda ekmek rengi koyulaşmıştır. Artış gözlenmesine rağmen değerler arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır.

Çizelge 4.4 : Pişirme esnasında farklı dozda buhar uygulanmış ekmeklerin kabuklarının renk değerleri ve Tukey karşılaştırmaları

Bölge	Koşul	L*	a*	b*	Kroma
Kabuk	0 ml	43,1±6,3 ^a	13,9±0,7 ^b	19,8±2,8 ^b	24,2±2,5 ^b
	150 ml	47,1±6,4 ^a	13,6±1,4 ^b	24,0±3,2 ^a	27,9±3,0 ^a
	350 ml	49,1±0,8 ^a	16,6±2,3 ^a	23,1±1,1 ^a	27,5±1,0 ^a

Çizelge 4.5 : Pişirme esnasında farklı dozda buhar uygulanmış ekmeklerin iç kısımlarının renk değerleri ve Tukey karşılaştırmaları

Bölge	Koşul	L*	a*	b*	Kroma
İç kısım	0 ml	60,5±13,0 ^a	7,3±6,4 ^a	21,5±1,8 ^a	25,1±4,6 ^a
	150 ml	57,1±13,0 ^a	7,8±6,7 ^a	22,0±2,5 ^a	24,0±3,8 ^a
	350 ml	61,2±13,5 ^a	8,1±7,1 ^a	24,4±4,0 ^a	26,4±5,3 ^a

İç kısmın renginde büyük farklılıklar gözlenmemesinin sebebi dış kısımda oluşan kabuk nedeniyle buharın iç kısma ulaşmasının zorlaşmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

4.1.4 Kabuk ve taban kalınlığı

Ekmek için önemli kalite kriterlerinden biri olan kabuk kalınlığı, farklı koşullarda pişmiş olan ekmeklerde ölçülmüş ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Kabuk kalınlığı değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Yapılan ölçümler buhar desteği ile pişen ekmeklerin daha kalın bir kabuğa sahip olduğunu göstermektedir. Ancak sonuçlar göz önüne alındığında kabuk kalınlığının buhar miktarıyla değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir ($p>0.05$). Debonne ve diğ. (2017) 200 ml ve 600 ml buhar desteğiyle pişirdikleri ekmeklerin kabuk kalınlıklarında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemişlerdir.

Taban kalınlığı kabuk kalınlığından farklı olarak 350 ml buhar uygulanan koşulda maksimum değerine ulaşmıştır. Taban kalınlığının 0 ml ve 150 ml buhar uygulanan ekmeklerde daha düşük değerde olduğu görülmektedir. Maksimum buhar miktarında daha kalın taban elde edilmesinin nedeni yoğun buhar nedeniyle tepsinin daha hızlı ısınması ve tabanın daha çabuk oluşmasından kaynaklanıyor olabilir. Taban kalınlık değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 : Pişirme esnasında farklı dozda buhar uygulanmış ekmeklerin kabuk ve taban kalınlıkları

Koşul	Kabuk kalınlığı (mm)	Taban kalınlığı (mm)
0 ml	3,0±0,7 ^a	2,6±0,2 ^b
150 ml	3,6±0,6 ^a	2,6±0,4 ^b
350 ml	3,3±0,8 ^a	3,9±0,7 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Altamirano-Fortoul (2012) ise 200 ml buhar ile pişirdikleri ekmeğin kabuk kalınlığının 100 ml buhar ile pişenden daha kalın olduğunu fakat 200 ml ve 400 ml buhar uygulamalarının kabuğa etkileri arasında bir fark olmadığını tespit etmişlerdir.

4.1.5 Nem içeriği

Ekmeklerin nem içerikleri kabuk, iç kısım ve karışık halleri olmak üzere ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Çizelge 4.9'da tüm nem değerleri görülmektedir. İç kısma bakıldığında buhar miktarının artışı ile birlikte nemin arttığı görülmektedir. Bu durum karışık numune için de geçerli olsa da kabuk numunelerinde en düşük nem miktarı 150 ml buhar uygulanan ekmekte görülmüştür. Ekmeklerin kabuklarının Tukey

karşılaştırma testi sonuçlarına bakıldığında yüksek buharda pişen ekmek ile diğer ekmekler arasında anlamlı bir fark görülmektedir. Ekmekler bir bütün olarak incelendiğinde ise karışık olan numunelerin nem değerlerinin kodeksin çizdiği sınırlar dahilinde olduğu görülmektedir. TKG'nde ekmek için maksimum rutubet yüzdesi %38'dir.

Çizelge 4.7 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanan ekmeklerin nem yüzdeleri ve Tukey testi karşılaştırmaları

Koşul	İç (%)	Kabuk (%)	Karışık (%)
0 ml	36,2±0,9 ^a	24,6±0,9 ^b	31,4±0,2 ^b
150 ml	36,9±2,1 ^a	24,0±1,7 ^b	33,7±0,3 ^a
350 ml	38,0±0,7 ^a	34,9±1,2 ^a	34,7±0,4 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Ekmek kabuğunda 0 ml ve 150 ml buharda pişen ekmeğin nem değerleri sırasıyla %24,6 ve %24,0'dür. Yüksek buharda pişen ekmeğin nem değeri %34,9 ile bu değerlerden oldukça farklıdır. Bu yüksek nem değeri aynı zamanda kabuk sertliği analizinde yüksek buharda pişen ekmeğin kabuğunun en yumuşak olarak çıkması ile örtüşmektedir.

Altamirano-Fortoul ve diğ., (2012) yaptıkları çalışmada 200 ve 400 ml buhar uygulanan ekmeklerin 100 ml buhar uygulanan ekmeklere göre iç kısımlarında daha fazla nem içerdiklerini tespit etmiştir. Bu çalışmada da benzer olarak uygulanan buhar miktarı arttıkça iç kısmın nem değerlerinde de artış görülmüştür.

4.1.6 Doku analizi

Ekmeklerin doku profili ve kabuk sertliği ölçülmüştür. Çizelge 4.8'de ölçümlerin sonuçları verilmiştir. Ekmekler silindirik prop yardımıyla iki kez sıkıştırılmış ve ilk sıkıştırma sertlik (1), ikinci sıkıştırma sertlik (2) diye belirtilmiştir. Sertlik sıkıştırmalar esnasında gözlenen en yüksek kuvvet değeridir.

Ekmeklerin sertlik değerleri buhar miktarıyla birlikte azalış göstermektedir. Bu ekmeğin iç kısmının buharla birlikte daha yumuşak bir dokuya kavuştuğunu gösterir. Buharla birlikte ekmeklerin hacimlerinin arttığı, ekmeklerin iç kısımlarındaki porların genişlemesi ve ekmeğin içindeki boşlukların artmasından dolayı %90'luk sıkıştırmada

daha az kuvvet gerektirmesi muhtemeldir. Ancak duyuşal panelde ekmeklerin iç kısımlarındaki porlar arasında panelistler tarafından bir fark tespit edilmemiştir.

Çizelge 4.8 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanan ekmeklerin doku profili analizi ve Tukey karşılaştırmaları

Koşul	Sertlik (1) (N)	Sertlik (2) (N)	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (Nmm)
0 ml	8,5±0,9 ^a	6,6±0,4 ^a	0,5±0,1 ^a	26,7±2,6 ^a
150 ml	7,8±1,1 ^a	6,0±0,9 ^a	0,5±0,0 ^a	22,3±5,9 ^{ab}
350 ml	5,5±1,1 ^b	4,4±0,6 ^b	0,5±0,1 ^a	17,5±6,5 ^b

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Yapılan Tukey karşılaştırması sonucu buharsız pişen ekmek ve 150 ml buhar desteği ile pişen ekmek arasında anlamlı bir sertlik farkı gözükmeş de 350 ml buharda pişen ekmek diğer ekmeklerden daha az sert olup, farkın istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiştir. Ekmeklerin koheziflik değerlerindeki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0,05). Koheziflik maddenin iç bağlarının gücünü göstermekte ve ikinci sıkıştırma kuvvetinin, ilk sıkıştırma kuvvetine oranından hesaplanmaktadır. 350 ml buhar uygulanarak pişen ekmeğin sertlik değerlerinin daha düşük olmasına rağmen, koheziflik değerinin diğer numunelerden istatistiksel olarak farklı olmadığı gözlenmiştir.

Çiğnenebilirlik değerinde ise buharsız pişen ekmekle 350 ml buharda pişen ekmek arasında önemli bir fark tespit edilmiştir. Çiğnenebilirlik buhar miktarı arttıkça azalmakta, 350 ml'de en düşük değerine ulaşmaktadır. Çiğnenebilirlik; sertlik, koheziflik ve yayımsılığın çarpımı ile elde edilmiş olup, bu değerlere paralel olarak değişim göstermektedir. Pişme esnasında ortama verilen buhar ekmeklerin nem içeriklerini de etkiler. En yumuşak olduğu belirlenen 350 ml buhar uygulaması ile pişirilen ekmeğin nem değerleri de buhar miktarına bağlı olarak yüksek bulunmuştur.

Ekmeğin kabuğu için tekli sertlik testi uygulanmıştır. Bunun sonucunda elde edilen kabuk sertlik değerleri Çizelge 4.9'de verilmektedir. En yüksek sertlik değerine sahip ekmek buharsız koşulda pişen ekmek iken, en yumuşak kabuk 150 ml buharda pişen ekmekte gözlenmiştir. ANOVA değerlendirmesi sonucu buharsız pişen ekmekle 150 ml buharda pişen ekmeğin sertlik değerlerinin birbirinden anlamlı olarak farklı olduğu

tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ancak artan buhar miktarına göre düzenli bir değişim söz konusu değildir.

Çizelge 4.9 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanan ekmeklerin kabuklarının tekli sertlik testi değerleri ve Tukey karşılaştırmaları

Koşul	Sertlik (N)
0 ml	6,4±1,3 ^a
150 ml	4,3±0,4 ^b
350 ml	5,0±0,7 ^{ab}

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Altamirano-Fortoul ve diğ. (2012) çalışmasında, buhar destekli pişmiş ekmeklerin dokusu incelenmiş ve buhar miktarı arttıkça sertliğin arttığını ve daha sert ve kuvvetli bir kabuk oluştuğu ortaya konmuştur. Altamirano-Fortoul ve diğ. (2012) çalışmasında 100 ml buhar kullanılarak pişen ekmekte sertliğin minimum, 400 ml buhar kullanılarak pişen ekmekte maksimum olduğu belirtilmiştir. Kısaca ekmek kabuklarının sertliğinin buhara bağlı olarak anlamlı bir şekilde değiştiği ortaya konmuştur ($p<0.05$). Kabuktaki bu katılık nişasta granülleri arasında oluşan çapraz bağlara dayandırılmıştır. Çalışmamızda elde edilen bulgular ekmek sertliğinin en yüksek oranda buharsız pişen numunede görüldüğünü göstermektedir. Bu durumun nedeni olarak uzun pişirme sürelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Altamirano-Fortoul ve diğ. (2012)'nin çalışmasında ekmek sadece 18 dk. pişirilmiş olup, bu çalışmada uygulanan 45 dk.'lık pişirme süresine oranla oldukça kısadır.

Bir başka çalışmada Debonne ve diğ. (2017) kabuk kalınlığının buharlı pişirmede süreye bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir. Daha uzun süre buharda pişen ekmeklerde daha sert kabuk oluşumu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada da yaklaşık 15'er dk.'lık pişirme süreleri uygulanmıştır. Bu çalışmalardan hareketle buharın kısa süreli pişirmelerde uygulanması ekmeğin kabuğunun sertliğini artırırken, uzun süreli ve özellikle kabuk net bir şekilde oluştuktan sonra ortama buhar verilmesinin kabuğun daha nemli ve yumuşak olmasına neden olduğu söylenebilir.

4.2 Kimyasal Analiz Sonuçları

4.2.1 Fitik asit tayini

Ekmeklerde yapılan fitik asit tayini sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.10'da verilmiştir. 0 ml, 150 ml ve 350 ml'de fitik asit miktarlarının düzenli bir şekilde arttığı görülmektedir. Yapılan Tukey testi sonucunda da değerler birbirinden istatistiksel olarak farklı sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.10 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanan ekmeklerin fitik asit içerikleri ve Tukey testi karşılaştırmaları

Koşul	Fitik asit (mg/g km)
0 ml	6,3±0,1 ^c
150 ml	6,6±0,2 ^b
350 ml	6,8±0,1 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Ekmek tahıl kökenli bir gıda olduğu için fitik asit içermektedir. Fakat Çizelge 2.3'ten görüldüğü üzere buğday ekmeklerinin fitik asit değerleri oldukça düşüktür.

Ekmeklerin çok düşük miktarda fitik asit içeriyor olması kepeksiz un kullanılmasından kaynaklandığı gibi uzun süren mayalama işlemi sonucu fitik asidin büyük oranda yıkılmasından da kaynaklanıyor olabilir. Bu çalışmada mayalama süresi 30 dk. sürmüştür. Buhar uygulanan pişirmelerde fitik asit miktarı buharsız pişen ekmekten daha yüksektir ve düzenli bir artış vardır. Sonuçların nemden etkilenmemesi için hesaplamalar kuru madde bazında yapılmıştır.

Aktaş-Akyıldız ve diğ. (2014) yaptıkları çalışmada kepeğin bazı özelliklerini modifiye etmeyi amaçlamışlardır. Kepekte, enzim uygulanmış kepekte, buhar uygulanmış kepekte ve hem buhar hem de enzim uygulanmış kepekte fitik asit içeriğini incelemişlerdir. En yüksek değer 11,28 mg/g km hiçbir uygulama yapılmamış olan kepek ürünüde tespit edilirken, buhar uygulamasının bu miktarı 9,88 mg/g km'ye düşürdüğü görülmüştür. Bu farklılığın %95'lik güven aralığında anlamlı olduğu belirtilmiştir. Enzim uygulanan kepek normal kepekten daha az fitik asit içerirken, enzim ve buhar uygulanan kepek sadece enzim uygulanan numuneden daha az fitik asit içermektedir. Aktaş-Akyıldız ve diğ., (2014) yaptıkları çalışmada gözlemledikleri buharın fitik asit miktarını düşürücü etkisi, bu çalışmada gözlemlenememiştir. Bunun

nedeni kepeğin temas yüzeyinin geniş olması ve fitat içeriğinin daha yüksek olması olabilir. Çünkü ekmeğin büyük bir hacim olduğundan dış yüzeyi buhar ile temas etse de doğrudan iç kısımlara etki etmediği için fitik asit içeriğinin korunmuş olabileceği düşünülmektedir.

4.2.2 Toplam fenolik bileşenler

Farklı koşullarda pişen ekmeklerde toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri cinsinden ölçülmüş, sonuçlar Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 : Pişirme sırasında farklı miktarlarda buhar uygulanarak pişen ekmeklerin toplam fenolik madde içeriği ve Tukey testi karşılaştırmaları

Koşul	Toplam fenolik (mg GAE/100 g km)
0 ml	19,5±1,2 ^a
150 ml	18,4±0,9 ^a
350 ml	21,1±2,6 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

En yüksek toplam fenolik içeren numunenin 350 ml buharda pişen numune olduğu görülmüştür. Ekmeklerin fenolik içeriklerine bakıldığında değerlerin birbirine yakın olduğu ve %95’lik güven aralığında istatistiksel olarak bir farkın olmadığı görülmektedir. Sonuçlar kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.

de Lima ve diğ. (2017) manyok bitkisinin toplam fenolik içeriğini incelemiş, buharlı pişirmenin kaynatma ve mikrodalgada pişirmeye oranla daha iyi fenolik madde korunumu sağladığını ortaya koymuştur. Buhar, mikrodalga ve kaynatmada toplam fenolik madde içeriği sırasıyla 25,81, 17,97 ve 16,59 mg GAE/100 g olarak ölçülmüştür. Biyoerişilebilirliklerine bakıldığında 19,24 mg GAE/100 g ile en yüksek değer buharlı pişirmede tespit edilmiştir. Bu sonuçlar buharın fenolik madde içeriğini koruyucu etkisini ortaya koymaktadır. Ancak literatürde farklı miktarda buhar uygulaması ya da buhar ve ısı ile işlemin birlikte uygulanması ile ilgili bir çalışma yapılmamıştır (de Lima ve diğ., 2017).

4.2.3 Antioksidan kapasitesi

Ekmeklerin antioksidan kapasiteleri spektrofotometrik yöntemle tayin edilmiş, sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Tabloda numunelerin antioksidan kapasitesi %inhibisyon değeri üzerinden ifade edilmektedir. %İnhibisyon değerleri 0 ml, 150 ml

ve 350 ml'de pişen ekmekler için sırasıyla %3,4, %3,7 ve %4,8'dir. En yüksek inhibisyon değeri en yüksek miktarda buhar uygulanan ekmekte görülmekte, o ekmeği 150 ml buharda pişen ekmek takip etmektedir.

Çizelge 4.12 : Pişirme sırasında farklı miktarlarda buhar uygulanarak pişen ekmeklerin yüzde inhibisyon değerleri ve Tukey testi karşılaştırmaları

Koşul	%İnhibisyon (IC50)
0 ml	3,4±0.5 ^a
150 ml	3,7±0.3 ^a
350 ml	4,8±0.5 ^b

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

İşleroğlu ve diğ. (2017) yaptıkları çalışmada ıspanakta C vitamini değerinin farklı pişirme yöntemlerinde nasıl değiştiğini incelemişlerdir. Önemli bir antioksidan olan C vitamininin buhar destekli pişirmede konveksiyonel fırına göre daha iyi korunduğu ancak bunun buharın pişirme işlemini hızlandırmasıyla pişirmenin daha kısa sürmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Aynı zamanda doymuş buharda pişirme işleminde de C vitamini suda çözündüğü için miktarında azalma gözlenmiştir. Genel olarak antioksidan kapasitesi analiz edilmemiştir (İşleroğlu ve diğ., 2017).

Farklı pişirme metotlarının manyok bitkisinin antioksidan içeriğine etkisinin incelendiği çalışmada, buharda pişirmenin mikrodalga pişirme ve kaynatmaya göre daha yüksek antioksidan içerdiği tespit edilmiştir. Antioksidan değerleri buhar, mikrodalga ve kaynatma sonucu sırasıyla 3,95, 3,50 ve 3,22 µM TE/g olarak ölçülmüş olup, bu değerler arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (de Lima ve diğ., 2017). Bu çalışmada antioksidan değerlerindeki artışın buharın ekmek yüzeyi etrafında bir bariyer oluşturması ile antioksidanların daha iyi korunmasına neden olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda fitik asit antinutrisyonel etki göstermeyecek miktarlarda olduğunda potansiyel bir antioksidandır (Makkar ve diğ., 2007). Antioksidan kapasitesinin fitik asit miktarı gibi artması bu nedenle paralellik göstermiş olabilir.

4.2.4 HMF analizi

HMF analizi sonucunda buharsız olarak pişen ekmeğin HMF değerinin diğer numunelere kıyasla oldukça yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanarak pişen ekmeklerin HMF değerleri ve Tukey testi karşılaştırmaları

Koşul	HMF (mg/kg)
0 ml	16,1±4,7 ^a
150 ml	4,2±3,5 ^b
350 ml	3,4±3,5 ^b

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Buharsız olarak pişen ekmekte ortalama HMF değeri 16,1 mg/kg olarak saptanırken, 150 ml buharda pişen ekmekte 4,2 mg/kg, 350 ml buharda pişen ekmekte 3,4 mg/kg HMF tespit edilmiştir. Buhar uygulamasının HMF içeriğini önemli oranda azalttığı ancak iki farklı miktarda buhar uygulamasının arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$).

HMF değerleri incelendiğinde, ekmek kabuğunun kroma değerleri ile arasında bir ilişki olduğu görülebilir. Kroma değeri azaldıkça HMF değeri artmaktadır. Kroma rengin saflığını göstermektedir, değerinin yüksek olması rengin canlı olduğunu belirtir. Kroma değeri düşük olan buharsız pişen ekmek daha soluk ve griye dönük bir renge sahiptir. HMF'nin yüksek oranda bulunması ekmek yüzeyinin daha solgun bir renge sahip olmasına neden oluyor olabilir. Benzer bir değişim b* değerinde de gözlenmiştir. Sarılığı belirten b* rengi arttıkça HMF miktarı azalmaktadır.

Petisca ve diğ. (2013) keklerde farklı pişirme yöntemleri sonucu HMF oluşumunu incelemiştir. Geleneksel yöntemle pişirmelerde ve mikrodalga ile pişirme de HMF miktarı süreye bağlı olarak artış gösterirken, buharlı pişirmede pişirme süresinin uzamasıyla HMF miktarında azalış gözlenmiştir. 20. dk.'da kurumaddede 3,97 mg/kg HMF içeren keklerin, 40. dk.'da 3,66 mg/kg km ve 60 dk.'nın sonunda 2,86 mg/kg km HMF içerdiği tespit edilmiştir. Buna karşılık 60. dk. geleneksel yöntemle pişen kek 41,88 mg/kg km HMF içermektedir. (Petisca ve diğ., 2013). Sonuçlar bu çalışmanın sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada buharın HMF oluşumunu önemli oranda etkilediği görülmüştür.

Sakin-Yılmaz ve diğ. (2013) muffinlerde akrilamid oluşumunu incelemiş ve 145, 160 ve 175°C'de yapılan pişirmelerde tüm sıcaklıklarda buhar desteğinin akrilamid oluşumunu azalttığını belirtmişlerdir.

Bir başka çalışmada 200°C’de 20 dk. pişirme yapılmış ve farklı sürelerde buhar uygulanarak sürece etkisi incelenmiştir. Buharlı pişirmenin buharsız pişirmeye kıyasla daha az akrilamid oluşumuna neden olduğu gözlenmiştir. 10 dk.’lık buhar uygulamasının akrilamid miktarını buharsız pişirmeye göre %50 oranında azalttığı belirtilmiştir (Ahrne ve diğ., 2007). Akrilamid ve HMF her ne kadar farklı maddeler olsalar da ikisi de Maillard reaksiyonu üzerinden oluşmakta ve oluşum mekanizmaları birbirine benzemektedir. Literatüre bakıldığında buhardan da benzer şekilde etkilendikleri görülmektedir (Ahrne ve diğ., 2007; Petisca ve diğ., 2013; Sakin-Yılmaz ve diğ., 2013). Buhar uygulaması a_w ’ni arttırarak Maillard reaksiyonunun hızını yavaşlatmakta ve daha az HMF oluşumuna neden olmaktadır. a_w ’nin yüksek olduğu durumlarda reaksiyona giren ürünlerin konsantrasyonu azaldığından reaksiyon dengesi girenler yönüne kaymakta ve reaksiyon yavaşlamaktadır (Muratore ve diğ., 2006).

4.2.5 Protein analizi

Protein analizi sonucunda numunelerin kuru maddede protein değerlerinin Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanarak pişen ekmeklerin kuru maddede protein miktarları ve Tukey testi karşılaştırmaları

Koşul	Protein (g km)
0 ml	10,6±0,1 ^b
150 ml	12,5±0,0 ^a
350 ml	12,4±0,1 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

En yüksek protein değeri 150 ml buhar desteğiyle pişen ekmekte görülmüştür. Buharsız olarak pişen ekmekte ise protein değeri diğer numunelere göre düşük bulunmuştur. Bunun sebebi buharlı pişirme esnasında ekmeklerin nem içeriğindeki artış olabilir. Kuru ortamda pişen ekmeğin protein değeri bu nedenle düşük çıkmış olabilir. Buharsız koşulda pişen ekmeğin protein içeriği diğer ekmeklerden anlamlı olarak farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Fakat değişim artan buhar miktarı ile paralel bir şekilde olmamıştır.

4.2.6 Toplam yağ tayini

Numunelerin toplam yağ miktarları kuru madde üzerinden hesaplanmış, sonuçlar Çizelge 4.15’de verilmiştir. Pişirme esnasında buhar miktarı arttıkça kuru maddede yağ yüzdesinin azaldığı fakat bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$).

Çizelge 4.15 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanarak pişen ekmeklerin toplam yağ miktarı ve Tukey testi karşılaştırmaları

Koşul	Toplam yağ (%) km
0 ml	1,7±0,2 ^a
150 ml	1,7±0,9 ^a
350 ml	1,6±0,7 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p<0.05$).

Ekmek hazırlanırken, yağ hem hamurun harcına hem de yüzeyindeki karışıma eklenmiştir. Buharlı pişirme esnasında hamurun kendi içindeki yağ miktarından ziyade kabuk yüzeyindeki yağ içeriğinin etkilenmiş olması muhtemeldir. Yoğun miktardaki buhar ekmeğin yüzeyindeki yağ tabakasını uzaklaştırmış olabilir.

Danowska-Oziewicz ve diğ. (2008) farklı buhar saturasyonlarında pişirdikleri hindi etinde yağ analizi yapmışlardır. Çiğ ette yağ oranı %1,43 iken, %50 ve %70 buharlı ortamda sırasıyla %1,12 ve %0,89 yağ içeriği gözlemişlerdir. %0, %20 ve %90 buhar saturasyonunda pişirmeler de yapılmış fakat bu koşullarda yapılan pişirmelerde çıkan sonuçların farkının önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Ekmekte yapılan bu çalışmada etteki kadar farklı bir azalma gözlenmemiştir. Bu azalma, etin dokusunun ve dış yüzeyinin ekmeğe göre yağ kaybına daha müsait bir yapıda olmasından kaynaklanabilir.

4.2.7 Tuz ve toplam kül tayini

3 farklı pişirme koşulunda ekmekteki tuz miktarları Çizelge 4.16’da verilmiştir. Tuz yüzdelere bakıldığında değişimin düzenli olmadığı görülmektedir. İstatistiksel değerlendirme sonuçların birbirinden farklı olmadığını göstermektedir ($p<0,05$). En yüksek tuz değeri 350 ml’de pişmiş olan ekmekte tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16 : Pişirme sırasında farklı buhar koşullarında pişen ekmeklerin tuz miktarları ve Tukey karşılaştırmaları

Koşul	Tuz (% km)
0 ml	2,5±0,1 ^a
150 ml	2,4±0,2 ^a
350 ml	2,8±0,4 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Tuz miktarında önemli bir değişiklik olmamasının sebebi bir mineral olduğu için pişme işleminden çok etkilenmemesinden kaynaklanabilir. Fakat ekmek yüzeyinde bir bariyer oluşturan buharın ekmeğin iç kısımlarına etki edemiyor olsa da ekmek kabuğundaki tuzu çözerek uzaklaştırıyor olması ihtimal dahilindedir. İç kısımdaki tuz miktarı değişmeyecek olsa da kabuk kısmında bir değişim olabilir. Önemli olan toplam tuz miktarı olduğundan bu çalışmada tuz tayini karışık numune üzerinden yapılmıştır. Sonuçlar kuru madde bazında hesaplanmıştır.

Kül tayini sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir. En düşük kül miktarı 350 ml buhar uygulanan ekmeklerde tespit edilmiştir. En yüksek kül içeriği ise 150 ml buhar uygulanan numunede görülmüştür. Sonuçlar kül içeriğindeki değişimin pişirme sırasında eklenen buhar miktarı ile orantılı olarak değişmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.17 : Pişirme sırasında farklı buhar koşullarında pişen ekmeklerin kül miktarları ve Tukey testi karşılaştırmaları

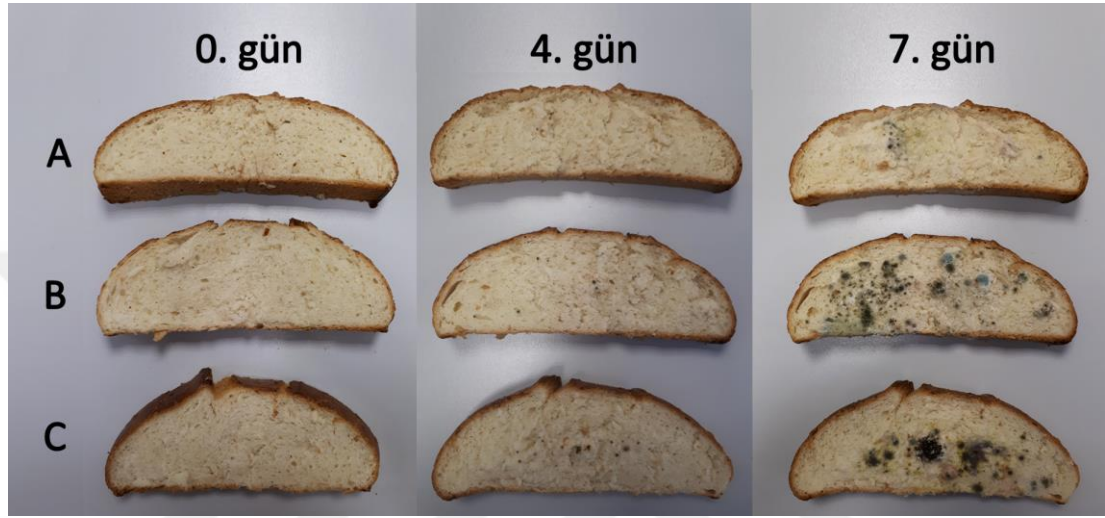
Koşul	Kül (% km)
0 ml	1,5±0,1 ^a
150 ml	1,6±0,1 ^a
350 ml	1,4±0,2 ^a

*Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Barbanti ve Pasquini (2005) tavuk göğüs etini hava konveksiyonu ve konveksiyona ek olarak buhar ile pişirmiştir. 170°C’de 12 dk. pişirilen etlerin kül içerikleri buharsız ve buhar destekli pişirme için sırasıyla 2,18 ve 2,43 mg/100 kg olarak ölçülmüştür. İki ölçüm arasındaki farkın anlamlı olduğu tespit edilmiştir (Barbanti ve Pasquini, 2005). Bu artış ve fark toplam hacimde kül tayini yapılmasından kaynaklanıyor olabilir. Ekmekte yapılan bu çalışmada ise külde ve tuzda benzer bir fark bulunmamaktadır. Her iki maddede kuru madde bazında analiz edilmiştir.

4.2.8 Ekmek yüzeyinde mikrobiyal gelişim

Buharsız olarak pişen, 150 ml ve 350 ml sudan elde edilen buharın uygulanması ile pişen ekmek dilimlerinin 0., 4. ve 7. gündeki küf gelişimleri Şekil 4.2’de görülmektedir. 4. günde ekmeklerin iç kısımlarında küf gelişiminin başladığı, 7. günde ise küflerin daha belirgin olduğu görülmektedir. Buhar miktarındaki artış ekmeklerin nem miktarını arttırdığından küf gelişimini de daha fazla teşvik etmiştir.



Şekil 4.2 : 0., 4. ve 7. günlerde ekmeklerde görülen küf oluşumu. A: Buharsız pişen ekmek, B: 150 ml buharla pişen ekmek, C: 350 ml buharla pişen ekmek

Buharsız pişen, 150 ml ve 350 ml buhar yardımıyla pişen ekmeklerin sırasıyla 0. günde nem yüzdeleri %35,5, %37,2 ve %37,9; 4. günde nem değerleri %34,5, %35,6 ve %36,9; 7. günde nem değerleri ise %32,1, %32,8 ve %34,0’tür.

4.3. Duyusal Analiz Sonuçları

Ekmeklerde duyusal analiz üç ayrı başlık altında değerlendirilmiştir. Öncelikle ekmeğin bir bütün olarak şekli ve kabuğu incelenmiş; şekil, parlaklık, kabuk rengi, kabuk kalınlığı ve çıtırlık üzerinden 1’den 5’e kadar puanlar verilerek ekmekler değerlendirilmiştir. Ardından kesilen ekmeklerin iç kısmında gözeneklerin boyutu, gözeneklerin dağılımı, iç kısmın rengi, elastisitesi ve yumuşaklığı değerlendirilmiştir. Son olarak ekmeklerin aroma ve tat özellikleri; koku, yanık kokusu, tuzluluk, tatlılık, acılık ve ekşilik üzerinden değerlendirilmiştir (Vindras ve Sinoir, 2014).

Ekmek şeklinin ve kabuğunun değerlendirilmesi Çizelge 4.18’de paylaşılmıştır. Duyusal değerlendirmede panelistler ekmeklerin şekilleri arasında herhangi bir farklılık gözlemlememişler ve her 3 koşuldaki ekmeğe de 3,7, 3,8 ve 3,7 gibi oldukça

yakın puanlar vermişlerdir. Bu noktada değerlendirilen ekmeğin büyüklüğü değil sadece şeklinin simetrik olup olmamasıdır. Ekmek yapım aşamasında ekmek düzgün bir şekilde yoğrulmuş ve simetrik bir şekil verilmiştir. Mayalama ve pişirme esnasında ekmek şekli fazla bozulmadan kabardığından final şekilleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.18 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanan ekmeğin kabuklarının duyu değerlendirmesi sonuçları ve Tukey karşılaştırmaları

Numune	Özellikler (1-5 arası puanlama)				
	Şekil (Asimetrik- Homojen)*	Parlaklık (Düşük- Yüksek)*	Kabuk rengi (Açık- Yoğun)*	Kabuk kalınlığı (İnce- Kalın)*	Çıtırılık (Düşük- Yüksek)*
0 ml	3,7±1,1 ^a	2,9±1,0 ^a	3,9±0,9 ^a	3,6±1,0 ^a	2,8±0,8 ^b
150 ml	3,8±1,0 ^a	2,9±0,9 ^a	2,7±1,2 ^b	3,0±0,9 ^a	2,7±1,1 ^b
350 ml	3,7±1,1 ^a	3,5±1,0 ^a	4,3±0,7 ^a	3,7±0,8 ^a	4,1±0,7 ^a

*İlk özellik 1 puan ikinci özellik ise 5 puanı temsil etmektedir.

**Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

Ekmeklerin parlaklıkları arasındaki fark da panelistlere göre %95'lik güven aralığında anlamlı olarak değişmemiştir. Fakat 350 ml buhar uygulanan ekmeğin parlaklık puanı 3,5 olup, diğer ekmeklerden daha parlak olarak değerlendirilmiştir. Bu parlaklık ekmeğe uygulanan buhardan kaynaklanıyor olabilir. Ancak pişirme esnasında 150 ml buhar uygulanan ekmek, buhar uygulaması olmadan pişen ekmekten daha parlak olarak nitelendirilmemiştir. Uygulanan buhar miktarının artışına paralel bir değişim söz konusu değildir. Altamirano-Fortoul ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada ekmeklerin parlaklığının pişirme esnasında uygulanan buhar miktarının artışıyla arttığını belirlemiştir.

Kabuk rengi değerlendirilirken rengin koyuluğu baz alınmıştır. Panelistlerin kabuk rengi değerlendirmesine göre pişme esnasında 150 ml buhar uygulanan ekmeğin renginin daha açık olduğu tespit edilmiştir. Renk ölçümünde de 150 ml buhar uygulanan ekmeğin L* değeri en yüksektir ve rengi en açıktır. Panelistlerin görüşü bu ekmeğin kabuğunun daha az beğenildiği yönündedir. 350 ml buhar desteğiyle pişen ekmeğin kabuk rengi en çok beğenilen olmuştur. Kabuk kalınlık sonuçlarının beğenileri arasında da önemli bir farklılık görülmemektedir. Çıtırılığın beğenilerine değerlendirildiğinde, 350 ml buhar desteği ile pişen ekmeğin çıtırılığının daha çok

beğenildiği görülmüştür. Buharsız ve 150 ml buhar ilavesiyle pişen ekmeklerin çıtırılıkları beğenilmemiştir. 350 ml buharla pişen ekmek diğer iki numunenin arasında bir kabuk sertliğine sahiptir ve daha çıtır bulunmuştur.

Ekmeğin iç kısmının duyuşal değerlendirilmesine bakıldığında parametrelerin sonuçlarının arasında anlamlı fark olmadığı görülmektedir ($p>0,05$) (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulanaran ekmeklerin iç kısımlarının duyuşal değerlendirme sonuçları ve Tukey karşılaştırmaları

Numune	Özellikler (1-5 arası puanlama)				
	Gözenek dağılımı (Düzensiz-Düzenli)*	Gözenek boyutu (Küçük-Büyük)*	İç renk (Açık-Koyu)*	Elastisite (Düşük-Yüksek)*	Yumuşaklık (Sert-Yumuşak)*
0 ml	4,0±0,5 ^a	2,6±1,1 ^a	2,8±1,0 ^a	3,5±0,8 ^a	3,8±0,8 ^a
150 ml	3,7±1,0 ^a	2,7±1,1 ^a	2,8±1,0 ^a	3,8±0,9 ^a	3,5±1,2 ^a
350 ml	3,8±0,4 ^a	2,5±1,2 ^a	3,0±1,3 ^a	3,2±1,0 ^a	3,3±1,0 ^a

*İlk özellik 1 puan ikinci özellik ise 5 puanı temsil etmektedir.

**Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

Buhar uygulamasından ötürü kabuklarda önemli farklılıklar varken iç kısımlarda bu farklılıklar tespit edilememiştir. Panelistlerce gözenek dağılımları düzenli ve gözenek boyutları benzer olarak değerlendirilmiştir. Pişme esnasında 350 ml buhar eklenen ekmeğin iç renginin daha koyu olduğuna karar verilmiştir ancak fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ekmeğin elastisitesi düşük-yüksek aralığında değerlendirilmiştir. Pişme esnasında 150 ml buhar verilen ekmeğin daha elastik bir yapıda olduğu panelistlerce değerlendirilmiştir. Ancak buhara bağlı olarak düzenli bir şekilde azalan ya da artan bir değişim yoktur. Yumuşaklık değeri ise düzenli olarak azalış göstermiştir ancak bu azalma miktarındaki fark önemli olarak nitelendirilmemiştir. Buharsız pişen ekmek daha yumuşak olarak değerlendirilmiştir ancak doku profili analizine göre buharsız pişen ekmeğin daha sert bir dokuya sahip olduğu gözlenmiştir.

Son olarak değerlendirilen aroma ve tat parametrelerine bakıldığında ekmek kokusunun farklı ekmek türlerinde anlamlı olarak değiştii görülmektedir (Çizelge 4.20). Buharsız pişen ekmekte ekmek kokusu 3 puan alırken, 150 ml ve 350 ml buharla

pişen ekmekler sırasıyla 3,8 ve 3,9 puan almışlardır. Kısaca buharlı ekmeklerin kokusu buharsız pişen ekmeğe göre daha çok beğenilmiştir.

Çizelge 4.20 : Pişirme sırasında farklı miktarda buhar uygulananan ekmeklerin aroma ve tat özelliklerinin duyuşal değerlendirme sonuçları ve Tukey testi karşılaştırmaları

Numune	Özellikler (1-5 arası puanlama)					
	Koku (Kötü-İyi)*	Yanık kokusu (Yok- Yoğun)*	Tuzluluk (Yok-Çok yoğun)*	Tatlılık (Yok-Çok yoğun)*	Acılık (Yok-Çok yoğun)*	Eksilik (Yok-Çok yoğun)*
0 ml	3,0±1,0 ^b	2,0±1,2 ^a	2,2±0,7 ^a	2,7±0,9 ^a	1,6±0,8 ^a	1,5±0,8 ^a
150 ml	3,8±0,8 ^a	1,4±1,2 ^a	1,9±1,0 ^a	2,8±0,9 ^a	1,3±0,8 ^a	1,4±0,5 ^a
350 ml	3,9±0,7 ^a	1,7±1,0 ^a	2,4±1,0 ^a	2,3±0,8 ^a	1,3±0,7 ^a	1,5±0,8 ^a

*İlk özellik 1 puan ikinci özellik ise 5 puanı temsil etmektedir.

**Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş değerler arasındaki fark önemlidir (p<0.05).

Buhar desteği olmadan pişirilen ekmeklerde ekmekten yumurta kokusu geldiği belirtilmiştir. Ekmeğin dış yüzeyine dökülen karışım yumurta içermektedir. Buharın bu yumurtanın kokusunu biraz daha hafiflettiği söylenebilir. Ayrıca pişme esnasında buhar ilavesiz pişen ekmeklerden ağır bir yanık kokusu geldiği gözlemlenmiştir. Duyusal panelde yapılan değerlendirme sonucunda yanık kokusunun buharlı numune de daha fazla hissedildiği görülmüştür. Yanık kokusu değerlendirilirken en düşük puanı alan numune kabuk rengi de en açık olan 150 ml buhar destekli pişmiş olan ekmektir. Yanık kokusunun buharsız ekmekte daha çok dikkat çekmesinin sebebi yüzeyde Maillard reaksiyon hızının yüksek olması dolayısı ile yüksek miktarda oluşan HMF olabilir. Nishibori ve diğ., (1999) HMF'nin acı bir tadı olduğu ve yanık koktuğunu belirtmişlerdir. Ekmeklerin tuzluluklarına bakıldığında ortalama olarak ekmekler az tuzlu olarak değerlendirilmiştir. Pişme esnasında 350 ml buhar eklenen ekmek 2,4 puanla biraz daha tuzlu olarak değerlendirilmiştir. Kimyasal olarak yapılan tuz analizinde de en yüksek tuz yüzdesi yine 350 ml buhar uygulanan numune de görülmüştür. Aynı şekilde daha az tuz yüzdesine sahip 150 ml buhar desteği ile pişirilen numune panelistlerce diğer numunelerden daha az tuzlu olarak değerlendirilmiştir.

Tuz oranı düşük olan 150 ml buhar desteği ile pişen ekmek diğer ekmeklerden daha tatlı olarak değerlendirilmiştir ancak değerlendirmeler arası anlamlı bir fark

gözenmemiştir. Ekmeklerin acılığı genel olarak oldukça düşük olarak değerlendirilmiş ancak buharsız pişirilen ekmekler biraz daha acı olarak nitelendirilmiştir. Ekşilik acılığa benzer bir şekilde çok az olarak değerlendirilmiştir. Acılık ve ekşilik değerleri arasında buhar uygulamasına bağlı olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir.

Mudgil ve diğ. (2016) yaptıkları çalışmada kısmi hidrolize edilmiş guar gamının ve farklı miktarlarda buhar uygulamalarının ekmeğin duyu kabul edilebilirliğine etkisini incelemiştir. Guar gamı ekmeğe duyu olarak etki ederken, farklı su miktarının ekmeklerin duyu kabul edilebilirliklerine herhangi bir etkisi olmadığını tespit ettiklerini belirtmişlerdir (Mudgil ve diğ., 2016).

Genel beğenilere bakıldığında 350 ml buhar desteği ile pişirilen ekmekler daha çok beğenilmiş, buhar uygulanmadan pişirilen ekmek üç numune içerisinde genel duyu kalitesi en az beğenilen örnek olmuştur.



5. SONUÇ

Bu çalışmada buhar uygulanmadan pişirilen ve ısıtma işlemi ek olarak önceden özel hazneye konulan 150 ml ve 350 ml suyu buhara çevirip fırın ortamına vererek hazırlanan ekmeklerin fiziksel, kimyasal ve duyu özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Ekmeklerin pişme kaybı buharsız ve 150 ml ile 350 ml buhar desteği ile pişen ekmeklerde sırasıyla %12,1, %10,6 ve %15,6'dır. Buharın pişme kaybını önemli oranda etkilemediği tespit edilmiştir.

Hacim değerleri ise 350 ml buhar uygulanan ekmekte maksimum olarak görülmüştür. 350 ml buhar uygulamasında ortalama 3030 ml hacimde ekmek elde edilirken, 150 ml'de 2775 ml ve buharsız ekmekte 2812 ml tespit edilmiştir. Uygulanan buhar, hacmi artış yönünde etkilemiştir. Ekmeğin büyüklüğünü belirten bir diğer parametre olan kabarma değeri ise buhardan doğrusal bir şekilde etkilenmiştir. Buhar miktarı arttıkça kabarma artsa da farklı numunelerin kabarmaları arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

Ekmeğin kabuğunda yapılan renk analizi sonucunda rengin açıklığını belirten L* değerinin, buhar miktarına bağlı olarak değişim göstermediği tespit edilmiştir. Fakat kırmızılığı belirten a* değeri 16,6 ile 350 ml buhar uygulanan ekmekte en yüksek bulunmuş olup, diğerlerinden anlamlı olarak farklıdır. Aynı zamanda b* değeri ve kroma değeri de artan buhar miktarı ile birlikte artmış, buharsız pişirilen ekmekle buhar destekli pişirilen ekmeklerin b* ve kroma değerleri arasında anlamlı bir fark gözlenmiştir. Ekmeğin içinden alınan renk ölçümleri buhar miktarına bağlı olarak değişim göstermemiştir.

Ekmekte pişirme esnasında buhar takviyesinin kabuk kalınlığına anlamlı bir etkisi olmamıştır. Taban kalınlığı ise tepsinin yoğun buharda daha hızlı ısınmasına bağlı olarak 350 ml buhar uygulamasında en yüksek değerine ulaşmıştır.

Ekmeklerin nem içeriğinin uygulanan buhar miktarı ile birlikte artış gösterdiği görülmektedir. Ekmeklerin iç kısmı buharsız koşulda %36,2 nem içermektedir. Bu değer buhar miktarı arttıkça %38,0'ya kadar artmıştır. Kabukta 350 ml buharda pişen

ekmeğin nem oranı benzer şekilde yüksek bulunmuştur ve fark anlamlıdır. 350 ml'lik buhar uygulaması sonucu nem oranı diğer numunelerden çok daha yüksek değerlere ulaşmakta ve bu fark anlam ifade etmektedir. 150 ml'lik buhar uygulaması ise nem içeriğini etkilememiş ve buharsız pişirilen ekmeğe benzer nem içeriği gözlenmiştir.

Ekmeğin iç kısmında yapılan doku profili analizine göre sertlik (1) değerleri sırasıyla 8,5, 7,8 ve 5,5 N olarak ölçülmüştür. Sertlik (2) değerleri de benzer bir değişim göstermektedir. Özellikle sertlik değeri buhardan etkilenmiş, 350 ml buharda pişen ekmekte en düşük sertlik ölçülmüştür. Ekmek kabuklarında en sert ekmek buharsız olarak pişen ekmek olarak tespit edilmiştir. Buharda pişen ekmeklerin sertlik değerlerinin daha düşük olmasının nedeni çok uzun süre buharda bekletilmesinden kaynaklanmaktadır. Koheziflik ise buhar uygulamasında koşuldan koşula değişim göstermemiştir. Çiğnenebilirlik ise buhar uygulaması arttıkça azalmaktadır. Aynı şekilde buharda pişen ekmeklerin kabuk sertliği de buharsız pişen numuneden azdır.

Ekmeklerde yapılan kimyasal analizler sonucu fitik asidin miktarında anlamlı bir değişiklik saptanmıştır. En yüksek miktarda fitik asit içeren numune 350 ml buhar uygulanarak pişirilen ekmektir. Değerler kuru madde üzerinden hesaplanmıştır. En düşük fitik asit miktarı ise buharsız olarak pişen ekmekte görülmüştür. Ekmekte toplam fenolik bileşenlerin miktarının buhar uygulamasından etkilenmediği tespit edilmiştir. Antioksidan kapasitesine bakıldığında ise ve %inhibisyon değerinin buhar koşullarına dayalı olarak arttığı ve 350 ml buhar uygulanmış ekmekte maksimuma ulaştığı gözlenmiştir. 350 ml buhar uygulanan ekmeğin %inhibisyon değeri diğer numunelerden anlamlı olarak farklıdır.

HMF içeriğinin buhar miktarı arttıkça azalma gösterdiği tespit edilmiştir. 150 ml ve 350 ml buhar uygulanan örnekler arasında istatistiksel olarak bir fark olmasa da düşüş gözlenmiş, buharsız olarak pişirilen ekmeğin ise her iki buharda pişen ekmeğe göre daha yüksek oranda HMF içerdiği görülmüştür. Yüzeydeki su miktarının yoğunluğunun HMF oluşumunu azalttığı tespit edilmiştir. 0 ml buhar koşulunda 16,1 mg/kg HMF tespit edilmişken; 150 ve 350 ml buhar uygulamalarında sırasıyla 4,2 ve 3,4 mg/kg HMF tespit edilmiştir.

Ekmekte protein analizi yapıldığında en düşük değer kuru maddede buharsız pişen numunede olduğu görülmüştür. Protein değerleri buharsız pişen ekmekte diğer ekmeklere göre daha düşük çıkmıştır. Toplam yağ tayininde ise anlamlı bir fark

gözükmemektedir. Tuz tayini de benzer şekilde buhara bağlı değişkenlik göstermemiştir. Kül içeriğinde ise numunelerin arasında anlamlı bir fark yoktur. En yüksek kül içeriği 150 ml’de pişen ekmektedir (1,6 %).

Küf oluşumunun incelenmesi için ekmekler 7 gün boyunca 25°C’de bekletilmiş, 4. gün sonunda küf oluşumunun başladığı görülmüştür. Ekmeklerin nem içeriği bu süreçte buharsız pişen, 150 ml ve 350 ml buharda pişen ekmek için sırasıyla %35,5, %37,2 ve %37,9’ten, 4. günün sonunda %34,5, %35,6 ve %36,9’e düşmüştür.

Duyusal analizde 150 ml’de pişen ekmeğin renginin diğerlerine göre daha açık olduğu, 350 ml buharlı ekmeğin ise en çıtır numune olduğu belirtilmiştir. Ekmeğin iç kısım analizi ekmekler arası hiçbir fark tespit edilememiştir. Aromanın değerlendirilme aşamasında ise 150 ve 350 ml buharda pişen ekmeklerin kokusu diğer ekmeklere göre daha çok beğenilmiştir.

Yapılan çalışmalara göre buharın ekmeğin fiziksel özelliklerinden hacmini, renk parametreleri olan a*, b* değerlerini ve kromayı, nem içeriğini, sertliğini ve çiğnenebilirliğini etkilediği tespit edilmiştir. Besin öğelerine ve kimyasal içeriğine bakıldığında ise fitik asit, antioksidan, HMF ve protein içeriğinin anlamlı bir şekilde etkilendiği görülmüştür. Buhar yardımıyla kabuk renginin kroması yükselmiş ve buna paralel olarak HMF içeriğinin azaldığı görülmüştür. Artan nem içeriği ekmeğin sertlik değerlerinin azalmasını sağlamış ve duyusal olarak daha çıtır bulunan bir kabuk elde edilmiştir. Antioksidan değerinin daha yüksek olduğu saptanmış ve yine bir çeşit antioksidan olan fitik asit miktarının da kuru maddede buharla birlikte arttığı görülmüştür. 350 ml buhar koşullarında pişen ekmekler duyusal olarak daha beğenilmiştir.

Buharın ekmeğin hacmi ve rengi gibi fiziksel özelliklerini geliştirdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, fırın içerisine uygulanan buhar miktarı esas alınarak buharın ekmeğin kabuk rengine ve hacmine etkisi ortaya konulmuştur. Buharın uygulanma süresi ve periyodu da ekmeğin kalitesini etkileyebileceği öngörülmektedir. Bu nedenle buharın farklı periyotlarla ve tezde kullanılan miktarlardan farklı miktarlarda fırın içerisine verilmesinin ekmekte bu parametreleri nasıl etkileyeceği değerlendirilebilir. Buhar doğrudan ekmeğin yüzeyine temas ettiğinden ekmek kabuğunu içinden daha çok etkilemektedir. Fitik asit, antioksidan ve tuz gibi bileşenlerin kabuktaki miktarı ekmeğin bütününden ayrı olarak incelenerek buharın etkisi değerlendirilebilir.



KAYNAKLAR

- AACC International.** (2001). Guidelines for Measurements of Volume by Rapeseed Displacement. Method 10-05.01.
- Akhtar, S., Anjum, F. M., & Anjum, M. A.** (2011). Micronutrient fortification of wheat flour: Recent development and strategies. *Food Research International*, 44(3), 652-659.
- Aktas-Akyildiz, E., Mattila, O., Sozer, N., Poutanen, K., Koksel, H., & Nordlund, E.** (2017). Effect of steam explosion on enzymatic hydrolysis and baking quality of wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 78, 25-32.
- Altamirano-Fortoul, R., Le-Bail, A., Chevallier, S., & Rosell, C. M.** (2012). Effect of the amount of steam during baking on bread crust features and water diffusion. *Journal of Food Engineering*, 108(1), 128-134.
- Anon.** (2012). Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. Tebliğ No: 2012/2.
- Anon.** (1999). Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği. Tebliğ No: 99/1.
- Barbanti, D., & Pasquini, M.** (2005). Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. *LWT-Food Science and Technology*, 38(8), 895-901.
- Belz, M. C., Ryan, L. A., & Arendt, E. K.** (2012). The impact of salt reduction in bread: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(6), 514-524.
- Boyacı Gündüz, C. P., & Cengiz, M. F.** (2015). Acrylamide contents of commonly consumed bread types in Turkey. *International Journal of Food Properties*, 18(4), 833-841.
- Cauvain, S. P.** (2016). Bread and Other Bakery Products. In *The Stability and Shelf Life of Food (Second Edition)* (pp. 431-459).
- Cemeroğlu, B.** (2010). Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. Ankara. ISBN: 978-975-98578-6-8.
- Cho, I. H., & Peterson, D. G.** (2010). Chemistry of bread aroma: A review. *Food Science and Biotechnology*, 19(3), 575-582.
- Danowska-Oziewicz, M., Karpińska-Tymoszczyk, M., Borowski, J., Białobrzewski, I., & Zapotoczny, P.** (2009). The effect of cooking in a steam-convection oven and storage in vacuum on the quality of Turkey meat. *Food Science and Technology International*, 15(4), 345-356.
- de Lima, A. C. S., da Rocha Viana, J. D., de Sousa Sabino, L. B., da Silva, L. M. R., da Silva, N. K. V., & de Sousa, P. H. M.** (2017). Processing of three different cooking methods of cassava: Effects on in vitro bioaccessibility of

- phenolic compounds and antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 76, 253-258.
- Debonne, E., Van Bockstaele, F., Philips, E., De Leyn, I., & Eeckhout, M.** (2017). Impact of par-baking and storage conditions on the quality of par-baked and fully baked bread. *LWT-Food Science and Technology*, 78, 16-22.
- Denaturation (biochemistry).** Wikipedi. Erişim: 03 Mayıs, 2018, [https://en.wikipedia.org/wiki/Denaturation_\(biochemistry\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Denaturation_(biochemistry))
- Gelinas, P., & McKinnon, C. M.** (2006). Effect of wheat variety, farming site, and bread-baking on total phenolics. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(3), 329-332.
- Gupta, R. K., Gangoliya, S. S., & Singh, N. K.** (2015). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 676-684.
- Hayta, M., & Hendek Ertop, M.** (2017). Optimisation of sourdough bread incorporation into wheat bread by response surface methodology: Bioactive and nutritional properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(8), 1828-1835.
- Hirte, A.** (2012). Extending crispness: a systematic approach to controlling water migration in bread.
- Isleroglu, H., & Kaymak-Ertekin, F.** (2016). Modelling of heat and mass transfer during cooking in steam-assisted hybrid oven. *Journal of Food Engineering*, 181, 50-58.
- Isleroglu, H., Kemerli, T., & Kaymak-Ertekin, F.** (2015). Effect of steam-assisted hybrid cooking on textural quality characteristics, cooking loss, and free moisture content of beef. *International journal of food properties*, 18(2), 403-414.
- Isleroglu, H., Kemerli, T., Özdestan, Ö., Üren, A., & Kaymak-Ertekin, F.** (2014). Effect of oven cooking method on formation of heterocyclic amines and quality characteristics of chicken patties: Steam-assisted hybrid oven versus convection ovens. *Poultry science*, 93(9), 2296-2303.
- Isleroglu, H., Kemerli-Kalbaran, T., Özdestan-Ocak, Ö., Üren, A., & Kaymak-Ertekin, F.** (2016). Steam Assisted Hybrid Cooking Behavior of Semitendinosus Muscle: Heterocyclic Amines Formation, Soluble Protein Degradation, Fat Retention, Surface Color, and Cooking Value. *International Journal of Food Properties*, 19(5), 1139-1153.
- Isleroglu, H., Sakin-Yilmazer, M., Kemerli-Kalbaran, T., Ueren, A., & Kaymak-Ertekin, F.** (2017). Kinetics of colour, chlorophyll, and ascorbic acid content in spinach baked in different types of oven. *International Journal of Food Properties*, 20(11), 2456-2465.
- Isserliyska, D., Karadjov, G., & Angelov, A.** (2001). Mineral composition of Bulgarian wheat bread. *European Food Research and Technology*, 213(3), 244-245.
- Johnson, R.** (1999). Ancient steam pit cooking. In: *Primitive Outdoor Skills*, Ed. R. L. Jamison. Horizon Publishers & Distributors, Inc., UT, pp. 33-38.

- Keramat, J., LeBail, A., Prost, C., & Jafari, M.** (2011). Acrylamide in baking products: a review article. *Food and Bioprocess Technology*, 4(4), 530-543.
- Khalid, K. H., Ohm, J. B., & Simsek, S.** (2017). Whole wheat bread: Effect of bran fractions on dough and end-product quality. *Journal of Cereal Science*, 78, 48-56.
- Konietzny, U., & Greiner, R.** (2003). Phytic acid: Nutritional impact. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. (4th ed.) (pp. 4555–4563) Academic Press.
- Kowalski, S., Lukasiewicz, M., Duda-Chodak, A., & Zięć, G.** (2013). 5-Hydroxymethyl-2-Furfural (HMF)–Heat-induced formation, occurrence in food and biotransformation—a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63(4), 207-225.
- Le-Bail, A., Leray, D., Lucas, T., Mariani, S., Mottollese, G., & Jury, V.** (2011). Influence of the amount of steaming during baking on the kinetic of heating and on selected quality attributes of bread. *Journal of Food Engineering*, 105(2), 379-385.
- Lineback, D. R., Coughlin, J. R., & Stadler, R. H.** (2012). Acrylamide in foods: a review of the science and future considerations. *Annual review of food science and technology*, 3, 15-35.
- Makkar, H. P., Siddhuraju, P., & Becker, K.** (2007). Phytic acid. In *Plant Secondary Metabolites* (pp. 23-27). Humana Press.
- Mehta, B. M.** (2014). Nutritional and toxicological aspects of the chemical changes of food components and nutrients during heating and cooking. *Handbook of Food Chemistry*, 897-936.
- Moore, T. R.** (2016). Breads. In: *Encyclopedia of Food Grains* (2nd ed.) (pp. 8–18) Elsevier Ltd.
- Murador, D. C., Mercadante, A. Z., & de Rosso, V. V.** (2016). Cooking techniques improve the levels of bioactive compounds and antioxidant activity in kale and red cabbage. *Food Chemistry*, 196, 1101-1107.
- Muratore, G., Licciardello, F., Restuccia, C., Puglisi, M. L., & Giudici, P.** (2006). Role of different factors affecting the formation of 5-hydroxymethyl-2-furancarboxaldehyde in heated grape must. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(3), 860-863.
- Mustafa, A., Andersson, R., Rosén, J., Kamal-Eldin, A., & Åman, P.** (2005). Factors influencing acrylamide content and color in rye crisp bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(15), 5985-5989.
- Nashat, S., & Abdullah, M. Z.** (2016). Quality Evaluation of Bakery Products. In *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation* (Second Edition) (pp. 525-589).
- Nishibori, S., Osawa, T ve Kawaskishi, S.** (1999). Volatile Components Formed from Various Sugars with B-Alanine in Actual Cookies. In F. Shahidi ve C. Ho (Eds.), *Flavor Chemistry of Ethnic Foods* (pp. 239-250). Springer, Boston, MA.

- Njoumi, S., Bellagha, S., Icard-Vernière, C., Picq, C., Amiot, M. J., & Mouquet-Rivier, C.** (2018). Effects of cooking and food matrix on estimated mineral bioavailability in Mloukhiya, a Mediterranean dish based on jute leaves and meat. *Food Research International*, 105, 233-240.
- Nurit, E., Lyan, B., Pujos-Guillot, E., Branlard, G., & Piquet, A.** (2016). Change in B and E vitamin and lutein, β -sitosterol contents in industrial milling fractions and during toasted bread production. *Journal of Cereal Science*, 69, 290-296.
- Petisca, C., Henriques, A. R., Pérez-Palacios, T., Pinho, O., & Ferreira, I. M. P. L. V. O.** (2014). Assessment of hydroxymethylfurfural and furfural in commercial bakery products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(1), 20-25.
- Ötleş, S., Özdestan, Ö., Nakilcioğlu, E. ve Kartal, C.** (2014). Gıda Kimyası Laboratuvar Deneylemleri. İzmir : Ege Üniversitesi Muhendislik Fakültesi Yayınları.
- Rosell, C. M.** (2011). The science of doughs and bread quality. In *Flour And Breads And Their Fortification in Health And Disease Prevention* (pp. 3-14).
- Rózyło, R., & Laskowski, J.** (2011). Predicting bread quality (bread loaf volume and crumb texture). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 61(1), 61-67.
- T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye Halk Sağlığı Kurumu.** (2016). Türkiye’de aşırı tuz tüketiminin azaltılması programı 2017-2021. Erişim adresi: http://beslenme.gov.tr/content/files/Tuz/t_rkiye_a_r_tuz_t_ketiminin_azalt_l_mas_program_2017-2021.pdf
- Tian, J., Chen, J., Lv, F., Chen, S., Chen, J., Liu, D., & Ye, X.** (2016). Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. *Food Chemistry*, 197, 1264-1270.
- Türk Standartları Enstitüsü.** (2016). Gıda ve yem ürünleri- Kjeldahl metodu ile azot tayini için genel kurallar. TS ISO 1871. Ankara.
- Sakin-Yilmazer, M., Kemerli, T., Isleroglu, H., Ozdestan, O., Guven, G., Uren, A., & Kaymak-Ertekin, F.** (2013). Baking kinetics of muffins in convection and steam assisted hybrid ovens (baking kinetics of muffin...). *Journal of Food Engineering*, 119(3), 483-489.
- Schirmer, M., Hussein, W. B., Jekle, M., Hussein, M. A., & Becker, T.** (2011). Impact of air humidity in industrial heating processes on selected quality attributes of bread rolls. *Journal of Food Engineering*, 105(4), 647-655.
- Verardo, V., Glicerina, V., Cocci, E., Frenich, A. G., Romani, S., & Caboni, M. F.** (2018). Determination of free and bound phenolic compounds and their antioxidant activity in buckwheat bread loaf, crust and crumb. *LWT-Food Science and Technology*, 87, 217-224.
- Vindras, C., Sinoir, N., Howlett, S., Rey, F., & Taupier-Letage.** (2014). B. Tasting Guide: Tools to integrate organoleptic quality criteria. Erişim adresi: http://www.solibam.eu/SOLIBAM/SOLIBAM_booklet__Tasting_Guide__To_ols_to_integrate_organoleptic_quality_criteria_in_breeding_programs_files/tasting%20guide_EN.pdf

Wang, M., Tweed, A. R., & Carson, G. (2010). How Dough Mixing Properties Affect Bread-Making Performance. Canadian International Grains Institute, Winnipeg, MB Canada.

Xu, F., Zheng, Y., Yang, Z., Cao, S., Shao, X., & Wang, H. (2014). Domestic cooking methods affect the nutritional quality of red cabbage. *Food Chemistry*, *161*, 162-167.





EKLER

EK A: Ekmek duyusal analiz formu





EK A

Panelist Adı:

Tarih:

Size sunulan numuneleri aşağıda belirtilen parametreler doğrultusunda değerlendiriniz.

KABUK

Şekil	Asimetrik	_____	Homojen
		1 2 3 4 5	
Parlaklık	Düşük	_____	Yüksek
		1 2 3 4 5	
Renk	Açık	_____	Yoğun
		1 2 3 4 5	
Kalınlık	İnce	_____	Kalın
		1 2 3 4 5	
Çıtırılık	Düşük	_____	Yüksek
		1 2 3 4 5	

İÇ

Gözenek dağılımı	Düzensiz	_____	Düzenli
		1 2 3 4 5	
Gözenek boyutu	Küçük	_____	Büyük
		1 2 3 4 5	
İç renk	Açık	_____	Yoğun
		1 2 3 4 5	
Elastisite	Düşük	_____	Yüksek
		1 2 3 4 5	
Yumuşaklık	Sert	_____	Yumuşak
		1 2 3 4 5	

AROMA VE TAT

Ekmek kokusu	Kötü	_____	İyi
		1 2 3 4 5	
Yanık kokusu	Yok	_____	Yoğun
		1 2 3 4 5	
Tuzluluk	Yok	_____	Fazla
		1 2 3 4 5	
Tatlılık	Yok	_____	Fazla
		1 2 3 4 5	
Acılık	Yok	_____	Fazla
		1 2 3 4 5	
Ekşilik	Yok	_____	Fazla
		1 2 3 4 5	



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Deryanur KALKAVAN

Doğum Tarihi ve Yeri : 5 Nisan 1995, İstanbul

E-posta : kalkavand@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- 2016-2018 yılları arasında ARÇELİK A.Ş. ARGE bölümünde mesleki deneyim kazandı.