

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇAYIN KEKİN YAPISINDA MEYDANA GETİRDİĞİ
MİKROBİYOLOJİK VE FİZİKSEL ETKİLERİN İNCELENMESİ

ZÜHAL DUMAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2019

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇAYIN KEKİN YAPISINDA MEYDANA
GETİRDİĞİ MİKROBİYOLOJİK VE
FİZİKSEL ETKİLERİN İNCELENMESİ**

ZÜHAL DUMAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
PROF. DR. MURAT ÖZDEMİR

GEBZE
2019

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**EFFECT OF BLACK TEA ON
MICROBIAL AND PHYSICAL
CHARACTERISTICS OF CAKE**

ZÜHAL DUMAN
**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE**
DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
PROF. DR. MURAT ÖZDEMİR

GEBZE
2019

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 03/07/2019 tarih ve 2019/30 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 18/10/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Zühal DUMAN'ın tez çalışması Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Murat ÖZDEMİR

ÜYE

: Prof. Dr. İbrahim DOYMAZ

ÜYE

: Doç. Dr. Mehmet MELİKOĞLU

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

ÖZET

Bu çalışmada siyah çayın (*Camellia sinensis*) antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinin kek ürününün raf ömrü ile kalite özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla; siyah çay ekstraktının kek formülasyonunda yer alan saf su ile %50 ve %100 oranında yer değiştirilmesi ile üretilen kek hamurunda toplam fenolik madde miktarı (TFM), pH ve nem tayinleri ile 160 °C sıcaklıkta ve 35 dakika pişirildikten sonra 7 gün süre ile muhafaza edilen keklerde renk, TFM miktarı, su aktivitesi (a_w), pişme kaybı, pH, spesifik hacim, nem miktarı, tekstür tayini, mikrobiyal analizler ve duyusal analizler yapılmıştır. Çay oranı arttıkça hamur ve pişmiş kekin TFM miktarı belirgin şekilde artmış, pH değeri azalmıştır. Çay oranındaki artış ile beraber hamur nem içeriğinin azaldığı, pişmiş keklerin nem içeriğinde ise çay ekstraktı oranının ve muhafaza süresinin etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Pişmiş kek örneklerinde çay oranı arttıkça sertlik ve sakızimsılık değerlerinin arttığı, spesifik hacim, nem ve pişme kaybı değerinin azaldığı, su aktivitesi ile yapışkanlık ve elastikiyet değerlerinde ise belirgin bir farklılık meydana gelmediği gözlenmiştir. Muhafaza süresi boyunca ise sertlik ve sakızimsılık değerlerinin arttığı; elastikiyet ve yapışkanlık değerlerinin azaldığı, pH, nem miktarı, su aktivitesi ve spesifik hacim değerlerinde belirgin bir değişim meydana gelmediği belirlenmiştir. Bununla beraber muhafaza süresi sonunda kontrol kekin sertliğindeki artışın çay ekstraktı içeren keklere kıyasla daha fazla olduğu saptanmıştır. Çay ekstraktı oranı arttıkça daha kırmızı, daha koyu ve daha az sarı renge sahip kekler elde edilmiştir. Mikrobiyal gelişimin çay ekstraktı ilaveli keklerde daha yavaş gerçekleştiği görülmüştür. Panelistlerce yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre; renk, koku, tekstür, tat ve genel beğeni açısından %50 oranında çay ekstraktı kullanılan kekler 5 gün süre ile panelistler tarafından kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kek, Çay, Antioksidan, Antimikrobiyal, Raf ömrü.

SUMMARY

In this study, the effect of antioxidant and antimicrobial properties of black tea (*Camellia sinensis*) on the shelf life and quality characteristics of cakes was investigated. For this purpose; the total phenolic content, pH and moisture content of the cake dough produced by replacing the distilled water with the black tea extract in the cake formulation by 50% and 100% were determined, and the color, total phenolic content, water activity (a_w), baking loss, pH, specific volume, moisture content, texture, and microbial and organoleptic properties of the cakes baked in an oven at 160 ° C and 35 minutes were evaluated. As the amount of tea extract increased in the formulation, the total phenolic content of the dough and baked cake increased significantly and pH value decreased. The moisture content of the dough decreased with the increase in the tea extract, but the increase in the tea extract and storage time did not affect the moisture content of the baked cakes. As the tea extract increased in the baked cake samples, the hardness and gumminess values increased while the specific volume, moisture content and baking loss decreased, but no significant difference was observed in a_w , adhesiveness and springiness values. During the storage period, hardness and gumminess values increased while springiness and adhesiveness values decreased, but there was no significant change in pH, moisture content, a_w and specific volume values. However, the increase in the hardness of the control at the end of the storage period was found to be higher than the cake with the tea extract. The higher the tea extract, the higher the redness, and the cakes with darker and light yellow color were obtained. It was observed that the microbial growth was slower in cakes with tea extract than the control. According to the panelists evaluations in sensory tests, color, odor, texture, taste and general acceptability of the cakes with 50% tea extract stored for 5 days were found to be acceptable by the panelists.

Keywords: Cake, Tea, Antioxidant, Antimicrobial, Shelf life.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında değerli görüş ve önerileri ile önemli katkılarda bulunan tez danışmanım Prof. Dr. Sayın Murat Özdemir'e teşekkür, şükran ve minnetlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca yanımda olan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Meral Yıldırım Yalçın'a ve Öğretim Görevlisi Tansel Kemerli Kalbaran'a, tez sürecim boyunca destek ve özverisi ile yanımda olan Şube Müdürüm Sayın Mustafa Ayoğlu'na ve tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim ve öğretim hayatım boyunca sevgi ve anlayışları ile her zaman yanımda olan sevgili annem Duriye Duman ve sevgili babam İsa Duman'a en içten ve candan teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	v
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	1
2. KEK HAKKINDA GENEL BİLGİLER	2
2.1. Kek Bileşenleri ve İşlevleri	3
3. KEKLERDE RAF ÖMRÜNÜ ve KALİTEYİ ETKİLEYEN UNSURLAR	6
3.1. Tekstür Özellikleri	6
3.2. Renk Özellikleri	9
3.3. Mikrobiyal Özellikler	11
4. ÇAY HAKKINDA GENEL BİLGİ	12
4.1. Siyah Çay Bileşimi	12
4.2. Çayın Antioksidan Aktivitesi	16
4.3. Çayın Antimikrobiyal Özellikleri	20
5. MATERYAL ve METOT	21
5.1. Materyal	21
5.2. Metot	21
5.2.1. Çayda Toplam Fenolik Madde (TFM) Tayini	21
5.2.2. Çayda pH Ölçümü	22
5.2.3. Kek Formülasyonlarının Oluşturulması	22
5.2.4. Kek Hamurunda pH Ölçümü	24
5.2.5. Kek Hamurunda Nem Miktarı Tayini	24
5.2.6. Kek Hamurunda ve Kekte Toplam Fenolik Madde Tayini	24
5.2.7. Kekte pH Ölçümü	25
5.2.8. Kekte Nem Tayini	25

5.2.9. Kekte Pişme Kaybı	26
5.2.10. Kekte Tekstür Analizi	26
5.2.11. Kekte Hacim Analizi	26
5.2.12. Kekte Renk Analizi	28
5.2.13. Kekte Su Aktivitesi Tayini	28
5.2.14. Kekte Mikrobiyolojik Analiz	29
5.2.14.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Analizi	29
5.2.14.2. Maya–Küf Analizi	29
5.2.15. Duyusal Analiz	30
5.2.16. İstatiksel analiz	30
6. BULGULAR	31
6.1. Çay Ekstraktı, Hamur ve Kekin Toplam Fenolik Madde Tayin Sonuçları	31
6.2. Çay Ekstraktı, Hamur ve Kekin pH Analiz Sonuçları	34
6.3. Hamur ve Kekin Nem Miktarları Tayin Sonuçları	36
6.4. Kekin Pişme Kaybı, Spesifik Hacim ve Su Aktivitesi Ölçüm Sonuçları	37
6.5. Kekin Tekstür Analiz Sonuçları	40
6.6. Kek Ürünlerinin Renk Analiz Sonuçları	42
6.7. Kek Ürünlerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	45
6.8. Kek Ürününde Duyusal Analiz Sonuçları	48
7. SONUÇLAR	51
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	60
EKLER	61

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u> <u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
μl	: Mikrolitre
a_w	: Su aktivitesi
cm	: Santimetre
kg	: Kilogram
g	: Gram
l	: Litre
m	: Metre
m^2	: Metrekare
mm	: Milimetre
ml	: Mililitre
mg	: Miligram
nm	: Nanometre
N_2	: Azot
pH	: Asitlik veya Bazlık Derecesini Gösteren Ölçü Birimi
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrad derece
ΔE	: Renk farkı
ANOVA	: Varyans Analizi
A.Ş	: Anonim şirketi
BHA	: Butillenmiş Hidroksi Toluen
BHT	: Butillenmiş Hidroksi Anisol
C	: Kateşin
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CO_2	: Karbondioksit
ÇK50	: %50 Çay Ekstraktı İçeren Kek Hamuru
ÇK100	: %100 Çay Ekstraktı İçeren Kek Hamuru
EC	: Epikateşin
ECG	: Epikateşin gallat
EGC	: Epigallokateşin

Simgeler ve Açıklamalar

Kısaltmalar

EGCG	: Epigallokateşin gallat
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
GC	: Gallokateşin
GCG	: Gallokateşin Gallat
HÇK50	: %50 Çay Ekstraktı İçeren Kek Hamuru
HÇK100	: %100 Çay Ekstraktı İçeren Kek Hamuru
HKK	: Kontrok Kek Hamuru
ISM	: İzomaltooligosakkarit Şurubu
ISO	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu
KK	: Kontrol Kek
kob	: Koloni Oluşturan Birim
MRSA	: Metisiline Dirençli Staphylococcus aureus
OTR	: Oksijen Transmisyon Oranı
PCA	: Plate Count Agar
PDA	: Potato Dextrose Agar
PG	: Propil Gallat
PVC	: Poli Vinil Clorür
TBHQ	: Tersiyerbutil Hidrokinon
TFM	: Toplam Fenolik Madde
TFs	: Theaflavinler
TMAB	: Toplam Mezofil Aerob Bakteri
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: Tekstür profil analizi sonucunda elde edilen kuvvet-zaman grafiği.	7
4.1: Çay yapraklarında bulunan başlıca kateşinler.	14
4.2: Teaflavinlerin yapısı.	15
6.1: Keklerin Farklı muhafaza sürelerindeki pH değerleri.	35
6.2: Muhafaza edilmemiş keklere ait duyusal analiz sonuçları.	48
6.3: Keklerin muhafazaya başlangıcındaki duyusal analiz sonuçları.	49
6.4: Muhafazanın 3. gününde keklerin duyusal analiz sonuçları.	49
6.5: Muhafazanın 5. gününde keklerin duyusal analiz sonuçları.	50
6.6: Muhafazanın 7. gününde keklerin duyusal analiz sonuçları.	50

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Keklerin sınıflandırılması.	2
4.1: Çay yaprağının bileşimi.	13
4.2: Çay içeceğinde bulunan başlıca bileşikler.	14
4.3: Farklı çay tiplerinde bulunan fenolik maddeler.	17
4.4: Saf antioksidanlar ve çay fraksiyonlarının antioksidan aktivitesi.	18
4.5: Çay kateşinleri ve sekonder fenolik maddelerinin süperoksit radikalini yok etme yeteneği.	19
4.6: Çay kateşinleri ve sekonder fenolik maddelerinin hidroksil radikalini yok etme yeteneği.	19
5.1: Kek üretiminde kullanılan bileşenler ve miktarları.	23
6.1: Farklı oranlarda çay ekstraktı içeren kek hamurlarının ve pişmiş keklerin TFM miktarları.	32
6.2: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki fenolik madde içeriği.	33
6.3: Farklı oranlarda çay ekstraktı içeren kek hamurlarının pH değeri.	34
6.4: Farklı oranlarda çay ekstraktı içeren kek hamurlarının nem değerleri.	36
6.5: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki nem miktarı değerleri.	37
6.6: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki spesifik hacim ve su aktivitesi değerleri.	38
6.7: Farklı oranında çay ekstraktı içeren keklerin pişme kaybı değerleri.	39
6.8: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki tekstür analizi sonuçları.	40
6.9: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki iç renk değerleri.	43
6.10: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki kabuk rengi değerleri.	44
6.11: Keklerin farklı muhafaza sürelerinde ölçülen toplam mezofil bakteri (TMAB) ve maya-küf sayıları [$\log_{10}$ (kob/g)].	46

1. GİRİŞ

Ekmek çeşitleri, kekler, gofretler, her çeşit kraker ürünleri, makarnalar, bisküvi ve kurabiye çeşitleri ile kruvasan, pasta ve poğaça gibi ürünler unlu mamuller grubunda yer almaktadır. Bu ürünler içerisinde ise kek geniş yer tutmaktadır. Kek ürünleri, tek başına tüketildiğinde öğün yerine geçebilen lezzetli bir atıştırmalık olarak da tüketiciler tarafından oldukça tercih edilmektedir.

Günlük hayatta tüketilen gıdalar ile sağlık arasındaki ilişkiye verilen önem giderek artmaktadır. Buna bağlı olarak yeni teknolojiler beraberinde farklı hammaddelerin ve bileşenlerin kullanılması ile oluşturulan fonksiyonel gıda ürünleri tüketime sunulmaktadır. Bu bağlamda, geçmişten günümüze en çok tüketilen ürün gruplarının başında gelen unlu mamullerin daha fonksiyonel hale getirilmesi önem taşımaktadır.

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bu çalışmada, siyah çayın antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinden faydalanılarak hem kaliteli hem de sağlıklı kek ürünleri elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu tez kapsamında öncelikle ikinci bölümde kekin unlu mamuller arasındaki yeri ve bileşenlerinin işlevleri belirtilmiştir. Üçüncü bölümde kek ürünlerinde kaliteyi ve raf ömrünü iyileştirmek amacıyla yapılan analizler literatürden örneklerle açıklanmıştır. Dördüncü bölümde çay hakkında genel bilgilere yer verilmiş olup, çayın antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerinden ve literatürde yer alan çalışmalardan bahsedilmiştir. Beşinci bölümde çay ekstraktına uygulanan fenolik madde tayini ve pH tayini; kek hamurunda yapılan toplam fenolik madde (TFM), pH ve nem miktarı tayini; kek ürünlerine yapılan TFM, pH, nem miktarı, su aktivitesi (a_w), hacim, pişme kaybı, renk, tekstür, mikrobiyal yük ve duyusal analiz metotları belirtilmiştir. Altıncı bölümde yapılan analizlere ait bulgular yorumlanmıştır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar verilmiştir.

2. KEK HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Genel tanım olarak kek; un, yemeklik yağ, şeker, su, yumurta, süt/süt tozu, kabartma tozu, tuz ve lezzet verici maddelerin belli oranlarda karıştırılması ile hazırlanan hamurun fırında belli sıcaklıklarda pişirilmesiyle üretilen unlu mamuldür [Mercan ve Boyacıoğlu, 1999a]. Kek ürünleri hamur formülasyonunda kullanılan ürünlerin miktar ve çeşidine göre sınıflara ayrılır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Keklerin sınıflandırılması.

Sınıflandırma Ölçütleri	Kek Çeşitleri	Özellikler
1. Yağ Miktarına Göre Kekler		
a) Köpük Tipi Kekler	Pandispanya (Sponge Cake) ve “Angel Food” kek	Yağ yok
b) Çok Kabaran Kekler	“Chiffon” kek	Yağ oranı düşük
c) Sulu Hamur Kekleri	Beyaz veya sarı renkli, meyveli, “pound” ve “cup” kekler	Yağ oranı yüksek
2. Yağ Türüne Göre Kekler		
a) Normal Kekler	Hidrojene yağ kullanılarak üretilen kekler	Normal hidrojene yağ
b) Yüksek absorpsiyonlu kekler	Yüzey aktif maddesi hidrojene yağ kullanılarak üretilen tüm kekler	Yüzey aktif maddeli hidrojene yağ
3. Yumurta Kullanımına Göre Kekler		
a) Sarı Kekler	Pandispanya, Kakaolu, çikolatalı kek ve “Devil’s Food” kek	Tüm Yumurta
b) Beyaz Kekler	“Angel Food” kek	Yumurta Akı
4. İçerdiği Un, Şeker ve Sıvı Miktarlarına Göre Kekler		
a) Yüksek Oranlı Kekler (Yüksek şeker içerikli kekler)		100 Un, 100 Şeker, 30-60 Yağ, 100-110 Toplam Sıvı
b) Sıvı Oranı Yüksek Kekler	Tabloda yer alan özellikler bölümündeki formülasyona uygun olarak yapılan tüm kekler	100 Un, 60-100 Şeker, 30-60 Yağ, 100-130 Toplam Sıvı
c) Şeker ve Sıvı Oranı Yüksek Kekler		100 Un, 30-60 Yağ (Yüzey aktif maddesi içeren yağ), 120-140 Şeker, 125-150 Toplam Sıvı

Diğer bir tanıma göre kek, protein oranı %8-9 arasında olan yumuşak yapılı buğday ununa belli miktarda yemeklik yağ, şeker, yumurta ve kabartıcıların eklenmesi ile oluşturulan akışkan yapılı hamurun, tekniğe uygun biçimde pişirilmesi ile elde edilen gıda ürünüdür [Elgün ve Ertugay, 1997]. İlave katkı maddeleri (Hindistan cevizi, peynir, kakao, çikolata vb.) ve baharatlar (zencefil, tarçın vb.) kullanılarak üretilen kekler de mevcuttur [Pyler, 1988]. Bununla beraber piyasadaki kekler şekillerine göre (dilim, baton, top, kalıp, bar ve pasta altı), imalatla kullanılan kaplama maddesine göre (kaplamasız kek, kaplamalı kek) ve çeşidine göre (sade kek, çeşnili kek, dolgulu kek) de sınıflara ayrılmaktadır [Mercan ve Boyacıoğlu, 1999a], [TSE, 2008]. Kek kalitesi üç ana faktör tarafından belirlenir: yapılan kek çeşidine uygun bileşenler kullanılarak dengeli bir formül oluşturulması, optimum karıştırma işlemi uygulanması ve pişirme işlemi [Cauvain ve Young, 2006].

2.1. Kek Bileşenleri ve İşlevleri

Kek formülasyonuna dahil edilen belli başlı bileşenler; un, şeker, yağ, yumurta, su, süt/süt tozu, kabartma tozu, vanilya, tuz ve yüzey aktif maddelerdir. Kek üretiminde kullanılan bileşenlerin tespit edilmesi ve miktarlarının ayarlanması, hem son ürünün özellikleri üzerinde hem de kekin kalitesi üzerinde belirleyici etkiye sahiptir [Doğan, 1998]. Genel olarak kek malzemeleri; sertleştiriciler, yumuşatıcılar, nemlendiriciler ve kurutucular olarak gruplandırılabilir.

Un, çoğu kek türünün iç ve kabuk yapısının oluşturulmasında rol oynayan bir yapı düzenleyici olarak nitelendirilebileceği gibi aynı zamanda sertleştirici olarak da işlev görür. Un içerisinde yer alan gluten proteinleri, karıştırma sırasında çeşitli kimyasal bağlar ile bağlanarak hamur içerisinde bir faz meydana getiren elastik bir iskelet yapısı oluşturur. Kek hamurunun gaz tutma kapasitesi ve kekin hacmi ve iç yapısı; undaki gluten proteinlerinin miktarı, kalitesi ve karıştırma sırasında nasıl gelişim gösterdiğine bağlı olarak farklılık gösterir [Lawson, 1995].

Şeker, son ürüne tatlılık vermesi yanında ürünün kalori değerinin yükselmesine, raf ömrünün uzamasına ve tekstürel özelliklerinin gelişimine katkı sağlar. Sıvı formda kullanılan şeker; nemlendirici, kristal formda kullanıldığında ise katılaştırıcı olarak işlev görür. Diğer yandan, unun yapısında bulunan albumin, globulin, gliadin ve gluten proteinlerinin yoğunluğunu azaltarak kekin gevrekliğini artırır [Pyler, 1988], [Lawson, 1995]. Üretimde kullanılan şekerin şekli ve oranı; nişastanın su çekme

kabiliyetini, suyun kullanılabilirliğini ve hamurdaki hava kabarcıklarının kararlılığını etkileyerek kekin iç yapısının gelişimine katkıda bulunmaktadır [Baker et al., 1990], [Kim and Walker, 1992]. Şekerin hamurun içinde çözünerek homojen olarak dağıtılması, kaliteli bir kek elde edilmesi açısından önemli bir işlemdir [Pyler, 1988]. Ayrıca şeker, nişastanın jelleşme sıcaklığını yükselttiği için jelatinizasyona başlama süresini uzatmaktadır. Böylece hamura ilave edilen kabartıcı maddelerin oluşturduğu CO₂ ve su buharının da etkisiyle hava kabarcıklarının bütünüyle genleşmesini sağlamaktadır. Buna bağlı olarak formülasyondaki şeker oranı arttırıldığında simetrik yapılı ve daha yüksek hacimli kekler üretilebilmektedir [Baker et al., 1990], [Frye and Setser, 1991], [Kim and Walker, 1992], [Lin et al., 1994].

Yumurta, kek formülasyonunda önemli yere sahip bileşenlerden biridir. Yumurta, içerisinde bulunan yüksek oranda yağ, protein ve mineral maddelerden kaynaklı olarak kekin besin değerini yükseltir [Lawson, 1995], [Mohammed et al., 1995]. Taze yumurta akı; içerisinde %85'e yakın su bulunan albümin eriyiğidir ve hamurda yapı oluşumuna katkı sağlarken ayrıca nemlendirici olarak da görev alır. Yumurta akının katı maddesini oluşturan albumin ve globulin proteinleri; son ürünün hacmine, gözenek yapısına ve tekstürel yapısının oluşumuna büyük oranda katkı sağlar. Yumurta akı tozu ise hamurun içine alınan hava miktarı ile paralel olarak kekte kabartıcı olarak işlev görürken diğer taraftan da hamurun kararlılığının düşmesine neden olarak kek hacmini azaltmaktadır.

Yumurta sarısı ise %16 protein, %32 yağ ve %49 su ile az miktarda mineral ve sarı renk veren karotenoidlerden meydana gelir. Yumurta sarısı içerdiği lesitin ile beraber kekin yapısının oluşmasına katkı sağladığı gibi nemlendirici ve gevrekleştirici olarak da görev yapar ve kekin besin değerini arttırır [Pyler, 1988].

Su, kek formülasyonunda önemli oranda bulunur. Suyun miktarı kek yapımında kullanılan diğer bileşiklerin içerdiği nem miktarı da göz önüne alınarak belirlenmelidir. Nişastanın jelatinizasyonu için uygun ortamın sağlanması ve karışımda yer alan katı bileşenlerin çözünerek homojen bir yapı oluşturmaları için kek hamurunda uygun miktarda su bulunması gerekmektedir. Su, hamurun kıvamını ve sıcaklığını düzenleyerek kabartma tozunun reaksiyona girmesi için uygun ortamı sağlar ve kekin tekstür yapısını geliştirir [Mercan ve Boyacıoğlu, 1999b].

Süt ve süt ürünleri, lezzetli ve besin değeri yüksek ürünler elde edilmesine katkı sağlar. Süt sıvı halde kullanıldığında kekte nem verici bileşen görevi yapar. Süt tozu formunda kullanıldığı zaman ise keklerin iç yapısının oluşumuna katkı sağlar. Kek

formülasyonlarında genellikle taze süt ve/veya yağsız süt tozu kullanılmaktadır. Yağsız süt tozu kullanımı pişme sırasında nem kaybını minimize ederek yumuşak yapının korunmasını sağlamak ve hava kabarcıklarının boyutunu ve kararlılığını etkileyerek gözenek yapısını düzenlemektedir [Pyler, 1988].

Yağın kekin yapısındaki fonksiyonları; koku bileşiklerini taşımak, tekstürel özellikleri geliştirmek ve hava kabarcıklarının çevresini sararak hamurda daha kararlı halde bulunmalarını sağlamak olarak sıralanabilir [Bath et al., 1992]. Kullanılan yağların niteliği son ürünün kalitesi üzerinde etkilidir. Kek üretiminde bitkisel katı yağlarla birlikte bazen hayvansal yağlar da kullanılmaktadır. Kek ürünlerinde kullanılan hayvansal yağların başında gelen tereyağı; kekin lezzetini arttırmakta, yapısal özelliklerini ve duysal kalitesini geliştirmekte iken hacminde azalmaya yol açmaktadır. Diğer yandan, yüzey aktif maddelerin kullanımı ile tereyağının kek hacminin üzerindeki olumsuz etkisi önlenebilmektedir [Guy and Vettel, 1973].

Hamur kabartma tozu TS 9053'e göre; "bazı unlu mamullerin üretiminde teknoloji gereği yardımcı madde olarak kullanılan, ısı ve nem varlığında CO₂ oluşturan, bikarbonatlardan bir veya birkaçı ile asit özelliğindeki kimyevi maddelerden bir veya birkaçı ile yenilebilen nişastanın meydana getirdiği bir ürün" olarak tanımlanmaktadır [TSE, 2002]. Piyasada farklı oranlarda kabartıcı türündeki asitler kullanılarak hazırlanan değişik gaz salınım hızına sahip kabartma tozları mevcuttur [Özer vd., 2004]. Kek üretiminde dış görünüşte en belirleyici ölçüt olan hacmin oluşması için kabartma tozlarının reaksiyona girerek CO₂ gazı üretmesi ve karıştırma sırasında oluşan kabarcıklar ile CO₂ gazının hamurda yeterince tutulması gerekmektedir. Üretilen keklerin fiziksel ve kimyasal yapısını iyileştirerek büyük hacimli, sindirimi kolay, düzenli gözenek yapısına sahip ve tüketici tarafından tercih edilebilir ürünler üretilmesi bakımından kabartma tozlarının kek yapımında kullanılması endüstride bir gereklilik haline gelmiştir [Heidolph, 1996].

Tuz, tat ve kokunun oluşumunda aynı yönde etki yaparak karışımda yer alan diğer maddeler ile beraber tadın oluşumunu dengelemekte ve koku özelliğini geliştirmektedir [Pyler, 1988].

3. KEKLERDE RAF ÖMRÜNÜ ve KALİTEYİ ETKİLEYEN UNSURLAR

Tekstür, renk ve hacim gibi yapısal özellikler ve raf ömrünü olumsuz etkileyen mikrobiyal bozulmalar tüketiciler tarafından gıdaların kabul edilebilirliğini etkileyen ve gıdanın kalitesini belirleyen önemli özelliklerdendir. Kek ürünlerinde muhafaza sürecinde çeşitli kimyasal ve fiziksel reaksiyonlar meydana gelmektedir. Bu reaksiyonlar sonucu kekin tekstürel ve renk özellikleri ile nem miktarında azalma, lezzet kaybı ve mikrobiyal bozulmalar meydana gelmektedir [Baker et al., 1990]. Unlu mamullere farklı gıda bileşenleri ekleyerek tüketicilere daha fonksiyonel ve raf ömrü uzun ürünler sunabilmek amacıyla dünyada ve ülkemizde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

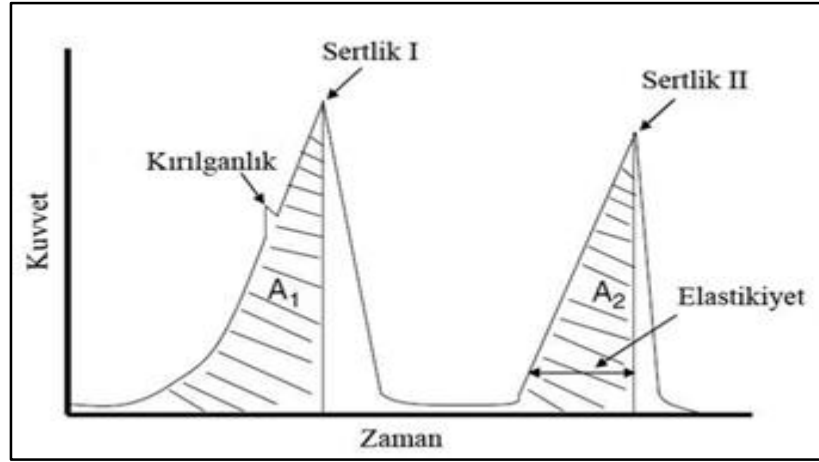
3.1. Tekstür Özellikleri

Tekstür, gıdanın yapısı, reolojisi ve mekanik özellikleri ile ilgilidir. Tekstürel özellikler; mekanik özellikler, geometrik özellikler ile gıdanın nem ve yağ içeriği kaynaklı diğer özellikler olmak üzere üç grupta toplanabilir. Mekanik özellikler genellikle gıdaların ağızda yenmesi sırasında dişler ve dil ile yapılan kuvvet uygulamalarıyla algılanabilir. Bu özellikler sertlik, viskozite, elastikiyet, sıklık, yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik gibi parametrelerdir. Geometrik özellikler ise genellikle görsel olarak algılanabilen şekil, büyüklük, homojenlik ve pürüzlülük gibi parametreler ile ifade edilir. Gıdanın nem ve yağ içeriğine bağlı olan tekstürel özellikler ise ağızda alınan his ile ilgili olup, mekanik ve geometrik özellikler gibi kolayca çözümlenemezler.

Gıdaların tekstürel özelliklerinin belirlenmesinde cihaz ile yapılan analizler kullanılabildiği gibi duyuşal metotlar da kullanılabilmektedir. Duyuşal testler panelistler ile yapılmakta ve daha uzun zaman almaktadır. Cihazla yapılan testler fazla zaman almamakta ve tekrarlanabilirliği daha yüksek olmaktadır. Unlu mamullerde de tekstürel özellikler ürünün kabul edilebilirliğini etkileyen önemli bir parametredir.

Tekstür analiz cihazı kullanılarak bir veya birden fazla cihazla yapılan farklı testlerden elde edilen parametreler, tek bir testle aynı anda elde edilebilmektedir. Bu analiz iki kademeli sıkıştırma prensibine dayanmaktadır. Silindirik formdaki örnek belli bir oranda sıkıştırıldıktan sonra uygulanan kuvvet kaldırılır. Ardından ikinci bir

sıkıştırma uygulanır ve analiz sonucunda kuvvete karşılık zaman eğrisi (Şekil 3.1) elde edilir [Barbut, 2009].



Şekil 3.1: Tekstür profil analizi sonucunda elde edilen kuvvet-zaman grafiği.

Bu analiz sonucunda ayrıca sertlik (hardness), sıklık (cohesiveness), elastikiyet (springiness), çiğnenebilirlik (chewiness), sakızımsılık (gumminess), yapışkanlık (adhesiveness) ve kırılganlık (fracturability) olarak sıralanan parametreler elde edilebilmektedir. Bu parametrelerden sertlik, ürüne uygulanan ve ürünü deforme etmek için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Sıklık, gıda parçalanmadan önce uygulanabilen kuvvet; elastikiyet, gıdaya uygulanan ilk kuvvet kalktıktan sonra gıdanın eski haline dönme düzeyi; sakızımsılık, gıdayı yutmaya hazır hale getirmek için harcanan kuvvet; çiğnenebilirlik ise gıdayı yutabilmek için gerekli çiğneme enerjisi olarak ifade edilmektedir. Yapışkanlık, ağıza ve damağa yapışan gıdanın uzaklaştırılması için yapılan iş; kırılganlık ise gıdanın kırılması için uygulanan kuvvettir. Tekstür analiz cihazı ile elde edilen parametrelerden sertlik, sıklık, elastikiyet, yapışkanlık ve kırılganlık ölçüm ile elde edilebilirken sakızımsılık (sertlik x sıklık) ve çiğnenebilirlik (sakızımsılık x elastikiyet) diğer parametreler kullanılarak hesaplanır [Chen and Trout, 1991], [Hyldig and Nielsen, 2007].

Kekin kalitesini ve tüketici tarafından kabul edilebilirliğini etkileyen en önemli özelliklerin başında tekstürel ve duyuşal özellikler gelmektedir. Ürünlerin raf ömrünün belirlenmesinde göz önüne alınan kriterlerden bir tanesi de tekstürel özelliklerdeki değişimdir. Tekstürel özellikler, gıdanın üretiminden depolanmasına kadar her aşamada önem taşımaktadır.

Şeker, zerdeçal tozu ve yağ kullanılan pandispanya keklerde zerdeçal tozunun miktarının artmasıyla keklerin yumuşaklık değerlerinde azalma görülmüştür [Seo et al., 2010]. Pandispanya keklerde yumurta beyazının yerine %75 oranında çöven ekstraktı kullanılan kek hamurlarının akış özelliklerinin kontrol grubuna göre önemli farklılık göstermediği, duyuusal değerlendirme sonucunda kontrol grubuyla yakın özellikler gösteren çöven ekstraktı ilaveli keklerin tekstür analiz cihazı ile tekstürel özellikleri incelendiğinde, çiğneme özelliğinin daha iyi olduğu belirlenmiş ve çöven ekstraktı kullanılan kek örneklerinin daha yumuşak olduğu görülmüştür [Çelik vd., 2006].

Sarımsağın antimikrobiyal ve antioksidan olarak kullanımı ve bağışıklık sistemini geliştirici etkisi dolayısıyla pandispanya keklerde siyah sarımsak tozunun kullanıldığı bir çalışmada; nem içeriği, pH, ağırlık ve spesifik hacimde azalma görülmüş, sertlik ise artmıştır. Sarımsak tozunun %4 kullanımıyla genel beğeni en yüksek değeri almış; aroma ve tat değerleri bakımından %6 oranında sarımsak tozunun kullanıldığı kekler en çok beğenilen kekler olmuştur [Lee et al., 2009].

Kekte Çin lahanası tozunun un yerine %3, 6 ve 9 oranlarında kullanıldığı çalışmada; lahana tozu kullanım oranının artışıyla tekstürel özelliklerden sertlik, sakızimsılık ve gevrekliğin arttığı bildirilmiştir. Duyusal değerlendirmede %3 lahana tozu kullanılan keklerin tat, genel beğeni ve tekstürel özellikleri bakımından daha tercih edilebilir olduğu görülürken, %6 lahana tozu kullanılarak hazırlanan kek ürünlerinin ise renk ve aromalarının daha iyi olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda un yerine %3 lahana tozunun keklerde kullanımı önerilmiştir [Chung and Kim, 2009].

Farklı türde pekmezlerin (kayısı, andız ve üzüm pekmezi) farklı oranlarda (%25, 50 ve 100) ilavesiyle hazırlanan keklerin 21 günlük muhafaza süresince sertlik değerlerindeki değişimin incelendiği bir çalışmada; keklerin sertliği artmıştır. Andız pekmezi kullanılarak hazırlanan kekler muhafaza süresince en sert kek tekstürüne sahip ürünler olmuştur. Kayısı pekmezi ilavesinin muhafaza süresi boyunca kek tekstürünün yumuşak kalmasını sağladığı ve muhafaza süresi sonunda pekmez içeren tüm keklerin kontrol grubundan çok daha yumuşak yapıda olduğu bildirilmiştir. Muhafaza süresi sonunda, kayısı pekmezinin tüm eklenme oranlarında, üzüm pekmezinin ise %25 ve %50 eklenme oranlarında kek tekstürünün sertlik değerini, kontrol grubu keke kıyasla azaltarak raf ömrünü arttırdığı sonucuna varılmıştır [Ertaş ve Çoklar, 2008].

Yeşil çay unu ile %10, 20 ve 30 oranında buğday ununu yer değiştirerek yapılan keklerde yeşil çay unu miktarı arttıkça kekin sertlik, yapışkanlık ve sakızimsılık değerleri artarken, elastikiyetin azaldığı görülmüştür. Duyusal analiz sonuçlarına göre %10 ve %20 oranında yeşil çay unu eklenen keklerin arasında bir farklılık gözlenmediği, %30 yeşil çay unu ilaveli kekin duyusal analiz sonuçlarının ise daha düşük olduğu belirtilmiştir [Lu et al., 2010].

3.2. Renk Özellikleri

Gıdaların satın alınmasında tüketiciyi en çok cezbeden özellik görünüş ile ilgili olan özelliklerdir. Özellikle renk, gıdaların tat algısını da etkilemektedir. Renk, gıda tarafından yansıtılan enerji olarak tanımlanmaktadır. Yansıyan ışık ürünün rengini ve görünüşünü oluşturmaktadır. Gıda sanayinde; Hunter L, a, b veya Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (The Commission International de l'Eclairage-CIE) tarafından türetilmiş L*, a*, b* gibi skalalar kullanılmaktadır. Bu parametrelerden L değeri rengin açıklık derecesini, a değeri kırmızılık veya yeşillik derecesini, b değeri ise sarılık veya mavilik derecesini temsil etmektedir. L* değeri; rengin ışığı yansıtmasını ifade etmekte olup, bu değer 0 olduğunda siyah, 100 olduğunda ise beyaz renk olduğu bilinmekte; pozitif durumdaki a değeri kırmızılığı, negatif durumdaki a değeri yeşilliği belirtmekte; aynı şekilde b değeri pozitif iken sarılığı negatif iken maviliği belirtmektedir [Morante, 2006]. Bu değerler kullanılarak renk tonu (hue) ve renk parlaklığı (chroma) veya doygunluk (saturation) gibi gıdanın kabul edilebilirliğini etkileyen parametreler hesaplanabilmektedir. Renk tonu, rengin görsel hissini belirlemektedir. Renk parlaklığı veya doygunluk ile ifade edilen parametre ise bir temel rengin yoğunluğunu ifade etmektedir [Mallikarjunan, 2011], [Clydesdale, 1998].

Üzüm, kayısı ve andız pekmezlerinin %25, 50 ve 100 oranlarında kristal toz şeker ile yer değiştirmesi sonucu elde edilen keklerin kalite özelliklerinin incelendiği çalışmada; ilave edilen pekmez çeşitlerinin hepsi kek ürünlerinin renk değerlerinde değişim meydana getirmiş olup, parlaklık değerini düşürdüğü, kırmızılık değerini ise arttırdığı gözlenmiştir. Ayrıca çalışmada, 21 günlük muhafaza süresi sonunda, %100 pekmez katkılı keklerde, kontrol grubu keke göre daha fazla pH düşüşü gözlemlendiği ve muhafaza süresinin artması ile birlikte parlaklık ve sarılık değerlerinde düşme

görüldüğü belirtilmekte, pH değerinin kekin iç rengini önemli derecede etkilediği bildirilmektedir [Ertaş ve Çoklar, 2008].

Un yerine belli oranlarda (%2, 4, 6 ve 8) siyah çay tozunun eklendiği bir çalışmada, L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülmüştür. Siyah çay tozu oranı arttıkça keklerin iç renk ölçümlerinde L^* değeri azalırken a^* ve b^* değerlerinin arttığı gözlenmiştir [Lee ve Choi, 2016].

Un yerine belli oranlarda (%10, 20 ve 30) yeşil çay tozu eklenerek kek ürünlerinde kalite ve antioksidan özelliklerin incelendiği bir çalışmada, L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülmüştür. Tüm renk verileri, sırasıyla, açıklık, kırmızılık ve sarılığa karşılık gelen L^* , a^* ve b^* değerleri ile ifade edilmiştir. Numunelerin kabuk renginin kek unu yerine yeşil çay tozu eklenmesi ile değiştiği görülmüştür. Genel olarak, yeşil çay tozu miktarı arttıkça, kabuk rengi koyulaşmıştır. Kontrol grubu kekin kabuğu diğer keklerin hepsinden daha sarı olmuştur. Yeşil çay tozu miktarındaki artış ile beraber keklerin iç renginde; L^* ve b^* değerlerinin azaldığı, ancak a^* değerinin arttığı görülmüştür. Bu durum yeşil çay tozu ikamesinin sonucu olarak daha koyu, daha kırmızı ve daha az sarı bir iç renk elde edildiğinin göstergesidir. Yeşil çay tozu ile hazırlanan pişmiş keklerin kontrol grubundan daha koyu olduğu görülmüştür. Pişirilmiş keklerin renk değişikliği, çay pigmentleri ve polifenol bileşiklerinin oksidasyon reaksiyonuna girmesi ve sükrozun pişirme sırasında karamelleşmesiyle ilgili olabileceği bildirilmiştir [Lu et al., 2010].

Siyah çayda bulunan tein ve polifenol fraksiyonlarının buğday ekmeğinin doku özelliklerine ve raf ömrüne etkisinin incelendiği bir çalışmada; formülasyondaki suyun yerine %50 ve %100 oranında tein ve polifenol fraksiyonlarının kullanıldığı durumda ekmek içi renk değerlerinden L^* değerinin, fraksiyon ilavesiyle önemli ölçüde azaldığı belirlenmiş olup, bu fraksiyonları içeren ekmeklerin iç renginin kontrolden daha koyu renge sahip olduğu gözlenmiştir. Bununla beraber yüksek polifenol içeren ekmeğin en koyu renge sahip olduğu bildirilmiştir. Yapılan analizlerde a^* değerinin, fraksiyonların ilavesi ile önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Bunun nedeninin her iki fraksiyonun yüzdesi arttıkça oluşan kırmızımsı renk ile ilgili olduğu belirtilmiştir. İç rengin sarılığı (b^*) tüm numuneler arasında anlamlı seviyede farklı olmuştur. Polifenol fraksiyon ilaveli ekmeklerin b^* değeri kontrolden daha düşük ancak tein fraksiyon ilaveli ekmeklerin b^* değeri ise kontrolden daha yüksek bulunmuştur. En sarı görünümde olan ekmeğin tein fraksiyonu en fazla olan ekmek olduğu görülmüştür [Culetu et al., 2018].

3.3. Mikrobiyal Özellikler

Raf ömrü; üretim tarihinden itibaren, belirtilen ya da uygun görülen dağıtım, muhafaza ve teşhir koşulları altında ürün kalitesinin tüketim için kabul edilebilir kaldığı, fiziksel ve kimyasal değişimlere karşı koyabildiği süreyi ifade eder. Keklerde fiziksel bozulma bayatlama, kimyasal bozulma oksidasyon, mikrobiyolojik bozulma ise küflenme olarak adlandırılır ve raf ömrünü etkiler. Kekler; içeriği, ambalajlanma şekli, muhafaza koşulları (ortam sıcaklığı, bağıl nem vb.) ile ilişkili olarak genellikle 1 ile 4 hafta arasında bir raf ömrüne sahiptir [Gélinas et al., 1999].

Mikrobiyal bozulmalar çoğunlukla bakteri, küf ve maya oluşumundan kaynaklı olarak meydana gelmektedir. Ürünün içeriğine, işleme şekline ve iklim koşullarına bağlı olarak kayıpların %1 ile %5'i küf kaynaklıdır. Fırıncılık ürünlerinde *Penicillium*, *Eurotium* ve *Aspergillus* cinsi küfler mikrobiyolojik bozulmalarda en fazla oranda görülen küf türleri arasındadır.

Çeşitli pH ve a_w değerlerinde potasyum sorbat, sodyum benzoat ve kalsiyum propiyonat ilavesi ile üretilen kek ürünlerinde her üç antifungal ajanın da pH 6 değerinde ve 0,80-0,85 a_w aralığında etkili oldukları görülürken, en etkili antifungal ajanın potasyum sorbat olduğu bildirilmiştir. Ayrıca potasyum sorbatın pH 6 değerinde ve düşük su aktivitesinde *Eurotium repens* ve *Eurotium rubrum* küflerinin gelişimini azaltıcı etki gösterdiği ortaya konmuştur [Marin et al., 2002].

Kek ürünlerinin bozulmasını geciktiren en önemli uygulamalardan biri de modifiye atmosfer ambalajlamadır. *Eurotium amstelodami*, *Eurotium herbariorum*, *Eurotium repens* ve *Eurotium rubrum* türleri için %0,05, 0,1 ve 0,2 oranında potasyum sorbat kullanılarak üretilen keklerde, %0,2 potasyum sorbat ve %30 N_2 + %70 CO_2 olan modifiye atmosfer ambalajlama koşulunun tüm su aktivitesi değerlerinde bozulmayı engellediği belirtilmiştir [Guynot et al., 2003].

Şeker yerine %25, 50, 75 ve 100 izomaltooligosakkarit şurubu kullanılan pandispanya tipi keklerde izomaltooligosakkarit şurubunun %75 oranında kullanıldığı kek örneklerinde sertliğin azaldığı, oda sıcaklığında 3. günün sonundaki toplam bakteri sayısının <105 kob/g olduğu ve izomaltooligosakkarit şurubunun mikrobiyal üremeyi sınırlayıcı etkisinin olduğu bildirilmiştir [Lee et al., 2008].

4. ÇAY HAKKINDA GENEL BİLGİ

Geçmişten günümüze popüler bir içecek olarak dünya nüfusunun üçte ikisi tarafından tüketilen çay, *Camellia sinensis* adlı bitkinin yapraklarından elde edilir [Harold and Graham, 1992]. Türkiye’de ise ilk kez 1924 yılında Zihni Derin tarafından üretimi yapılmıştır. Çay yapraklarının %77’si su, %23’ü ise kuru maddeden oluşmaktadır.

Endüstriyel bir bitki olarak nitelendirilen çayın, işleme tekniklerine göre üç farklı türde üretimi gerçekleştirilir. Dünya’daki üretimin %76’sını siyah çay oluştururken, yeşil çay %22’lik pay ile ikinci sırada ve oolong çay ise %2’lik pay ile üçüncü sırada gelmektedir [Trevisanato and Young-In Kim, 2000], [Katiyar and Mukhtar, 1997].

Çay üretimi genel olarak soldurma, kıvrırma, fermentasyon, kurutma ve paketlenme aşamalarından oluşur. Fermentasyon işlemi uygulanmayan yeşil çay üretiminde, yüksek sıcaklık veya buharla şok soldurma işlemi ile polifenol oksidaz ve diğer tüm oksidasyona neden olan enzimler denature edilir. Kısmen fermente (%80 oksidasyon) edilerek üretilen oolog çaylarda oksidasyon işlemi ısıtma uygulanarak belli aşamaya gelince durdurulur. Siyah çayda ise tamamen fermentasyon işlemi gerçekleştirilir [Katiyar and Mukhtar, 1997].

Yeşil çayın biyolojik özellikleri yoğun bir şekilde incelenmiştir, ancak yaklaşık 2,5 milyon ton ile kurutulmuş çay üretiminin yaklaşık %80’ini oluşturan siyah çay üzerine yapılan çalışmalar daha kısıtlıdır [Vinson and Dabbagh, 1998], [Rietveld and Wiseman, 2003].

4.1. Siyah Çay Bileşimi

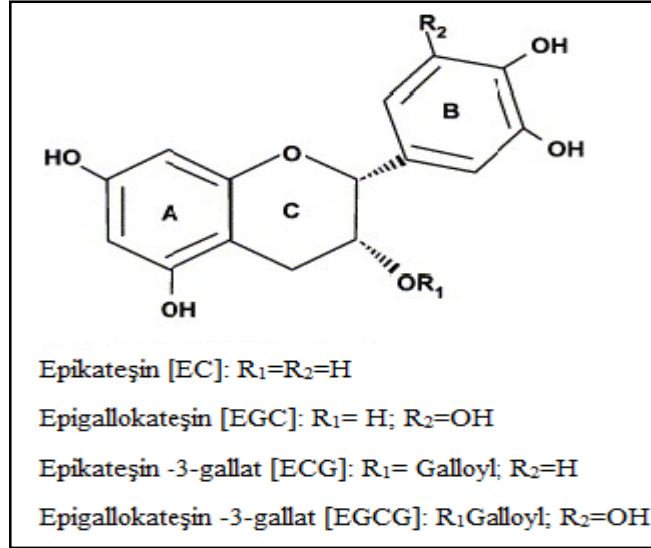
Çay yapraklarının bileşimi; iklim koşullarına, yetiştiği bölgenin kültürel ve genetik faktörlerine bağlı olarak değişir [Katiyar and Mukhtar, 1997]. Taze çay yapraklarında kuru madde kütlesine bağlı olarak en fazla oranda bulunan maddeler arasında polifenolik bileşikler, karbonhidratlar ve proteinler gelmektedir [Harold and Graham, 1992]. Çay yaprağının bileşiminde bulunan maddeler Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: ay yaprağının bileşimi.

Bileşen	(Kuru maddede,)	Bileşen	(Kuru maddede,)
Flavanoller (kateşinler)	17-30	Kafein	3-4
Epigallokateşin gallat (EGCG)	9-13	Protein ve aminoasitler	15-19
Epikateşin gallat (ECG)	3-6	Basit yapılı karbonhidratlar	4
Epigallokateşin (EGC)	3-6	Polisakkaritler	13
Epikateşin (EC)	1-3	Kül	5
Kateşin (C)	1-2	Selüloz	7
Gallokateşin (GC)	3-4	Lignin	6
Flavonoller ve flavonol glikozitleri	3-4	Lipitler	2-3
Leykoantosiyeninler	2-3	Organik asitler	0,5-1,5
Polifenolik asitler ve depsitler	5	Pigmentler	0,5
Toplam polifenoller	30-36		

ay içerisinde bulunan fenollerin miktarı diğer bileşenlere göre oldukça fazladır. aydaki polifenoller içinde ise en yüksek oranda bulunan bileşik kateşinlerdir (Şekil 4.1). Kateşinlerin en önemlileri epigallokateşin gallat, epikateşin gallat, epigallokateşin ve epikateşindir.

ay yapraklarının yaşlarına bağılı olarak kateşin içeriğı farklılık gösterir. Çoğu durumda, kateşin oranı siyah çay üretiminde kullanılan yapraklarda, yeşil çay üretiminde kullanılanlardan daha yüksektir [Harold and Graham, 1992]. Siyah ay üretim sürecinde uygulanan fermentasyon işleminin çay yapraklarında bulunan kateşinlerin yaklaşık %75'i oksidasyon ve kısmi polimerizasyon sonucu enzimatik dönüşüm geçirir [Bokudava and Skobeleva, 1980]. Elde edilen siyah çay bileşimi, teknolojik sürece bağılıdır.



Şekil 4.1: Çay yapraklarında bulunan başlıca kateşinler.

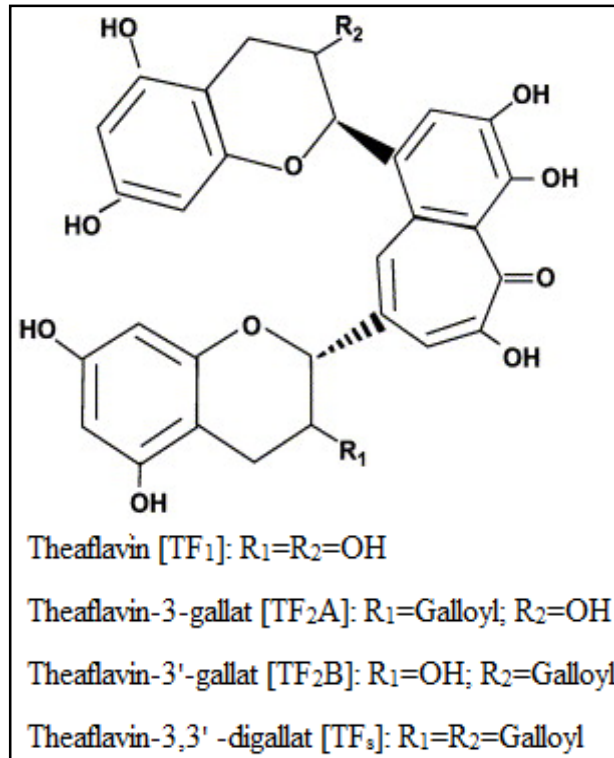
Siyah çay içeceği farklı preparatlara göre değişiklik gösterdiğinden kesin bir kompozisyon belirtmek zordur. Siyah çay özütünün katı kısmı; kateşinler, teaflavinler, thearubiginler, flavonoller, fenolik asitler ve depidesitler, amino asitler, metilksantinler, karbonhidratlar, proteinler, mineral maddeler ve uçuculardan (< %0,1) oluşur [Harold and Graham, 1992]. Çay içeceğinin katı kısmında bulunan başlıca bileşenler ve yüzdesel oranları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Çay içeceğinde bulunan başlıca bileşikler.

Bileşen	Oran (%)
Kateşinler	3–10
Teaflavinler	3–6
Thearubigin	12–18
Flavonol	6–8
Fenolik asitler ve bazlar	10–12
Amino asitler	13–15
Metilksantinler	8–11
Karbonhidratlar	15
Proteinler	1
Mineral maddeler	10
Uçucular	< 0,1

Çay üretiminin ilk aşamasında, kinonlar üretilir ve bunlar ardışık dönüşümlerin substratlarıdır. Elde edilen kateşin kinonları birbirleriyle birçok şekilde reaksiyona girer. Basit bir kateşin veya bunun gallatından türetilen kinon; teaflavinler olarak bilinen yedi halkalı bileşikler oluşturmak için bir gallokateşin veya bunun gallatından türetilmiş bir kinon ile reaksiyona girebilir [Lambert and Yang, 2003].

Siyah çay, teaflavinler ve thearubiginler olmak üzere iki ana polifenol içerir. Teaflavin ve türevleri (Şekil 4.2), siyah çayın enzimatik oksidasyonu sırasında çay yapraklarında flavan-3-ol bileşiklerinin yoğunlaşmasından oluşan antioksidan polifenollerdir. Teaflavinler çay deminde kuvvet, burukluk ve canlılık gibi kalite unsurlarının belirlenmesinde etkili olan bileşiklerdir. Sarı renkli olan bu maddeler oksidasyona optimum noktada son verilmediği zaman koyu kırmızı ve koyu kahverengi thearubiginleri oluştururlar [Nas ve Öksüz, 1987], [Yılmaz, 1982].



Şekil 4.2: Teaflavinlerin yapısı.

Thearubiginler, siyah çaydaki fermentasyon reaksiyonları sırasında polifenol oksidazların katılımı ile iki gallokateşinlerin enzimatik oksidasyonu ve yoğunlaşması sırasında oluşan polimerik polifenollerdir.

4.2. Çayın Antioksidan Aktivitesi

Genel olarak antioksidan; oksidasyona karşı dayanıklılık gösteren, oksijen ya da peroksitlerin meydana getirdiği reaksiyonları engelleyen madde olarak tanımlanmaktadır. Gıda sanayinde koruyucu madde olarak yapay veya doğal antioksidanlar kullanılmaktadır. Belirli bir bileşiğin veya fraksiyonun antioksidan aktivitesi, serbest radikallerin oluşumunun engellenmesi veya üretilen serbest radikalleri uzaklaştırması, azalan kapasite/metallerle şelat oluşturma kabiliyeti ve antioksidan enzimler üzerindeki etkisi ile açıklanmaktadır.

Fenolik maddeler antioksidan özellik taşıyan maddeler arasında en yaygın olarak bilinenleridir [Madhavi, 1996]. Antioksidanlar doğal ve yapay olmak üzere iki şekilde gruplandırılır. Çoğu yapay antioksidan fenolik yapıda bulunmaktadır. Kimyasal yapılarına göre antioksidan madde aktiviteleri farklılık gösterir. Günümüzde ticari olarak kullanılan yapay antioksidanlar arasında bütillendirilmiş hidroksi anisol (BHA), bütillendirilmiş hidroksi toluen (BHT), tersiyerbutil hidrokinon (TBHQ) ve propil gallat (PG) yer almaktadır. Doğal antioksidanlar ise meyve ve bitki yapılarında bulunan ve belli metotlar ile ekstrakte edilen bileşenlerdir. Doğada bulunan belli başlı antioksidanlar ise flavonoidler, polifenoller, tokoferoller, fenolik asitler, karotenoidler, C vitamini ve selenyumdur.

İşleme yöntemine göre çayın fenolik madde miktarıyla birlikte fenolik madde içeriği de değişiklik göstermektedir [Bronner and Beecher, 1998], [Lin et al., 1998], [Wu et al., 1998], [Ding et al., 1999], [Lee and Ong, 2000], [Wang et al., 2000a]. Yeşil çay, siyah çay ve oolong çayındaki fenolik maddeler Tablo 4.3'de verilmiştir. Flavanoller de içeren flavonoidler, güçlü antioksidan özellik göstermekte olup, serbest radikalleri temizleme ve oksidatif enzimleri denatüre etme etkisine sahiptir [Frankel, 1997], [Zhishen et al., 1999].

Çay flavanollerinin antioksidan kapasiteleri içerdikleri hidroksil gruplarının miktarı ve konumları ile galloyl türevlerinin bulunup bulunmadığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir [Benzie and Szeto, 1999], [Wang et al., 2000b].

Günlük tüketimde alınan antioksidanların %45'e yakınının çay flavonoidlerinden oluştuğu ve demleme sürecinde sıcaklık artışına paralel olarak çözeltiye geçen antioksidan miktarının arttığı belirlenmiştir [Langley-Evans, 2000]. Saf antioksidanlar ve çay fraksiyonlarının antioksidan aktiviteleri Tablo 4.4'de sunulmuştur.

Tablo 4.3: Farklı ay tiplerinde bulunan fenolik maddeler*.

	Yeşil ay	Siyah ay	Oolong ay
EC	6,06 ^a ; 1,0-9,54 ^b ; 7,22-13,3 ^c ; 0,55-0,87 ^e	4,0 ^b ; 4,1 ^d ; 0,04 ^e	1,75 ^a ; 0,34 ^e
ECG	5,34 ^a ; 3-4,92 ^b ; 1,42-4,54 ^c ; 1,95-2,91 ^e	4,0 ^b ; 4,1 ^d ; 0,04 ^e	3,58 ^a ; 0,63 ^e
EGC	36,53 ^a ; 2,0-36,2 ^b ; 3,94-7,92 ^c ; 0,44-0,88 ^e	0,9-6,0 ^b ; 10,5 ^d ; 0,19 ^e	7,70 ^a ; 0,38 ^e
EGCG	18,10 ^a ; 6,0-32,6 ^b ; 5,55-10,4 ^c ; 13,37-13,74 ^e	0,95-12,0 ^b ; 16,6 ^d ; 0,3 ^e	8,99 ^a ; 3,62 ^e
GCG	0,26-0,38 ^e		0,11 ^e
GC	2,57-2,81 ^b	0,40-1,57 ^b	
Gallik asit	0,74-0,78 ^b ; 0,23-0,52 ^e	2,79-3,33 ^b ; 1,83 ^e	0,58 ^e
Teaflavin		2,5 ^d	0,66 ^a
Tearubugin		59,4 ^d	

* ^amg/g, ^bmg/100 ml, ^c%, ^dmg/g (kuru maddede) ve ^e% (kuru maddede)

Siyah aya işleme sırasındaki oksidasyon işlemi sonucunda flavanollerden sekonder polifenoller (teaflavinler ve tearubuginler vb.) açığa çıkmakta ve çayın yapısındaki flavanol oranı azalış göstermekte olup, oksidasyon işlemi sonucu oluşan sekonder fenolik maddeler de antioksidan özellik taşımaktadırlar [Langley-Evans, 2000], [Richelle et al., 2001].

Tablo 4.4: Saf antioksidanlar ve çay fraksiyonlarının antioksidan aktivitesi*.

Vitaminler	IC50 (µM)	Çay Fraksiyonları	IC50 (µM)	Çay Fenolleri	IC50 (µM)
β-karoten	4,30	Siyah çay ekstraktı (%46,32)	0,59	Gallik asit	1,25
E vitamini	2,40	Kafeinsiz siyah çay ekstraktı (%47,08)	0,59	Kateşin	0,67
C vitamini	1,25	Teaflavinler	0,29	Klorojenik asit	0,30
		Yeşil çay ekstraktı (%46,19)	0,22	Epikateşin	0,19
		Kafeinsiz yeşil çay ekstraktı (%49,15)	0,22	Epikateşin gallat	0,14
		Saf siyah çay polifenolleri (%91,38)	0,16	Epigallokateşin	0,10
		Saf yeşil çay polifenolleri (%95,22)	0,13	Epigallokateşin gallat	0,08

* IC50: %50 inhibisyonu sağlayan antioksidan konsantrasyonu

Siyah çay üretimi sırasında oluşan sekonder polifenollerin hızlı şekilde parçalanması ve antioksidan kapasitesi yüksek farklı moleküllere dönüşmesi sonucunda siyah çayın antioksidan yeteneğinin yeşil çaya oranla daha yüksek olduğu rapor edilmiştir [Zeyuan et al., 1998]. Siyah çay üretimi sırasında fermentasyon işlemi sonucu oluşan sekonder fenolik maddelerin polimerizasyon nedeniyle yeşil çayda bulunan monomerik kateşinlere kıyasla daha çok fenolik hidroksiller içerdikleri ve yüksek oranda süperoksit ile hidroksil radikalini inhibe etme özelliğine sahip oldukları belirtilmiştir [Li and Xie, 2000]. Çay kateşinleri ve sekonder fenolik maddelerinin süperoksit radikalini yok etme oranları Tablo 4.5’de, çay kateşinleri ve sekonder

fenolik maddelerinin hidroksil radikalini yok etme oranları ise Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.5: Çay kateşinleri ve sekonder fenolik maddelerinin süperoksit radikalini yok etme yeteneği.

Konsantrasyon (µg/ml)	Çay kateşinlerinin süperoksit radikalini yok etme oranı (%)	Çay sekonder fenolik maddelerinin süperoksit radikalini yok etme oranı (%)
8,3	52,75	56,93
16,6	57,14	68,44
24,9	64,83	74,84
33,3	75,91	81,24
67,0	91,97	92,11
100,0	96,90	91,55
133,0	93,35	83,80
167,0	89,88	83,52

Tablo 4.6: Çay kateşinleri ve sekonder fenolik maddelerinin hidroksil radikalini yok etme yeteneği.

Konsantrasyon (µg/ml)	Çay kateşinlerinin hidroksil radikalini yok etme oranı (%)	Çay sekonder fenolik maddelerinin hidroksil radikalini yok etme oranı (%)
5	27,6	38,5
10	50,9	49,1
20	58,9	66,7
50	83,1	71,7
100	83,4	74,9
200	76,8	88,5
500	62,4	72,9
600	53,1	63,6
800	43,9	68,5

4.3. Çayın Antimikrobiyal Özellikleri

Yeşil ve siyah çay ekstraktları patojenik mikroorganizmalara karşı antibakteriyel etkinlikleri ile bilinmektedir [Mbuthia et al., 2014]. Yeşil ve siyah çaydan ve özellikle de ECG'den elde edilen saflaştırılmış kateşin fraksiyonlarının, birçok bakteri türünün büyümesini inhibe ettiğini ve antikaryojenik özelliklere sahip olduğunu göstermiştir [Ahn et al., 1991], [Kawamura and Takeo, 1989], [Otake et al., 1991]. Yeşil çaydan elde edilen kateşinlerin *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Plesiomonas shigelloides*, *Aeromonas sobria* ve *Acinetobacter baumannii* bakterilerini inhibe ettiği bildirilmiştir [Friedman et al., 2006]. Siyah çaydaki theaflavinler ve thearubiginlerin in vivo ve in vitro çalışmalarda antibakteriyel özelliklere sahip oldukları gösterilmiştir [Bandyopadhyay et al., 2005]. Siyah ve yeşil çay ekstraktlarının ağızda bulunan ve diş çürüğüne neden olan *Mutans streptococci* ve *Lactobacilli* bakterileri üzerinde antimikrobiyal etki gösterdiği gözlenmiştir [Al-Ezzi et al., 2017]. Suda çözünür yeşil ve siyah çay ekstraktlarının antimikrobiyal ve sinerjik özellikleri üzerinde yapılan bir çalışmada bakteri öldürücü etkiye sahip olan gentamisin ve penisilin G antibiyotiklerine yeşil çay ekstraktı ilave edilerek oluşturulan kombinasyonların sinerjik etki gösterdiği gözlenmiştir [Mbuthia et al., 2014]. *Escherichia coli* üzerinde yeşil çay ekstraktının tek başına penisilin G'ye kıyasla daha yüksek bir inhibisyon zon çapı gösterdiği ve aktivitesinin gentamisin ile benzer olduğu görülmüştür. Siyah çay ekstraktının aynı çay çeşidinden işlenen yeşil çaya kıyasla daha düşük konsantrasyonlarda bile *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı inhibe edici özellik gösterdiği tespit edilmiştir [Mbuthia et al., 2014].

Buğday ekmeği formülasyonundaki suyun yarısının ve tamamının yerine siyah çayda bulunan tein ve polifenol fraksiyonları ile yapılan ekmek ile kontrol ekmeği paketlenerek 8 gün süreyle muhafaza edilmiş, 4. günde kontrol ekmeğinin yüzeyinde gözle görülür küf gelişimi ve 5. günde *Bacillus cereus* bakterisi gözlenmişken, tein ve polifenol fraksiyonları ilave edilmiş ekmeklerde 8 gün sonunda gözle görülür küf gelişimi ve *Bacillus cereus* bakterisi üremesi olmamıştır. Tein fraksiyonunun eklenmesinin kontrol ekmeğine kıyasla raf ömrünü 1 gün uzattığı, polifenol fraksiyonunun eklenmesinin ise kontrol ekmeği ile kıyaslandığında raf ömrünü 4 güne kadar artırdığı ve bunun polifenol fraksiyonunun antimikrobiyal aktivitesinden kaynaklandığı bildirilmiştir [Culetu et al., 2018].

5. MATERİYAL ve METOT

5.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan siyah çay ekstraktı Çayeks Çay Ekstrakt Sanayii (Esenyurt, İstanbul) firmasından temin edilmiştir. Kek yapımında kullanılan buğday unu (Söke Değirmencilik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Sazlıköy, Aydın), yumurta (Yum-Bir Yumurta Üreticileri Merkez Birliği, Kavaklıdere, Ankara), sıvı ayçiçek yağı (Savola Gıda San. ve Tic. A.Ş., Ataşehir, İstanbul), sükröz (Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş., Meram, Konya), hamur kabartma tozu (Dr. Oetker, Torbalı, İzmir), yağsız süt tozu (Bağdat Baharat, Bağcılar, İstanbul), krem tartar (Arifoğlu Baharat, Avcılar, İstanbul) ve iyotlu tuz (Billur Tuz, Çiğli, İzmir) İstanbul'da zincir bir marketten alınmıştır. Kullanılan kimyasal reaktiflerden Folin Ciocalteu fenol reaktifi (hacimce %10'luk) Fluka (Buchs, İsviçre), gallik asit Acros Organic (Geel, Belçika), magnezyum nitrat ($MgNO_3$) ve sodyum karbonat (Na_2CO_3) Çağdaş Kimya ve Gıda Sanayi Tic. Ltd. Şti.'nden (Üsküdar, İstanbul) satın alınmıştır. Toplam kalınlığı 9 μm olan polivinil klorür (PVC) streç film Koroza Ambalaj Sanayi ve Tic. A.Ş. (Esenyurt, İstanbul) firmasından temin edilmiştir. Firma tarafından streç filmin oksijen transmisyon değeri 23 °C sıcaklıkta ve %60 bağıl nem koşulunda 490 $cm^3/m^2/gün$, su buharı transmisyon değeri ise 38 °C sıcaklıkta ve %90 bağıl nem koşulunda 130 $g/m^2/gün$ olarak ölçülmüştür.

5.2. Metot

5.2.1. Çayda Toplam Fenolik Madde (TFM) Tayini

Çayda TFM miktarını belirlemede Folin-Ciocalteu metodu kullanmış olup, sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g örnek olarak ifade edilmiştir [Wojdyło et al., 2007]. Çay ekstraktından mikro pipet (Dragon Medical Co., Şanghay, Çin) ile 100 μl alınarak 400 μl saf su eklenerek 5 kat seyreltilmiştir. Cam deney tüpü içerisine 50 μl alınan seyreltik çay ekstraktının üzerine 2450 μl saf su eklenerek hacmi 2500 μl 'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözeltiye 125 μl Folin-Ciocalteu reaktifi eklenerek 3 dakika 25 ± 2 °C sıcaklıktaki laboratuvar ortamında bekletilmiştir. Daha sonra ağırlıkça %20'lik Na_2CO_3 çözeltisinden 375 μl alınarak karışıma ilave edilmiş ve

manyetik karıştırıcı (Heidolph MR Hei-Tec, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Schwabach, Almanya) ile 15 dakika boyunca karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 25 ± 2 °C sıcaklıktaki etüvde (Ecocell 55, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Münih, Almanya) ve karanlık ortamda 1 saat bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda çözeltide oluşan mavi rengin absorbans değeri 760 nm dalga boyunda UV-VIS spektrofotometre (Lambda 35, Perkin Elmer, Shelton, CT, ABD) yardımıyla ölçülmüştür.

Kalibrasyon eğrisinin oluşturulması için standart olarak kullanılan gallik asitten 0, 2,5, 5, 7,5, 10, 12,5, 15 ve 20 µl olarak alınan 8 farklı konsantrasyon için UV-VIS spektrofotometre (UV Lambda 35, Perkin Elmer Corp., Shelton, CT, ABD) yardımıyla absorbans değeri ölçülerek kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir ($R^2 = 0,9995$). Ekstraktın TFM miktarları mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g çay ekstraktı olarak ifade edilmiştir. Bütün ölçümler üç paralelli olarak yapılmıştır.

5.2.2. Çayda pH Ölçümü

Çay ekstraktının pH değerleri 25 °C sıcaklıkta dijital pH metre (Mettler Toledo Seven Easy, Greifensee, İsviçre) kullanılarak üç paralelli olarak ölçülmüştür.

5.2.3. Kek Formülasyonlarının Oluşturulması

Kek üretimi, Lee ve Lin [2008] tarafından kullanılan sünger kek formülasyonu modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. İçinde çay ekstraktı içermeyen kontrol kek hamuru (HKK), siyah çay ekstraktı ile %50 (HÇK50) ve %100 (HÇK100) oranlarında saf su ile yer değiştirilerek üretilen sünger kek hamur formülasyonları Tablo 5.1'de verilmiştir. Hamur bileşenleri dijital hassas terazi (Mettler Toledo, PB03-S, Columbus, OH, ABD) ile tartılmıştır. Hamur hazırlarken yumurta sarısı (100 g) ve sükröz (150 g) birlikte mikserle (Tefal, Mastermix 425, Groupe Seb İstanbul Ev Aletleri Tic. A.Ş., Sarıyer, İstanbul) 3 dakika süreyle 5. hız ayarında karıştırılıp, daha sonra formülasyondaki saf suyun (130 g) %50 ve %100'ü oranında çay ekstraktı, ayçiçek yağı (100 g), elenmiş buğday unu (200 g), yağsız süt tozu (16 g), tuz (1 g) ve hamur kabartma tozu (10 g) eklenmiştir. Malzemeler homojenize olana kadar bir çırpıcı ile elle karıştırılmıştır. Ayrı bir kaptaki yumurta beyazı (200 g) ve krem tartar (1 g) 20 saniye boyunca 5. hız ayarında mikser ile karıştırılmış ve bu karışıma sükröz (120 g) ilave edilerek mikser ile 5. hız ayarında 2 dakika ve 3. hız ayarında 30 saniye boyunca

köpüksü bir yapı oluşana kadar karıştırılmıştır. Elde edilen köpüksü karışım, daha önce hazırlanan unlu hamur karışımına eklenerek silikon spatula yardımıyla elle 2 dakika karıştırılmıştır. Hazırlanan kek hamurundan 40 g alınarak muffin kek kalıplarına dökülmüş ve önceden ısıtılmış 160 °C sıcaklıktaki bir fırında (Bosch HTB12E428T Midi Fırın, Bosch Sanayi ve Ticaret A.Ş., Maltepe, İstanbul) 35 dakika boyunca pişirilmiştir. Pişen kekler 2 saat süre ile 25 ± 2 °C sıcaklıktaki etüvde (Ecocell 55, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Münih, Almanya) soğumaya bırakılmış, soğuyan kekler hijyenik şartlarda kalıplardan çıkarılmıştır. Pişmiş kontrol kek (KK), %50 çay ekstraktı içeren kek (ÇK50) ve %100 çay ekstraktı içeren kek (ÇK100) örnekleri toplam kalınlığı 9 µm olan PVC streç film ile tek kat olarak paketlenmiştir. Daha sonra MgNO₃ doygun çözeltisi kullanılarak oluşturulan sabit koşullardaki (25 °C sıcaklık ve %50 bağıl nem) cam desikatörlerde 7 gün süre ile muhafaza edilmişlerdir.

Tablo 5.1: Kek üretiminde kullanılan bileşenler ve miktarları.

Bileşenler (g)	Örnek Kodu		
	HKK	HÇK50	HÇK100
Buğday unu	200	200	200
Sükroz	270	270	270
Yumurta sarısı	100	100	100
Yumurta beyazı	200	200	200
Saf su	130	65	0
Çay ekstraktı	0	65	130
Yağsız süt tozu	16	16	16
Ayçiçek yağı	100	100	100
Krem tartar	1	1	1
Hamur Kabartma tozu	10	10	10
Tuz	1	1	1

5.2.4. Kek Hamurunda pH Ölçümü

Her bir kek hamurundan (HKK, HÇK50 ve HÇK100) cam behere 10 g alınarak üzerine 90 ml saf su eklenip, karışım 1 dakika boyunca manyetik karıştırıcı (Heidolph MR Hei-Tec, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Schwabach, Almanya) ile 1500 rpm hızda ve 25 °C sıcaklıkta 10 dakika süreyle karıştırılmıştır. Karışımlar, katı ve sıvı fazı ayırmak için 1 saat boyunca 25 ± 2 °C sıcaklıktaki etüvde (Ecocell 55, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Münih, Almanya) bekletildikten sonra üstte oluşan sıvı fazın pH değerleri dijital pH metre (SevenEasy S20-K, Mettler Toledo, Columbus, OH, ABD) ile üç paralelli olarak ölçülmüştür.

5.2.5. Kek Hamurunda Nem Miktarı Tayini

Kek hamuru örneklerinin (HKK, HÇK50 ve HÇK100) nem miktarları, AACC 44-15.02 metoduna göre belirlenmiştir (AACC, 1999). Hamur örneklerinden 3 g tartılarak darası alınmış cam petri kaplarına konulmuş ve numuneler sabit tartıma gelene kadar 105 °C sıcaklıktaki etüvde (Ecocell 55, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Münih, Almanya) bekletilmiştir. Nem miktarı tayinleri üç paralelli olarak yapılmıştır.

5.2.6. Kek Hamurunda ve Kekte Toplam Fenolik Madde Tayini

Kek hamurlarında (HKK, HÇK50 ve HÇK100) ve pişmiş keklerde (KK, ÇK50 ve ÇK100) TFM miktarını belirlemede Folin-Ciocalteu metodu kullanılmış olup, sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g örnek olarak ifade edilmiştir [Wojdyło et al., 2007]. TFM tayini için öncelikle örneklerden ekstraktlar hazırlanmıştır. Her bir örnekten 1 g alınarak 10 ml hacimce %70'lik su-metanol solüsyonu eklenmiş ve vorteks cihazında (Stuart Vortex Mixer, SA7, Cole-Parmer Instrument Company Ltd., Cambridgeshire, İngiltere) 1 dakika süreyle karıştırılmıştır. Karışım ultrasonik su banyosunda (Bandelin Sonorex RK 31 H, Bandelin Electronic GmbH & Co., Berlin, Almanya) 15 dakika bekletildikten sonra vorteks cihazı ile 1 dakika süreyle tekrar karıştırılmıştır. Elde edilen karışım, 3000 rpm hız ayarında 20 dakika santrifüj (Hettich, Universal 30 RF, Hettich Group, Kirchlingern, Almanya) ile santrifüjlenmiştir. Üstteki berrak kısım cam pastör pipetiyle (ISOLAB Labogerate

GmbH, Eschau, Almanya) kahverengi cam şişelere aktarılmıştır. Santrifüj tüplerinin dibinde kalan çökelti ekstraksiyon prosedürüne göre aynı şekilde bir kez daha ekstraksiyona tabi tutulmuştur.

Kek hamuru ve pişmiş kek örneklerinden elde edilen ekstraktların her birinden 0,5 ml alınmış ve üzerine 0,2 ml hacimce 1:10'luk Folin-Ciocalteu reaktifi ile 2 ml saf su eklenerek, karışım vorteks cihazında (Stuart Vortex Mixer, SA7, Cole-Parmer Instrument Company Ltd., Cambridgeshire, İngiltere) 1 dakika süreyle karıştırılmıştır. Karışım 3 dakika 25 ± 2 °C sıcaklıktaki laboratuvar ortamında bekletildikten sonra karışıma ağırlıkça %10'luk Na_2CO_3 çözeltisinden 1 ml ilave edilmiş ve manyetik karıştırıcı (Heidolph MR Hei-Tec, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Schwabach, Almanya) ile 15 dakika boyunca karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 25 ± 2 °C sıcaklıktaki etüvde (Ecocell 55, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Münih, Almanya) ve karanlık ortamda 1 saat bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda çözeltide oluşan mavi rengin absorbans değeri 760 nm dalga boyunda UV-VIS spektrofotometre (Lambda 35, Perkin Elmer, Shelton, CT, ABD) yardımıyla ölçülmüştür. Analizler üç paralelli olarak yapılmıştır.

5.2.7. Kekte pH Ölçümü

Öğütücüde (Sinbo, SCM 2934, Avcılar, İstanbul) öğütülen pişmiş kek örneklerinden (KK, ÇK50 ve ÇK100) cam beherlere 10 g alınarak üzerine 90 ml saf su eklenip, karışım 1 dakika boyunca manyetik karıştırıcı (Heidolph MR Hei-Tec, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Schwabach, Almanya) ile 1500 rpm hızda ve 25 °C sıcaklıkta 10 dakika süreyle karıştırılmıştır. Karışımlar, katı ve sıvı fazı ayırmak için 1 saat boyunca 25 ± 2 °C sıcaklıktaki etüvde (Ecocell 55, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Münih, Almanya) bekletildikten sonra üstte oluşan sıvı fazın pH değerleri dijital pH metre (SevenEasy S20-K, Mettler Toledo, Columbus, OH, ABD) ile üç paralelli olarak ölçülmüştür.

5.2.8. Kekte Nem Tayini

Pişmiş kek örneklerinin (KK, ÇK50 ve ÇK100) nem miktarları, AACC 44-15.02 metoduna göre belirlenmiştir (AACC, 1999). Öğütücüde (Sinbo, SCM 2934, Avcılar, İstanbul) öğütülen pişmiş kek örneklerinden 3 g tartılarak darası alınmış cam petri

kaplarına konulmuş ve numuneler sabit tartıma gelene kadar 105 °C sıcaklıktaki etüvde (Ecocell 55, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Münih, Almanya) bekletilmiştir. Nem miktarı tayinleri üç paralelli olarak yapılmıştır.

5.2.9. Kekte Pişme Kaybı

Her bir kek hamurunun pişirilmeden önceki ağırlığı ile pişirildikten ve 25 ± 2 °C sıcaklıktaki etüvde 2 saat soğutulduktan sonraki ağırlığı dijital hassas terazi (Mettler Toledo, PB03-S, Columbus, OH, ABD) ile tartılmıştır. Ağırlık kaybı her bir örnek için hamur ağırlığından pişen kekin ağırlığı çıkartılarak hesaplanmıştır. Her bir örnek için pişirme kaybı oranı (%) aşağıdaki eşitliğe göre bulunmuştur:

$$\text{Pişme kaybı (\%)} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (5.1)$$

5.2.10. Kekte Tekstür Analizi

Her bir pişmiş kek (KK, ÇK50 ve ÇK100) örneği keskin ve 3,5 cm çapında ve 1 cm boyunda silindirik bir kesme aparatı kullanılarak kesilmiştir. Kesilen her bir numune tekstür analiz cihazının (Texture Analyzer Model TA Plus, Lloyd Instruments Ltd., Hampshire, İngiltere) 5 cm çapındaki iki silindirik çenesi arasına yerleştirilmiştir. Tekstür analizlerinde 50 N yük hücresi, 50 mm/dakika başlık hızı ve %30 sıkıştırma oranı kullanılmış, Nexygen™ (NexyGen Plus, Lloyd Instruments Ltd., Hampshire, İngiltere) yazılımı kullanılarak kek örneklerinin yapışkanlık, sertlik, sakızimsılık ve elastikiyet değerleri belirlenmiştir. Tekstür analizleri her kek örneği için üç paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

5.2.11. Kekte Hacim Analizi

Her bir pişmiş kek (KK, ÇK50 ve ÇK100) örneğinin hacmi AACC 10–05.01 standardında tarif edilen yer değiştirme metodu kullanılarak ölçülmüştür [AACC, 2010]. Kullanılacak kabın kumpas (Fowler Promax, Newton, MA, ABD) ile ölçümleri alınarak hacmi (V_{kap}) hesaplanmış ve daha sonra içi 1 mm ebatındaki cam boncuklar (Orlab Laboratuvar Market, Balgat, Ankara) ile doldurularak tartılmıştır. Boncukların ağırlığı (M_{boncuk1}), boncuklarla dolu kabın ağırlığından boş kabın ağırlığının

çıkartılması ile bulunmuştur. İçi boncukla doldurulan kabın hacmi boncukların hacmine (V_{boncuk1}) eşit kabul edilmiştir. Ağırlığı ve hacmi belirlenen boncukların öz kütlesi (d_{boncuk}) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$d_{\text{boncuk}} = \frac{M_{\text{boncuk1}}}{V_{\text{boncuk1}}} \quad (5.2)$$

Kalıptan çıkarılan her bir pişmiş kek örneği tartılarak ağırlığı (M_{kek}) bulunmuştur. Daha önceden ağırlığı bilinen bir kap (M_{kap}) içine tartılan kek örneği ile birlikte kabın hacmini tamamen kaplayacak miktarda cam boncuk doldurularak toplam ağırlık (M_{toplam}) hesaplanmıştır. Boncuk ağırlığı (M_{boncuk2}) ve boncuk hacminin (V_{boncuk2}) hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır:

$$M_{\text{boncuk2}} = M_{\text{toplam}} - M_{\text{kek}} - M_{\text{kap}} \quad (5.3)$$

$$V_{\text{boncuk2}} = \frac{M_{\text{boncuk2}}}{d_{\text{boncuk}}} \quad (5.4)$$

Kabın hacminden (V_{kap}) kullanılan boncuk hacmi (V_{boncuk2}) çıkarılarak kek hacmi (V_{kek}) hesaplanmıştır.

$$V_{\text{kek}} = V_{\text{kap}} - V_{\text{boncuk2}} \quad (5.5)$$

Keklerin hamur verimi ve spesifik hacmi aşağıdaki eşitlikler [Kim et al., 2012] yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\text{Kek hamur verimi} = \frac{\text{kek ağırlığı}}{\text{kek hamur ağırlığı}} \times 100 \quad (5.6)$$

$$\text{Spesifik hacim} = \frac{\text{kek hacmi (ml)}}{\text{kek ağırlığı (g)}} \quad (5.7)$$

5.2.12. Kekle Renk Analizi

Pişmiş kek (KK, ÇK50 ve ÇK100) örneklerinin dış ve iç yüzeylerinin renk değerleri renk ölçüm cihazı (Konica Minolta, Sensing Inc., Osaka, Japonya) ile ölçülmüştür. CIE renk uzayına göre $L^* = 0$ (siyah), $L^* = 100$ (beyaz), $-a^*$ (yeşil), $+a^*$ (kırmızı), $-b^*$ (mavi) ve $+b^*$ (sarı) değerlerini ifade etmektedir. Renk ölçümü öncesi cihaz, standart beyaz renk plakası ($Y = 86.6$, $x = 0.3188$, $y = 0.3364$) ile kalibre edilmiştir.

Kek örneklerinin iç ve dış yüzeylerindeki 10 farklı noktadan renk ölçümü yapılmış ve bu ölçümlerin aritmetik ortalaması alınarak renk değerleri hesaplanmıştır. Tüm kek örneklerinde (KK, ÇK50 ve ÇK100) muhafaza süresinin keklerin renk değişimine etkisi, aynı çay ekstraktı içeriğine sahip keklerin, muhafaza öncesi ölçülen renk değerleri (L_{01}^* , a_{01}^* ve b_{01}^*) ile farklı muhafaza sürelerinde ölçülen renk değerleri (L_1^* , a_1^* ve b_1^*) arasındaki renk farklılığı (ΔE_1) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\Delta E_1 = \sqrt{(L_1^* - L_{01}^*)^2 + (a_1^* - a_{01}^*)^2 + (b_1^* - b_{01}^*)^2} \quad (5.8)$$

Kontrol kek örneklerinin renk değerlerine (L_{02}^* , a_{02}^* ve b_{02}^*) kıyasla diğer tüm kek örneklerinin (KK, ÇK50 ve ÇK100) renk değerleri (L_2^* , a_2^* ve b_2^*) farklı muhafaza süreleri ve farklı çay ekstraktı içerikleri göz önüne alınarak oluşan renk değişimi (ΔE_2) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\Delta E_2 = \sqrt{(L_2^* - L_{02}^*)^2 + (a_2^* - a_{02}^*)^2 + (b_2^* - b_{02}^*)^2} \quad (5.9)$$

5.2.13. Kekle Su Aktivitesi Tayini

Her bir pişmiş kek (KK, ÇK50 ve ÇK100) örneğinden 10 g tartılarak örneklerin su aktivitesi su aktivite cihazı (Novasina LabMaster, Novasina AG Ltd., Lachen, İsviçre) ile 25 ± 2 °C sıcaklıkta ölçülmüştür. Su aktivitesi ölçümleri her kek örneği için üç paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

5.2.14. Kekte Mikrobiyolojik Analiz

Her bir pişmiş kek (KK, ÇK50 ve ÇK100) örneğinden aseptik koşullarda 25 ± 1 g hassasiyetle tartılan kek numuneleri steril blender poşetleri (Stomacher 400, Seward Limited, West Sussex, Birleşik Krallık) içerisine konulmuş, üzerlerine otoklavda (Hirayama Hiclave™, HVE-50, Saitama, Japonya) 121 °C sıcaklıkta 15 dakika sterilize edilmiş 225 ml tamponlanmış ağırlıkça %0,1'lik peptonlu su (Peptone water buffer; Merck KgaA, Darmstadt, Almanya) ilave edilerek stomacher cihazında (Lab Blender model 400, Manchester, Birleşik Krallık) 3 dakika süreyle örnekler homojenize edilmiştir. Hazırlanan bu homojenattan yine tamponlanmış ağırlıkça %0,1'lik peptonlu su ile 10^{-4} değerine kadar desimal dilüsyonlar hazırlanmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya-küf analizlerinde ekimler yayma plak yöntemi ile üç paralelli olarak yapılmıştır. İnkübasyondan sonra sayılan koloniler gram başına koloni oluşturan birim (kob/g) cinsinden ifade edilmiştir [Khoshakhlagh et al., 2014].

5.2.14.1. Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri Analizi

Homojenize edilen örneklerden hazırlanan dilüsyonlardan 0,1 ml alınarak Plate Count Agar (PCA, Merck KgaA, Darmstadt, Almanya) besiyerine yayma plak yöntemi uygulanarak üç paralel şekilde ekim yapılmıştır. Ardından örnekler 30 °C sıcaklıkta 72 saat etüvde (Ecocell 55, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Münih, Almanya) inkübasyona bırakılmış ve gelişen koloniler koloni sayıcı (ColonyStar, Funke-Dr. N. Gerber Labortechnik GmbH, Berlin, Almanya) ile sayılmıştır. Sonuçlar log kob/g olarak verilmiştir [Harrigan, 1998].

5.2.14.2. Maya–Küf Analizi

Homojenize edilen örneklerden hazırlanan dilüsyonlardan 0,1 ml alınarak Potato Dextrose Agar (PDA, Merck KgaA, Darmstadt, Almanya) besiyerine yayma plak yöntemi uygulanarak üç paralel şekilde ekim yapılmıştır [Halkman ve Ayhan, 2000]. Ardından örnekler 25 °C sıcaklıkta 5 gün etüvde (Ecocell 55, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, Münih, Almanya) inkübasyona bırakılmış ve gelişen koloniler

koloni sayıcı (ColonyStar, Funke-Dr. N. Gerber Labortechnik GmbH, Berlin, Almanya) ile sayılmıştır. Sonuçlar log kob/g olarak verilmiştir [ISO 2008].

5.2.15. Duyusal Analiz

7 gün boyunca muhafaza edilen her bir pişmiş kek (KK, ÇK50 ve ÇK100) örneğinin duyusal açıdan değerlendirilmesi 18-40 yaşları arasında gıda kalite kontrol alanında eğitilmiş 15 panelist tarafından yapılmıştır. Panelistler, 23 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50 \pm \%5$ bağıl nem ortamındaki bir odada ayrı ayrı bölümlere ayrılmış kabinlerde beyaz floresan ışığı altında pişmiş kek örneklerini iç renk, dış renk, koku, tat, tekstürel (yapısal) özellik ve genel beğeni bakımından 5 puanlık (5 = çok iyi, 4 = iyi, 3 = orta, 2 = kötü, 1 = çok kötü) hedonik derecelendirme ölçeği kullanarak değerlendirmişlerdir.

Her bir kek örneğinden yaklaşık 35 g, rastgele seçilen 3 basamaklı sayılarla kodlanmış tek kullanımlık beyaz tabaklara konularak panelistlere rastgele sunulmuştur. Her bir örneği değerlendirmeden önce panelistlerin ağızlarını çalkalaması için örnekler ile beraber su verilmiştir. Değerlendirilen özelliklerin herhangi biri için 2,5 puanın altında puan alan numuneler duyusal bakımdan olumsuz ve tüketici tarafından istenmeyen özelliklere sahip olarak değerlendirilmiştir [Meilgaard et al., 2015].

5.2.16. İstatiksel analiz

Verilerin istatistiksel analizlerinde Minitab 16 Statistical Software (Minitab Inc., State College, PA, ABD) programı kullanılmış olup, veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve bunu takiben ortalamalar arasındaki farklar Tukey testi ile karşılaştırılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar, p değeri 0,05'ten küçük veya bu değere eşitse, istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

6. BULGULAR

6.1. ay Ekstraktı, Hamur ve Kekin Toplam Fenolik Madde Tayin Sonuçları

Bu çalışmadaki siyah çay ekstraktının TFM miktarı $32,2 \pm 0,13$ mg GAE/g olarak bulunmuştur. Turkmen ve arkadaşları (2006) su ile 100  C sıcaklıkta 10 dakika süreyle ekstrakte ettikleri siyah çay infüzyonunda Folin-Ciocalteu metodu kullanarak yaptıkları analiz sonucunda siyah çay ekstraktının TFM değerini 30,5 mg GAE/g olarak bulmuşlardır. Moraes-de-Souza ve arkadaşları (2008) 100  C sıcaklıkta 10 dakika bekletilen siyah çay infüzyonunun TFM değerini 38 mg GAE/g olarak bulmuştur. Bu değerler çalışmamızda bulunan TFM sonuçları ile paralellik göstermektedir. Diğer yandan, Turkmen ve arkadaşları tarafından yapılan aynı çalışmada hacimce %50 dimetilformamid çözücüsü kullanılarak hazırlanan siyah çay ekstraktlarının TFM değerinin 99,8 mg GAE/g olduğu belirtilmiştir [Turkmen et al., 2006]. Hashemi ve arkadaşları (2017) tarafından yapılan çalışmada hacimce %70 etil alkol ile çözülerek 96 saat oda koşullarında bekletilerek hazırlanan siyah çay ekstraktının TFM değeri 341,8 mg GAE/g olarak bulunmuştur [Hashemi et al., 2017]. Siyah ve yeşil Tunus aylarının fenolik madde içeriklerine demleme süresinin etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, 25, 30 ve 60 dakika süreyle demlenmiş çaylardan aseton kullanılarak ekstraktlar elde edilmiştir. Siyah ay için en yüksek TFM fenolik madde içeriği (953 mg GAE/ml çay) 30 dakika süre ile demlenen çayda tespit edilmiştir [Dihaouadi et al., 2010]. Yapılan çalışmalarda ayın TFM içeriği ile ilgili farklı sonuçlar elde edilmiş olup, bu bulgulara dayanarak, çayın fenolik madde miktarının çayın yetiştiği coğrafi ve iklimsel şartlar ile ekstraksiyon işleminde kullanılan çözücü madde cinsine, çözücü madde konsantrasyonuna ve ekstraksiyon süresine bağlı olarak farklılık gösterdiği görülmektedir.

Hazırlanan kek hamurlarının (HKK, HK50 ve HK100) ve pişmiş kek rneklerinin (KK, K50 ve K100) TFM miktarları Tablo 6.1’de verilmiştir. Kek formülasyonunda kullanılan çay oranının arttırılması, hamurdaki ve pişmiş kekteki TFM miktarını anlamlı ($p \leq 0,05$) şekilde arttırmıştır. Benzer şekilde Zhu ve arkadaşları (2016) Çin’de üretilen geleneksel buharda piřirilmē ekmekler üzerinde yaptıkları çalışmada; ekmek formülasyonlarına siyah çay ekstraktı ilave edilerek ekmeklerin antioksidan özelliklerindeki değişimi incelenmiş ve kontrol grubunun

TFM miktarının (9,4 mg GAE/g) ekmeğe ilave edilen çay konsantrasyonuna bağlı olarak arttığını (24,9 mg GAE/g) belirtmişlerdir [Zhu et al., 2016]. Çeşitli çay tozları kullanılarak hazırlanan keklerin fizikokimyasal ve antioksidan özelliklerinin incelendiği Mau ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan çalışmada da; formülasyondaki kuru madde oranının %30'u kadar siyah çay tozu içeren kekin TFM miktarının (13,24 mg GAE/g) kontrol kekin TFM miktarına (6,53 mg GAE/g) kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmiştir [Mau et al., 2015].

Tablo 6.1: Farklı oranlarda çay ekstraktı içeren kek hamurlarının ve pişmiş keklerin TFM miktarları.

Örnek	TFM (mg GAE/g) ¹
Kek Hamuru	
HKK	4,82 ± 0,19 ^{Aa}
HÇK50	14,15 ± 0,15 ^{Ba}
HÇK100	29,91 ± 0,18 ^{Ca}
Pişmiş Kek	
KK	7,43 ± 0,47 ^{Ab}
ÇK50	18,13 ± 0,73 ^{Bb}
ÇK100	36,20 ± 2,00 ^{Cb}

¹ Ortalama ± standart sapma. Aynı sütunda farklı gruplar içinde aynı harfe sahip (A) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p > 0,05$) anlamlı değildir. Aynı sütunda aynı gruplar içinde farklı harfe sahip (a-c) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır.

Kek hamurlarına (HKK, HÇK50 ve HÇK100) kıyasla tüm pişmiş kek örneklerinin (KK, ÇK50 ve ÇK100) TFM miktarlarının arttığı saptanmıştır. Literatürde yapılan çalışmalarda; ısıtma işlemi sırasında Maillard reaksiyon ürünleri olarak oluşan amino asitler ve indirgen şekerler arasındaki redüktonların ve melanoidinlerin oluşumunun TFM değerinin artmasına katkıda bulunduğu bildirilmektedir [Arlorio et al., 2008], [Coghe et al., 2006], [Prior et al., 2005]. Benzer şekilde, siyah çayda bulunan tein ve polifenol fraksiyonlarının buğday ekmeğinin

antioksidan özelliği üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada; siyah çay polifenoller (kateşinler ve teafavinler) ilave edilen ekmeklerin en yüksek TFM değerine ulaştığı, bununla beraber, Maillard ürünlerinin oluşumunun pişmiş ekmeklerin fenolik madde miktarına katkıda bulunduğu bildirilmektedir [Culetu et al., 2018]. Çalışmalardaki bu bulgulara dayanarak pişmiş kek örneklerinin hamur örneklerine kıyasla TFM değerlerinde artış meydana gelmiş olmasının; pişirme işlemi sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonu ürünlerinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Her bir pişmiş kek (KK, ÇK50 ve ÇK100) örneğinin muhafaza süresi boyunca TFM miktarı belirlenmiş olup, elde edilen sonuçlar Tablo 6.2’de sunulmuştur. Her bir pişmiş kek örneği kendi içinde değerlendirildiğinde TFM miktarının muhafaza süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0,05$) bir değişim göstermediği tespit edilmiştir.

Tablo 6.2: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki fenolik madde içeriği.

Örnek	Muhafaza Süresi (gün)	TFM (mg GAE/g) ¹
KK	0	7,43 ± 0,47 ^{Aa}
ÇK50		18,13 ± 0,53 ^{Ba}
ÇK100		36,20 ± 1,99 ^{Ca}
KK	1	7,54 ± 0,94 ^{Aa}
ÇK50		19,18 ± 1,02 ^{Ba}
ÇK100		36,30 ± 1,23 ^{Ca}
KK	3	7,54 ± 0,71 ^{Aa}
ÇK50		19,15 ± 0,05 ^{Ba}
ÇK100		36,20 ± 0,99 ^{Ca}
KK	5	7,75 ± 0,52 ^{Aa}
ÇK50		19,80 ± 2,99 ^{Ba}
ÇK100		36,18 ± 1,31 ^{Ca}
KK	7	7,84 ± 0,03 ^{Aa}
ÇK50		19,78 ± 0,10 ^{Ba}
ÇK100		35,84 ± 0,71 ^{Ca}

¹ Ortalama ± standart sapma. Aynı sütunda farklı gruplar içinde aynı harfe sahip (a) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p > 0,05$) anlamlı değildir. Aynı sütunda aynı gruplar içinde farklı harfe sahip (A-C) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır.

Çalışmamızda hamur örneklerine kıyasla pişmiş keklerdeki TFM miktarı artışı en fazla %54,15 (4,82-7,43 mg GAE/g) ile KK örneğinde gözlenmiştir. Pişirme işlemi sonrasında çay ekstraktı ilave edilmiş kek örneklerinin TFM içeriğindeki artış; ÇK50 örneğinde %28,13 (14,15-18,13 mg GAE/g) ve ÇK100 örneğinde %21,03 (29,91-36,20 mg GAE/g) oranında gerçekleşmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda; polifenollerin, Maillard reaksiyonunu hızlandıran α -dikarbonil reaktiflerini tuttukları ve Maillard reaksiyonunun oluşumunu negatif yönde etkiledikleri bildirilmiştir [Lund and Ray, 2017], [Wu et al., 2011]. Bu bulgulardan yola çıkarak pişirme işlemi sonrası, kontrol keke (KK) kıyasla çay ilaveli keklerin (ÇK50 ve ÇK100) TFM miktarındaki artışın daha düşük oranda meydana gelmiş olması; çay ekstraktının yapısında bulunan polifenollerin, TFM değerine katkıda bulunan Maillard reaksiyonunu inhibe etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.2. Çay Ekstraktı, Hamur ve Keki pH Analiz Sonuçları

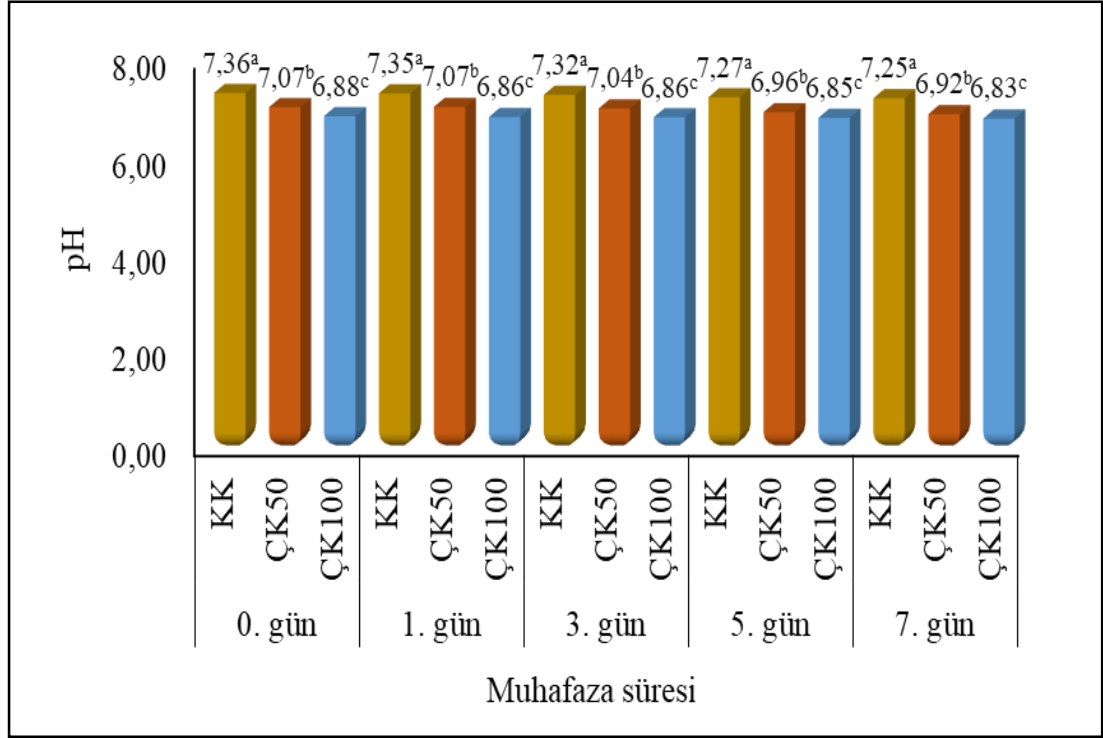
Kullanılan siyah çay ekstraktının pH değeri $4,30 \pm 0,11$ olarak bulunmuştur. Kek hamuru örneklerinin (HKK, HÇK50 ve HÇK100) pH değerleri Tablo 6.3’de verilmiş olup, aralarındaki farkın istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlı olduğu görülmüştür.

Tablo 6.3: Farklı oranlarda çay ekstraktı içeren kek hamurlarının pH değeri.

Örnek	pH ¹
HKK	$7,28 \pm 0,07^A$
HÇK50	$7,02 \pm 0,01^B$
HÇK100	$6,76 \pm 0,04^C$

¹ Ortalama $\pm$ standart sapma. Aynı sütunda farklı harflere sahip (A-C) ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır.

Pişmiş kek örneklerinin (KK, ÇK50 ve ÇK100) başlangıç ve muhafaza süresi boyunca ölçülen pH değerleri Şekil 6.1’de verilmektedir.



Şekil 6.1: Keklerin muhafaza süresi boyunca pH değerleri.

Pişmiş keklerde çay oranı arttıkça pH değerinin azaldığı görülmektedir. pH değerindeki azalma, kek formülasyonunda kullanılan çay ekstraktının saf suya göre daha asidik olması kaynaklıdır. Benzer şekilde, Lee ve Lin (2008) tarafından yapılan çalışmada da siyah çay ile aynı türden (*Camelia sinensis*) olan GABA çayı ile yapılan keklerde çay miktarı arttıkça kek hamurundaki ve pişmiş kekteki pH değerinin düştüğü tespit edilmiştir [Lee and Lin, 2008]. Mau ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan çalışmada da; yeşil ve siyah çay tozlarının farklı oranlarda kullanılması ile hazırlanan keklerin pH değerlerinin kontrol kekin pH değerine (pH=7,59) kıyasla azaldığı belirtilmiş olup, un yerine %10, 20 ve 30 siyah çay içeren keklerin pH değerleri sırasıyla 7,41, 7,32 ve 7,21 olarak bulunmuştur [Mau et al, 2015].

Tüm pişmiş kek örneklerinin başlangıçtaki ortalama pH değeri 7,07 iken 7 günlük muhafaza süresi sonunda ortalama pH değerleri 7,00 olarak tespit edilmiştir. Muhafaza süresince pişmiş kek örneklerinin pH değerlerinde anlamlı ($p > 0,05$) bir farklılık olmadığı görülmüştür. Ertaş ve Çoklar (2008), kek formülasyonuna şeker yerine çeşitli pekmez türlerinin eklenmesinin keklerde pH değerini düşürdüğünü, bu düşüşün nedeninin de pekmezlerin pH değerlerinin (4,58-5,05) kristal şekerin pH değerinden çok daha düşük olmasından kaynaklı olduğunu belirtilmiştir. Ayrıca aynı çalışmada, başlangıç, 7. gün ve 21. gün sonunda ölçülen ortalama pH değerleri

sırasıyla 6,76, 6,54 ve 6,41 olarak bulunmuş olup, muhafaza süresi sonunda keklerin pH değerlerinde belirgin bir azalma meydana gelmediği görülmüştür [Ertaş ve Çoklar, 2008].

6.3. Hamur ve Kekin Nem Miktarları Tayin Sonuçları

Kek hamuru örneklerinin (HKK, HÇK50 ve HÇK100) nem içerikleri Tablo 6.4’de sunulmuştur. Çay oranı arttıkça kek hamurlarının nem içeriğinin anlamlı ($p \leq 0,05$) olarak azaldığı gözlenmiştir.

Tablo 6.4: Farklı oranlarda çay ekstraktı içeren kek hamurlarının nem değerleri.

Örnek ²	Nem Miktarı (%) ¹
HKK	37,61 $\pm$ 0,01 ^A
HÇK50	37,10 $\pm$ 0,02 ^B
HÇK100	36,43 $\pm$ 0,25 ^C

¹ Ortalama $\pm$ standart sapma. Aynı sütunda farklı harflere sahip (A-C) ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır.

Pişmiş kek örneklerinin (KK, ÇK50 ve ÇK100) başlangıç ve muhafaza süresi boyunca ölçülen nem değerleri Tablo 6.5’de verilmiştir. Çay oranı arttıkça keklerin nem içeriğinin anlamlı ($p \leq 0,05$) olarak azaldığı gözlenmiştir. Her bir pişmiş kek örneği kendi içinde değerlendirildiğinde nem değerlerinin muhafaza süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0,05$) bir değişim göstermediği tespit edilmiştir. Lu ve arkadaşları (2010) tarafından farklı oranlarda yeşil çay tozunun eklendiği kekler üzerinde yapılan çalışmada, çay oranı arttıkça kek hamurundaki ve pişmiş kekteki nem oranının azaldığı belirtilmiştir [Lu et al., 2010]. Lee ve Lin (2008) tarafından yapılan çalışmada da; kek formülasyonuna eklenen GABA çayı oranının artırılmasının hem kek hamurunda hem de pişmiş kekte nem oranını azalttığı gözlenmiştir [Lee and Lin, 2008]. Lamdande ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan çalışmada palmiye şekeri kullanılarak üretilen kekler 21 gün süre ile muhafaza edilmiş olup, nem içeriğinde istatistiksel olarak belirgin bir azalma gözlenmemiştir [Lamdande et al., 2018]. Samsudin ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmada muz tozu ilave edilmiş kekler 9 gün muhafaza edilmiş ve muhafaza süresi sonunda keklerin nem içeriğinin

değişmediği belirtilmiştir [Samsudin et al., 2019]. Yapılan bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar çalışmamızda elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir.

Tablo 6.5: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki nem miktarı değerleri.

Örnek	Muhafaza Süresi (gün)	Nem Miktarı (%) ¹
KK	0	35,77 ± 0,11 ^{Aa}
ÇK50		34,11 ± 0,13 ^{Ba}
ÇK100		33,20 ± 0,13 ^{Ca}
KK	1	35,82 ± 0,12 ^{Aa}
ÇK50		33,93 ± 0,13 ^{Ba}
ÇK100		33,07 ± 0,13 ^{Ca}
KK	3	35,22 ± 0,10 ^{Aa}
ÇK50		33,47 ± 0,10 ^{Ba}
ÇK100		32,93 ± 0,13 ^{Ca}
KK	5	35,00 ± 0,12 ^{Aa}
ÇK50		33,08 ± 0,10 ^{Ba}
ÇK100		32,65 ± 0,10 ^{Ca}
KK	7	34,90 ± 0,12 ^{Aa}
ÇK50		32,87 ± 0,12 ^{Ba}
ÇK100		32,40 ± 0,11 ^{Ba}

¹ Ortalama ± standart sapma. Aynı sütunda farklı gruplar içinde aynı harfe sahip (a) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p > 0,05$) anlamlı değildir. Aynı sütunda aynı gruplar içinde farklı harfe sahip (A-C) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır.

6.4. Kekiñ Pişme Kaybı, Spesifik Hacim ve Su Aktivitesi Ölçüm Sonuçları

Pişmiş kek örneklerinin (KK, ÇK50 ve ÇK100) başlangıç ve muhafaza süresi boyunca ölçülen spesifik hacim değerleri Tablo 6.6’de verilmiştir. Çay oranı arttıkça keklerin spesifik hacim değerlerinin anlamlı ($p \leq 0,05$) olarak azaldığı gözlenmiştir. Her bir pişmiş kek örneği kendi içinde değerlendirildiğinde spesifik hacim

değerlerlerinin muhafaza süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0,05$) bir değişim göstermediği tespit edilmiştir.

Tablo 6.6: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki spesifik hacim ve su aktivitesi değerleri.

Örnek	Muhafaza Süresi (gün)	Spesifik Hacim (ml/g) ¹	Su Aktivitesi (a_w) ²
KK	0	3,53 ± 0,45 ^{Aa}	0,918 ± 0,002 ^{Aa}
ÇK50		3,25 ± 0,67 ^{Ba}	0,918 ± 0,001 ^{Aa}
ÇK100		3,06 ± 0,77 ^{Ca}	0,917 ± 0,002 ^{Aa}
KK	1	3,63 ± 1,01 ^{Aa}	0,918 ± 0,000 ^{Aa}
ÇK50		3,30 ± 0,87 ^{Ba}	0,918 ± 0,001 ^{Aa}
ÇK100		3,08 ± 0,93 ^{Ca}	0,917 ± 0,001 ^{Aa}
KK	3	3,50 ± 0,49 ^{Aa}	0,919 ± 0,002 ^{Aa}
ÇK50		3,22 ± 0,68 ^{Ba}	0,918 ± 0,001 ^{Aa}
ÇK100		3,10 ± 0,81 ^{Ca}	0,917 ± 0,002 ^{Aa}
KK	5	3,51 ± 0,77 ^{Aa}	0,920 ± 0,002 ^{Aa}
ÇK50		3,28 ± 0,56 ^{Ba}	0,919 ± 0,002 ^{Aa}
ÇK100		3,04 ± 0,65 ^{Ca}	0,918 ± 0,001 ^{Aa}
KK	7	3,52 ± 0,79 ^{Aa}	0,920 ± 0,001 ^{Aa}
ÇK50		3,26 ± 0,86 ^{Ba}	0,919 ± 0,000 ^{Aa}
ÇK100		3,11 ± 0,54 ^{Ca}	0,918 ± 0,001 ^{Aa}

¹ Ortalama ± standart sapma. Aynı sütunda farklı gruplar içinde aynı harfe sahip (a) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p > 0,05$) anlamlı değildir. Aynı sütunda aynı gruplar içinde farklı harfe sahip (A-C) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır.

² Ortalama ± standart sapma. Aynı sütunda farklı gruplar içinde aynı harfe sahip (a) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p > 0,05$) anlamlı değildir. Aynı sütunda aynı gruplar içinde aynı harfe sahip (A) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p > 0,05$) anlamlı değildir.

Lee ve Lin (2008) tarafından yapılan çalışmada GABA çayının oranının arttırılmasının kekin spesifik hacminde azalma meydana getirdiği gözlenmiştir [Lee

and Lin, 2008]. Lu ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan çalışmada hazırlanan keklerdeki yeşil çay tozu oranı arttıkça spesifik hacmin azaldığı belirtilmiştir [Lu et al., 2010]. Diğer taraftan, Zhu ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan çalışmada; siyah çay ekstraktı ilave edilerek hazırlanan buharda pişirilen geleneksel Çin ekmeğinin spesifik hacim değerlerinde anlamlı bir farklılık oluşmadığı gözlenmiştir [Zhu et al., 2016].

Pişmiş kek örneklerinin (KK, ÇK50 ve ÇK100) başlangıç ve muhafaza süresi boyunca ölçülen su aktivite değerleri Tablo 6.6'de verilmiştir. Çay ekstraktı oranı arttıkça keklerin su aktivite değerlerinde anlamlı ($p > 0,05$) bir farklılık gözlenmemiştir. Her bir pişmiş kek örneği kendi içinde değerlendirildiğinde su aktivite değerlerinin muhafaza süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0,05$) bir değişim göstermediği tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Zhu ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan çalışmada siyah çay ekstraktı ilave edilerek hazırlanan geleneksel Çin ekmeğinin a_w değerlerinde bir farklılık oluşmadığı gözlenmiştir [Zhu et al., 2016]. Lu ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan çalışmada farklı oranlarda yeşil çay tozu eklenerek hazırlanan keklerin a_w değerlerinde (0,907-0,906) belirgin bir değişiklik olmadığını belirtilmiştir [Lu et al., 2010].

Pişmiş kek örneklerinin (KK, ÇK50 ve ÇK100) pişme kaybı değerleri Tablo 6.7'de verilmiştir. Çay oranı arttıkça keklerin pişme kaybı değerlerinin anlamlı ($p \leq 0,05$) olarak azaldığı belirlenmiştir. Çay ekstraktı içeren kek örnekleri (ÇK 50 ve ÇK100) kendi aralarında karşılaştırıldığında ise pişme kaybı değerlerinde anlamlı ($p > 0,05$) bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlardan farklı olarak Lee ve Choi (2016) siyah çay tozu ilavesinin keklerde ölçülen pişme kaybını arttırdığını rapor etmişlerdir [Lee and Choi, 2016].

Tablo 6.7: Farklı oranında çay ekstraktı içeren keklerin pişme kaybı değerleri.

Örnek	Pişme Kaybı (%) ¹
KK	16,50 $\pm$ 0,06 ^A
ÇK50	15,39 $\pm$ 0,05 ^{AB}
ÇK100	14,84 $\pm$ 0,04 ^B

¹ Ortalama $\pm$ standart sapma. Aynı sütunda farklı harflere sahip (A-B) ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır.

6.5. Kekin Tekstür Analiz Sonuçları

Pişmiş kek örneklerinin (KK, ÇK50 ve ÇK100) başlangıç ve muhafaza süresi boyunca ölçülen sertlik, elastikiyet, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri Tablo 6.8’de verilmiştir.

Tablo 6.8: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki tekstür analizi sonuçları.

Örnek	Muhafaza Süresi (gün)	Tekstürel özellikler ¹			
		Sertlik(N)	Yapışkanlık	Sakızımsılık	Elastikiyet
KK		0,28 ± 0,06 ^{Ad}	3,04 ± 0,24 ^{Aa}	0,11 ± 0,04 ^{Ad}	0,77 ± 0,14 ^{Ad}
ÇK50	0	0,33 ± 0,08 ^{Bd}	2,29 ± 0,48 ^{Aa}	0,15 ± 0,07 ^{Bb}	0,73 ± 0,07 ^{Bd}
ÇK100		0,50 ± 0,10 ^{Cc}	2,02 ± 0,56 ^{Aa}	0,25 ± 0,03 ^{Cb}	0,66 ± 0,10 ^{Cb}
KK		0,32 ± 0,11 ^{Ad}	2,59 ± 0,28 ^{Ab}	0,13 ± 0,04 ^{Ad}	0,75 ± 0,08 ^{Ad}
ÇK50	1	0,37 ± 0,09 ^{Bcd}	2,09 ± 0,34 ^{Aa}	0,18 ± 0,05 ^{Bb}	0,72 ± 0,05 ^{Bcd}
ÇK100		0,57 ± 0,07 ^{Ccd}	2,03 ± 0,37 ^{Aa}	0,27 ± 0,03 ^{Cb}	0,65 ± 0,07 ^{Cb}
KK		0,50 ± 0,05 ^{ABc}	2,06 ± 0,40 ^{Ac}	0,25 ± 0,05 ^{ABc}	0,70 ± 0,08 ^{Ac}
ÇK50	3	0,43 ± 0,12 ^{Bbc}	2,09 ± 0,32 ^{Aa}	0,21 ± 0,05 ^{Bb}	0,71 ± 0,06 ^{Bc}
ÇK100		0,61 ± 0,09 ^{Ac}	2,05 ± 0,33 ^{Aa}	0,30 ± 0,07 ^{Ab}	0,65 ± 0,10 ^{Cb}
KK		0,73 ± 0,13 ^{Ab}	1,97 ± 0,27 ^{Accd}	0,30 ± 0,04 ^{Ab}	0,66 ± 0,06 ^{Ab}
ÇK50	5	0,54 ± 0,09 ^{Bab}	1,85 ± 0,25 ^{Aab}	0,30 ± 0,04 ^{Aa}	0,68 ± 0,07 ^{Bb}
ÇK100		0,78 ± 0,09 ^{Ab}	1,96 ± 0,30 ^{Ab}	0,41 ± 0,05 ^{Aa}	0,64 ± 0,10 ^{Cab}
KK		1,01 ± 0,06 ^{Aa}	1,82 ± 0,31 ^{Ad}	0,36 ± 0,07 ^{Aa}	0,61 ± 0,05 ^{Aa}
ÇK50	7	0,63 ± 0,10 ^{Ba}	2,04 ± 0,26 ^{Ba}	0,31 ± 0,09 ^{Ba}	0,66 ± 0,08 ^{Ba}
ÇK100		0,94 ± 0,08 ^{Aa}	1,98 ± 0,29 ^{Cb}	0,43 ± 0,09 ^{Ca}	0,63 ± 0,11 ^{Aa}

¹ Ortalama ± standart sapma. Aynı sütunda farklı gruplar içinde farklı harfe sahip (a-d) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır. Aynı sütunda aynı gruplar içinde farklı harfe sahip (A-C) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır.

Elde edilen sonuçlara göre, çay ekstraktı oranı arttıkça istatistiki olarak anlamlı ($p \leq 0,05$) şekilde keklerin sertlik ve sakızimsılık değerlerinin arttığı; yapışkanlık ve elastikiyet değerlerini ise azaldığı görülmüştür. Benzer şekilde, literatürde yapılan çalışmalarda da kek formülasyonunda çay kullanılmasının kekin sertlik değerini arttırdığı belirtilmektedir [Lu et al., 2010], [Lee and Choi, 2016].

Her bir pişmiş kek örneği kendi içinde değerlendirildiğinde tekstür özelliklerinin (sertlik, yapışkanlık, sakızimsılık ve elastikiyet) muhafaza süresi boyunca istatistiksel olarak anlamlı ($p \leq 0,05$) şekilde değiştiği tespit edilmiştir. Muhafaza süresi boyunca pişmiş keklerin sertlik ve sakızimsılık değerleri artarken; elastikiyet ve yapışkanlık değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Başlangıç ve 7 günlük muhafaza süresi sonunda; sırasıyla kontrol kekin (KK) sertliği 0,28-1,01 N, %50 çay ekstraktı içeren kekin (ÇK50) sertliği 0,33-0,63 N ve %100 çay ekstraktı içeren kekin (ÇK100) sertliği 0,50-0,94 N olarak ölçülmüştür. Muhafaza süresi boyunca keklerin sertlik değerlerinde meydana gelen artışın nişasta retrogradasyonu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Nişasta retrogradasyonu sonucu; kekin temel bileşeni olan unun içeriğinde bulunan nişastanın yapı taşları olan amiloz ile amilopektin muhafaza süresince kristalleşmekte ve buna bağlı olarak kekin organoleptik ve tekstürel özelliklerinde azalma olduğu bildirilmiştir [Zhu and Wang, 2013]. Segundo ve arkadaşları (2017) yeşil muzdan elde edilen diyet lifleri kullanılarak ürettikleri keklerin sertliklerindeki artışı nişasta retrogradasyonu ile ilişkilendirmişlerdir [Segundo et al., 2017]. Lin ve Lee (2005) tarafından yapılan çalışmada da; hazırlanan kekler 5 °C sıcaklıkta 7 gün ve 25 °C sıcaklıkta 3 gün süre ile muhafaza edilmiş ve muhafaza süresince keklerin sertlik değerlerinde meydana gelen artışın nişasta retrogradasyonundan kaynaklandığı belirtilmiştir [Lin and Lee, 2005].

Yapılan çalışmada çay ekstraktı içeren keklerin sertlik değerleri, kontrol kekin sertlik değerine kıyasla yüksek iken muhafaza süresince kontrol kekin sertlik değerindeki artışın çay ekstraktı içeren keklerin sertlik değerlerindeki artışa kıyasla daha fazla olduğu ve kek formülasyonuna çay ekstraktı ilave edilmesinin muhafaza süresince kekin sertlik değerinde meydana gelen artışı yavaşlattığı görülmüştür. Benzer şekilde, Xiao ve arkadaşları (2012) çeşitli bitki kaynaklı nişastaların retrogradasyonuna karşı siyah çay polifenol ekstraktlarının etkisini incelemişler ve pirinç ile mısır nişastasının retrogradasyonunda siyah çay polifenol ekstraktının inhibe edici özellik gösterdiğini saptamışlardır [Xiao et al, 2012]. Jalil ve arkadaşları (2015) beta gluklan ve siyah çay kombinasyonunun ekmek yapısında meydana gelen nişasta

retrogradasyonunu önleyici etki yarattığını tespit etmişlerdir [Jalil et al., 2015]. Siyah çayda bulunan tein ve polifenol fraksiyonlarının buğday ekmeğinin tekstür özellikleri üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada; fraksiyon içeren ekmeklerin kontrol grubundan daha sert yapıda olduğu, tüm ekmekler için sertlik değerlerinin muhafaza süresince kademeli olarak artış gösterdiği, bununla beraber kontrol ve çay fraksiyonları içeren ekmeklerin sertlikleri arasındaki farkın muhafaza süresinin 4. gününde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir [Culetu et al., 2018]. Nişasta ve fenolik bileşik etkileşimleri spesifik enzimleri etkileyerek nişasta hidrolizinin azalmasına yol açmaktadır [Zhu and Wang, 2013]. Buna bağlı olarak yaptığımız çalışmada; kullanılan çay ekstraktının fenolik özelliğinden dolayı muhafaza süresince kekte meydana gelen nişasta retrogradasyonunu geciktirici etki gösterdiği ve retrogradasyon kaynaklı sert yapı oluşumunu azalttığı düşünülmektedir.

6.6. Kek Ürünlerinin Renk Analiz Sonuçları

Pişmiş kek örneklerinin (KK, ÇK50 ve ÇK100) başlangıç ve muhafaza süresi boyunca iç kısmına ait renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) Tablo 6.9’da, dış kısmına ait renk değerleri Tablo 6.10’da verilmiştir. Keklerin iç renk ölçüm sonuçları incelendiğinde; kek içeriğindeki çay ekstraktı oranı arttıkça L^* ve b^* değerleri azalırken, a^* değerinin anlamlı ($p \leq 0,05$) olarak arttığı görülmüştür. Siyah çay ekstraktının kırmızı rengi ile ilişkili kontrol keke (KK) kıyasla çay ekstraktı ileve edilen keklerde (ÇK50 ve ÇK100) daha koyu ve daha kırmızı iç renk oluştuğu gözlenmiştir. Siyah çayda bulunan tein ve polifenol fraksiyonlarının buğday ekmeğinin özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, polifenol fraksiyonları eklenen ekmeklerin iç renk değerleri ölçüldüğünde, L^* ve b^* değerlerinin azaldığı, a^* değerlerinin ise arttığı tespit edilmiştir [Culetu et al., 2018]. Bu çalışma, tez çalışmamızda elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Her bir pişmiş kek örneğinin iç renkleri kendi içinde değerlendirildiğinde muhafaza süresi boyunca L^* değerlerinin anlamlı ($p \leq 0,05$) olarak azaldığı, b^* değerlerinin anlamlı ($p \leq 0,05$) olarak arttığı ve a^* değerlerinde ise istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0,05$) bir değişiklik olmadığı görülmüştür.

Tablo 6.9: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki iç renk değerleri.

Örnek	Muhafaza süresi (gün)	Renk değerleri ¹				
		L*	a*	b*	ΔE_1	ΔE_2
KK		81,25 $\pm$ 2,78 ^{Aa}	-1,09 $\pm$ 0,28 ^{Aa}	22,60 $\pm$ 1,96 ^{Ae}	-	-
ÇK50	0	62,51 $\pm$ 2,19 ^{Ba}	4,79 $\pm$ 0,27 ^{Ba}	21,09 $\pm$ 0,77 ^{Bc}	-	19,70
ÇK100		53,78 $\pm$ 2,22 ^{Ca}	6,47 $\pm$ 0,24 ^{Ca}	23,91 $\pm$ 0,76 ^{Cc}	-	28,52
KK		76,92 $\pm$ 1,27 ^{Ab}	-1,13 $\pm$ 0,34 ^{Aa}	27,30 $\pm$ 0,72 ^{Ad}	6,39	6,39
ÇK50	1	60,16 $\pm$ 1,53 ^{Ba}	4,21 $\pm$ 0,16 ^{Ba}	26,21 $\pm$ 0,62 ^{Ba}	5,66	22,04
ÇK100		56,84 $\pm$ 0,98 ^{Ca}	5,96 $\pm$ 0,19 ^{Ca}	26,20 $\pm$ 0,25 ^{Ba}	3,86	25,66
KK		76,00 $\pm$ 1,95 ^{Ab}	-1,16 $\pm$ 0,14 ^{Aa}	29,18 $\pm$ 0,97 ^{Ac}	8,42	8,42
ÇK50	3	59,31 $\pm$ 1,06 ^{Ba}	4,17 $\pm$ 0,18 ^{Ba}	26,19 $\pm$ 0,47 ^{Ba}	6,05	22,85
ÇK100		55,40 $\pm$ 1,07 ^{Ca}	5,93 $\pm$ 0,24 ^{Ca}	26,18 $\pm$ 0,76 ^{Ba}	2,84	27,02
KK		72,35 $\pm$ 1,77 ^{Ac}	-1,19 $\pm$ 0,22 ^{Aa}	34,87 $\pm$ 1,48 ^{Ab}	15,16	15,16
ÇK50	5	60,19 $\pm$ 2,12 ^{Ba}	3,95 $\pm$ 0,22 ^{Ba}	24,43 $\pm$ 0,31 ^{Bb}	4,15	21,73
ÇK100		51,96 $\pm$ 2,49 ^{Cb}	5,81 $\pm$ 0,33 ^{Ca}	25,65 $\pm$ 1,33 ^{Bb}	2,60	30,25
KK		73,44 $\pm$ 0,94 ^{Ac}	-0,19 $\pm$ 0,09 ^{Aa}	37,99 $\pm$ 0,89 ^{Aa}	17,28	17,28
ÇK50	7	58,27 $\pm$ 1,61 ^{Ba}	4,63 $\pm$ 0,22 ^{Ba}	25,09 $\pm$ 0,42 ^{Bb}	5,83	23,81
ÇK100		52,11 $\pm$ 1,36 ^{Cb}	5,76 $\pm$ 0,46 ^{Ca}	25,75 $\pm$ 0,36 ^{Bb}	2,58	30,10

¹ Ortalama $\pm$ standart sapma. Aynı sütunda farklı gruplar içinde farklı harfe sahip (a-d) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır. Aynı sütunda aynı gruplar içinde farklı harfe sahip (A-C) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır.

ΔE_1 Aynı çay konsatrasyonuna sahip keklerin başlangıç renk değerlerine kıyasla muhafaza süresince renk değerlerinde meydana gelen değişimi gösterir.

ΔE_2 Başlangıçta ölçülen kontrol kek örneğine kıyasla tüm kek örneklerinin renk değerlerinde muhafaza süresi boyunca meydana gelen renk değişimini gösterir.

Keklerin kabuk renk ölçüm sonuçları incelendiğinde; çay ekstraktı oranı arttıkça L* değerinin anlamlı ($p \leq 0,05$) olarak azaldığı, a* değerlerinin anlamlı ($p \leq 0,05$) olarak arttığı, b* değerinde ise anlamlı ($p > 0,05$) bir farklılık oluşmadığı görülmüştür. Siyah çay ekstraktının kırmızı rengi ile ilişkili olarak artan çay ekstraktı ilavesi ile

keklerin kabuk renginin daha koyu ve kırmızı olduğu gözlenmiştir. Muhafaza süresince tüm kek örneklerinin kabuk renklerinin L*, a* ve b* değerinde anlamlı ($p > 0,05$) değişim meydana gelmemiştir.

Tablo 6.10: Keklerin farklı muhafaza sürelerindeki kabuk rengi değerleri.

Örnek	Muhafaza süresi (gün)	Renk değerleri ¹				
		L*	a*	b*	ΔE_1	ΔE_2
KK	0	49,97 $\pm$ 2,29 ^{Aa}	17,25 $\pm$ 0,60 ^{Aa}	35,50 $\pm$ 1,98 ^{Aa}	0,00	0,00
ÇK50		47,67 $\pm$ 2,33 ^{Ba}	19,19 $\pm$ 1,34 ^{Ba}	34,17 $\pm$ 1,84 ^{Aa}	0,00	3,29
ÇK100		42,84 $\pm$ 2,05 ^{Ca}	20,57 $\pm$ 1,56 ^{Ca}	33,36 $\pm$ 2,45 ^{Aa}	0,00	8,15
KK	1	48,39 $\pm$ 2,39 ^{Aa}	17,18 $\pm$ 0,65 ^{Aa}	34,72 $\pm$ 1,77 ^{Aa}	1,76	1,76
ÇK50		46,87 $\pm$ 1,27 ^{Ba}	19,08 $\pm$ 1,38 ^{Ba}	34,10 $\pm$ 1,96 ^{Aa}	0,81	3,86
ÇK100		42,17 $\pm$ 2,32 ^{Ca}	20,25 $\pm$ 1,66 ^{Ca}	33,50 $\pm$ 3,05 ^{Aa}	0,76	8,59
KK	3	47,69 $\pm$ 2,39 ^{Aa}	17,17 $\pm$ 0,78 ^{Aa}	33,91 $\pm$ 1,42 ^{Aa}	2,78	2,78
ÇK50		45,87 $\pm$ 1,27 ^{Ba}	19,09 $\pm$ 1,69 ^{Ba}	32,90 $\pm$ 1,31 ^{Aa}	2,21	5,19
ÇK100		41,58 $\pm$ 2,32 ^{Ca}	19,99 $\pm$ 1,06 ^{Ba}	31,96 $\pm$ 3,39 ^{Aa}	1,97	9,51
KK	5	46,53 $\pm$ 2,53 ^{Aa}	17,09 $\pm$ 2,32 ^{Aa}	33,67 $\pm$ 2,53 ^{Aa}	3,90	3,90
ÇK50		45,88 $\pm$ 2,49 ^{Ba}	19,04 $\pm$ 1,81 ^{Ba}	32,27 $\pm$ 2,49 ^{Aa}	2,61	5,51
ÇK100		40,66 $\pm$ 2,21 ^{Ca}	20,67 $\pm$ 1,69 ^{Ba}	30,75 $\pm$ 2,33 ^{Aa}	3,40	11,00
KK	7	45,55 $\pm$ 2,45 ^{Aa}	17,05 $\pm$ 2,71 ^{Aa}	33,44 $\pm$ 2,57 ^{Aa}	4,88	4,88
ÇK50		43,88 $\pm$ 2,30 ^{Ba}	18,94 $\pm$ 0,94 ^{Ba}	32,10 $\pm$ 2,37 ^{Aa}	4,33	7,18
ÇK100		40,51 $\pm$ 2,45 ^{Ca}	19,87 $\pm$ 2,34 ^{Ba}	30,32 $\pm$ 1,26 ^{Aa}	3,89	11,10

¹ Ortalama $\pm$ standart sapma. Aynı sütunda farklı gruplar içinde aynı harfe sahip (a) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p > 0,05$) anlamlı değildir. Aynı sütunda aynı gruplar içinde farklı harfe sahip (A-C) olan ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır. ΔE_1 Aynı çay konsantrasyonuna sahip keklerin başlangıç renk değerlerine kıyasla muhafaza süresince renk değerlerinde meydana gelen değişimi gösterir.

ΔE_2 Başlangıçta ölçülen kontrol kek örneğine kıyasla tüm kek örneklerinin renk değerlerinde muhafaza süresi boyunca meydana gelen renk değişimini gösterir.

Un yerine belli oranlarda (%10, 20 ve 30) yeşil çay tozu eklenerek yapılan çalışmada keklerin kabuk renginin; yeşil çay tozu miktarı arttıkça koyulaştığı gözlenmiştir [Lu et al., 2010]. Yeşil çay tozu ilaveli keklerdeki bu renk değişiminin oksidasyon reaksiyonuna uğrayan çay pigmentlerinden ve kekin pişmesi sırasında yapısında bulan sükrozun karamelizasyona uğramasından kaynaklı olabileceği belirtilmiştir [Lu et al., 2010]. Ronda ve arkadaşları (2005) tarafından şeker alkollerinin ve sindirilmeyen oligosakkaritlerin şeker içermeyen kek kalitesi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada; sükroz içeren kek örneklerinde kabuk kısımlarının daha yüksek sıcaklığa maruz kalmasından dolayı ve Maillard reaksiyonunun etkisiyle kekin kabuk kısmının L* değerinin iç kısmının L* değerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir [Ronda et al., 2005].

6.7. Kek Ürünlerinin Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Pişmiş kek örneklerinin (KK, ÇK50 ve ÇK100) başlangıç ve muhafaza süresi boyunca ölçülen toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) ve maya-küf sayıları Tablo 6.11’de sunulmuştur.

Muhafaza süresinin 5. gününde hem kontrol (KK) hem de çay ekstraktı içeren kek örneklerindeki (ÇK50 ve ÇK100) TMAB sayısı TS 13375 Kek Standardında TMAB sayısı için verilen bozulma başlangıç değeri olan 4 log kob/g değerinin [TSE, 2008] altında olup, 5 günlük muhafaza sonunda TMAB sayısı KK için 3,82 log kob/g, ÇK50 için 3,22 log kob/g ve ÇK100 için 3,23 log kob/g olarak bulunmuştur. Çay ilaveli keklerdeki mikrobiyal yük sayısı kontrol keke kıyasla daha düşük bulunmuştur. Benzer şekilde 1 ve 3 günlük muhafaza sürelerinin sonunda da kontrol kekteki mikrobiyal gelişimin çay ilaveli keklere kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür. 7 günlük muhafaza sonunda ise tüm kek örnekleri için TMAB sayısı TS 13375 Kek Standardı’nda belirtilen bozulma başlangıç değerinin (4 log kob/g) üzerine çıkmıştır.

7 günlük muhafaza sonunda; maya-küf sayısı KK’da 6,29 log kob/g, ÇK50’de 4,20 log kob/g ve ÇK100’de 3,34 log kob/g olarak bulunmuştur. KK’da maya-küf gelişimi çay ilaveli keklere (ÇK50 ve ÇK100) kıyasla daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Çalışmada 7 günlük muhafaza süresi sonunda mikrobiyal yük artışı 4 log kob/g üzerine çıktığı ve duyu analizdeki kabul edilebilirlik düzeyi önemli ölçüde azaldığı için keklerin raf ömrü 7. günde sona ermiştir.

Tablo 6.11: Keklerin farklı muhafaza sürelerinde ölçülen toplam mezofil bakteri (TMAB) ve maya-küf sayıları [$\log_{10}$ (kob/g)].¹

Örnek	Muhafaza Süresi (gün)	Toplam Mezofilik Bakteri Sayısı	Maya-Küf Sayısı
KK		-	-
ÇK50	0	-	-
ÇK100		-	-
KK		$1,22 \pm 0,16^a$	<1
ÇK50	1	<1	-
ÇK100		<1	-
KK		$2,30 \pm 0,13^b$	<1
ÇK50	3	$1,51 \pm 0,12^a$	<1
ÇK100		<1	<1
KK		$3,82 \pm 0,11^c$	$2,30 \pm 0,13^a$
ÇK50	5	$3,22 \pm 0,14^d$	$2,00 \pm 0,07^a$
ÇK100		$3,23 \pm 0,09^d$	$1,26 \pm 0,16^b$
KK		>4	$6,29 \pm 0,15^c$
ÇK50	7	>4	$4,20 \pm 0,10^{cd}$
ÇK100		>4	$3,34 \pm 0,12^d$

¹ Ortalama $\pm$ standart sapma. Aynı sütunda farklı harflere sahip (a-d) ortalama değerler arasındaki fark istatistiki olarak ($p \leq 0,05$) anlamlıdır.

Çay ekstraktının antimikrobiyal özelliğe sahip olduğu ile ilgili literatürde birçok çalışma mevcuttur [Mbata et al., 2008], [Sakanaka et al., 2000], [Bandyopadhyay et al., 2005], [Taylor et al., 2005], [Mbuthia et al., 2014]. Çay ekstraktı ilaveli keklerden alınarak hazırlanan dilüsyonların besiyerindeki inhibitör etkisinin kontrol keklerden alınarak hazırlanan dilüsyonlara kıyasla istatistiki olarak anlamlı ($p \leq 0,05$) seviyede fazla olduğu görülmüştür.

Hayrapetyan ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan bir çalışmada; fenolik bileşenlerin, enzimleri inhibe edip mikroorganizmaların substratları olan vitamin, mineral ve karbonhidratları da bağlayarak hücre zarının geçirgenliğini bozduğunu ve

bu şekilde antimikrobiyal etki gösterdiğini belirtmişlerdir [Hayrapetyan et al., 2012]. Benzer şekilde, Scalbert (1991) çayın içeriğinde bulunan ve bir polifenolik bileşik olan tein üzerine yaptığı çalışmada; çay polifenollerinin, hücre dışı mikrobiyal enzimleri inhibe ederek, mikrobiyal büyüme için gerekli olan substratlardan bakteriyi yoksun bırakarak veya oksidatif fosforilasyonun (enerji kaynağı sentezi) inhibisyonu yoluyla mikrobiyal metabolizma üzerinde doğrudan etki göstererek mikrobiyal bozulmayı geciktirdiğini bildirmiştir [Scalbert et al, 1991].

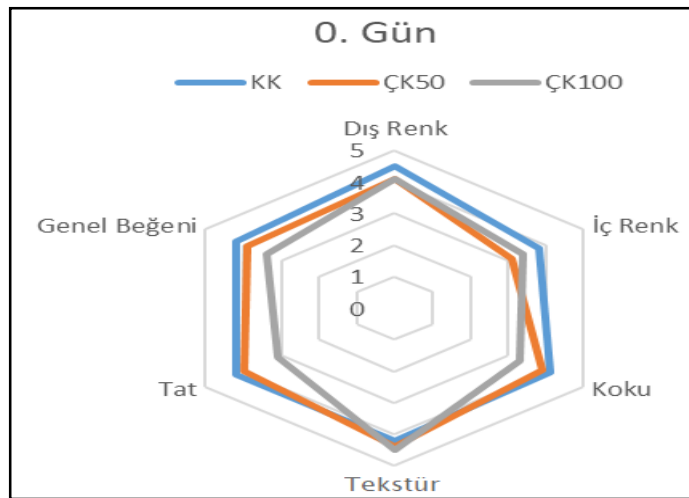
Buğday ekmeğinde formülasyondaki suyun yerine %50 ve %100 oranında siyah çayın içeriğinde bulunan tein ve polifenol fraksiyonlarının yer değiştirmesi ile üretilen ekmeğin raf ömrünün incelendiği çalışmada; paketlenerek 8 gün muhafaza edilen ekmeğin örneklerinde muhafaza süresi boyunca gözle görünür küf oluşumu meydana geldiği ve polifenol ilavesinin Gram-pozitif bakterileri inhibe ederken, *Escherichia coli* bakterilerinin sadece tein fraksiyonu ile inhibe edildiği bildirilmiştir. Tein fraksiyonunun eklenmesinin kontrol grubu ekmeğe kıyasla raf ömrünü 1 gün uzattığı tespit edilmiştir [Culetu et al., 2018]. Zhu ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan çalışmada; siyah çay ilavesinin ekmeğin su aktivitesinde kayda değer bir değişiklik meydana getirmemesine karşın, küf oluşumunu eklenen çay konsantrasyonuna bağlı olarak azalttığı gözlenmiştir [Zhu et al. 2016]. Yaptığımız çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş olup, çay ekstraktı ilavesi su aktivitesi üzerinde belirgin bir etki göstermezken mikrobiyal gelişimi yavaşlatmıştır. Buradan yola çıkarak su aktivitesinin mikrobiyal bozulmayı tahmin etmek için tek parametre olmadığı söylenebilir.

Lee ve Lin (2008) tarafından yapılan çalışmada da; kontrol kek ve un yerine %20 oranında GABA çayı eklenerek hazırlanan kek örnekleri 25 °C sıcaklıkta 3 gün süre ile muhafaza edilmiş ve çay ilaveli keklerin toplam bakteri sayısı 2,95 log kob/g olarak ölçülürken, kontrol keklerde bu değer 5,86 log kob/g olarak belirlenmiş olup, kontrol keklerde küf oluşumu gözlenmiştir [Lee ve Lin, 2008]. Yüksek miktarda ester-kateşin içeren çay tozlarının kekin raf ömrüne etkisinin incelendiği başka bir çalışmada; un yerine farklı oranlarda çay tozu kullanılarak hazırlanan kekler ve kontrol kek örnekleri 3 gün süre ile 25 ± 2 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiş, çay tozu içeren keklere kıyasla kontrol keklerde daha hızlı mikrobiyal gelişim gözlemlendiği bildirilmiştir [Xiao et al., 2012].

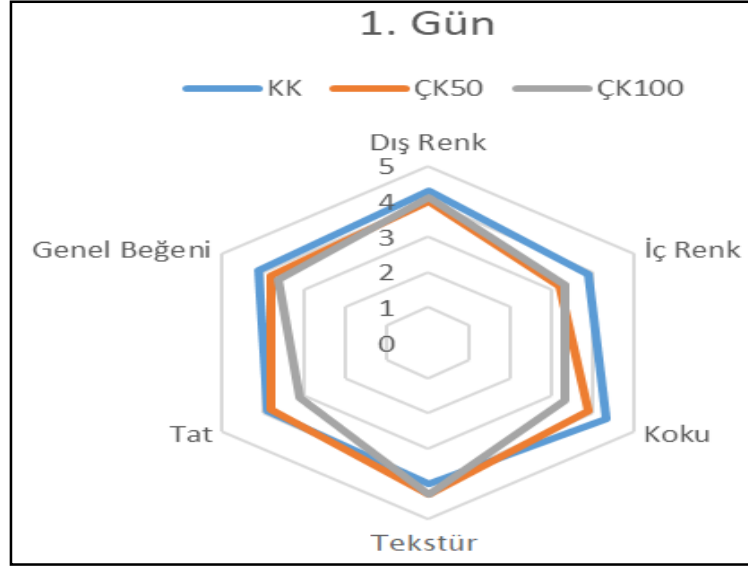
6.8. Kek Ürünlerinde Duyusal Analiz Sonuçları

Pişmiş kek örneklerinde (KK, ÇK50 ve ÇK100) başlangıç ve muhafaza süresi boyunca yapılan duyusal analizlere ait sonuçlar aşağıda sunulmuştur (Şekil 6.2- 6.6). Panelistler tarafından yapılan değerlendirmede; başlangıçta (0. gün) ÇK50 örneği renk hariç 5 puanlık hedonik derecelendirme ölçeğinde ortalama 4,70 puan almıştır. ÇK50 ve ÇK100 arasında renk açısından panelistler tarafından belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Genel kabul edilebilirlik bakımından en düşük puanı tamamen çay ekstraktı içeren kek örnekleri (ÇK100) alırken, KK ve ÇK50 örnekleri arasında genel kabul edilebilirlik puanları açısından panelistlerce belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Buna bağlı olarak formülasyonda su yerine tamamen çay ekstraktı kullanılmasının tat ve genel beğeni üzerinde olumsuz bir etki yarattığı görülmüştür.

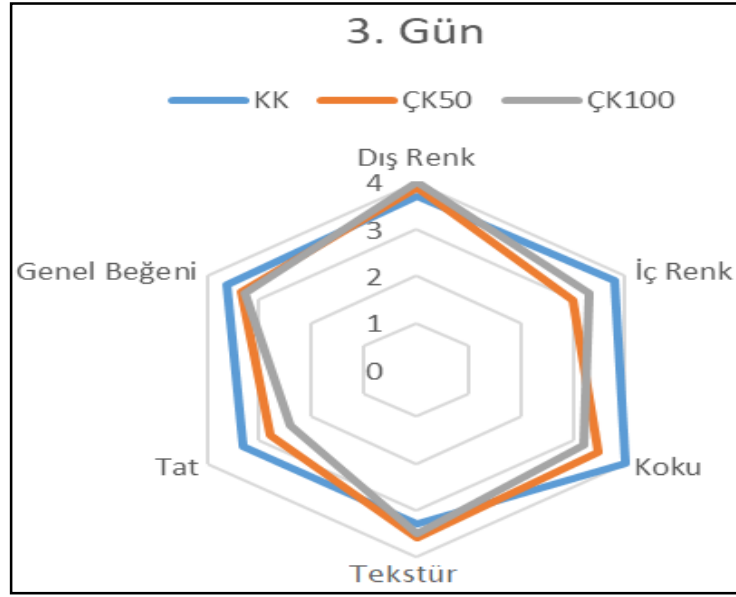
Muhafaza süresi arttıkça tekstür, tat ve genel beğeni düzeyinde belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. Tüm kek örneklerinin gün bazında kendi içinde genel beğeni, tat ve tekstür özellikleri karşılaştırıldığında 0-3. günlerde bu özelliklerde belirgin bir farklılık görülmezken, 5 ve 7. günlerde bu özelliklerin negatif yönde değiştiği görülmüştür. Panelistler tarafından yapılan değerlendirmede, muhafaza süresi boyunca keklerin renk ve koku özelliklerinde tüm kekler için belirgin bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarının genel bir değerlendirmesi yapıldığında, kek örneklerine su yerine %50 oranında çay ekstraktı ilave edilen keklerin genel beğeni bakımından 5 gün süre ile panelistler tarafından kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir.



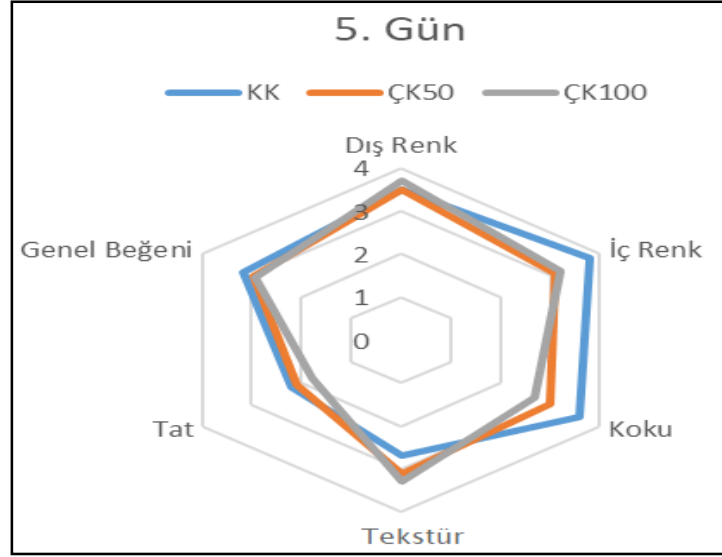
Şekil 6.2: Keklerin muhafaza başlangıcındaki duyusal analiz sonuçları.



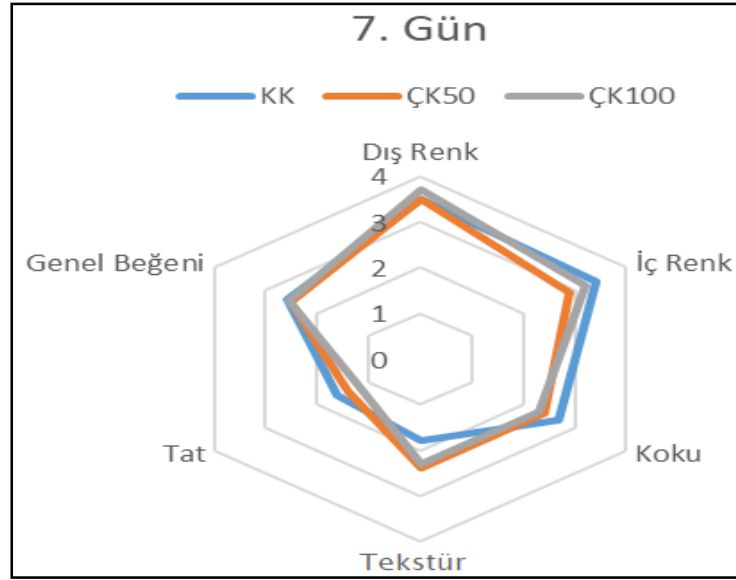
Şekil 6.3: Muhafazanın 1. gününde keklerin duyusal analiz sonuçları.



Şekil 6.4: Muhafazanın 3. gününde keklerin duyusal analiz sonuçları.



Şekil 6.5: Muhafazanın 5. gününde keklerin duyu analizi sonuçları.



Şekil 6.6: Muhafazanın 7. gününde keklerin duyu analizi sonuçları.

7. SONUÇLAR

Yapılan bu tez çalışmasında, çay oranı arttıkça hamur ve pişmiş kekin fenolik madde miktarı belirgin şekilde artmış ve suya nazaran daha asidik yapıda olan çay ekstraktı ilavesi ile pH değeri azalmıştır. Kek hamurunun ve pişmiş kekin nem değerleri eklenen çay ekstraktı oranı arttıkça azalmıştır. Kek formülasyonundaki çay ekstraktı oranı arttıkça keklerde spesifik hacim değeri ve pişme kaybı değeri azalmış, su aktivitesi değerlerinde ise belirgin bir değişim meydana gelmemiştir. Çay ekstraktı içeren keklerin sertlik derecesi kontrol keke kıyasla daha yüksek olarak ölçülmüştür. Pişmiş keklerin 7 günlük muhafaza süresi sonunda; kontrol kekin sertliği, başlangıç değerine kıyasla %261, %50 çay ekstraktı içeren kekin sertliği %91 ve %100 çay ekstraktı içeren kekin sertliği %88 oranında artmış olup, muhafaza süresinin sonunda kontrol kekin sertliğindeki artışın çay ekstraktı içeren keklere kıyasla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Muhafaza süresi boyunca pişmiş keklerin sertlik ve sakızimsılık değerlerinin arttığı; elastikiyet ve yapışkanlık değerlerinin azaldığı, pH, nem miktarı, a_w değeri ve spesifik hacim değerlerinde ise anlamlı bir değişim meydana gelmediği belirlenmiştir. Çay ekstraktının kırmızı rengi ile ilişkili olarak formülasyondaki ekstrakt oranı arttıkça kekin iç rengine ait L^* ve b^* değerlerinin azaldığı, a^* değerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Muhafaza süresi boyunca çay ekstraktı ilaveli keklerin mikrobiyal yük miktarının kontrol keke kıyasla daha düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Mikrobiyal analiz sonuçlarına göre, keklerdeki TMAB sayısının 7 günlük muhafaza süresi sonunda tüm kek örneklerinde TSE tarafından kek ürünleri için bozulma başlangıcı olarak kabul edilen 4 log kob/g değerinin üzerine çıktığı belirlenmiştir. Panelistlerce yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre; renk, koku, tekstür, tat ve genel beğeni açısından %50 oranında çay ekstraktı kullanılan kekler 5 gün süre ile panelistler tarafından kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir. Tez çalışması neticesinde, kek formülasyonuna siyah çay ekstraktı ilavesi ile antioksidan özelliğe yüksek, tekstür yapısının korunduğu ve mikrobiyal bozulmanın daha az olduğu keklerin üretilbileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- AACC Method 10-05.01, (2010), "Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement", 11th Edition, AACC International Approved Methods, St. Paul.
- AACC Method 44-15.02, (1999), "International approved methods of analysis Moisture – air-oven method", 11th Edition, AACC International Approved Methods, St. Paul.
- Aday M. S., Caner C., Karagül Yüceer Y., (2010), "Instrumental and sensory measurements of ezine cheese texture", Akademik Gıda, 8 (3), 6-10.
- Ahn Y. J., Kawamura T., Kim M., Yamamoto T., Mitsuoka T., (1991), "Tea Polyphenols: Selective growth inhibitors of *Clostridium spp.*", Agricultural and Biological Chemistry, 55 (5), 1425-1426.
- Arlorio M., Locatelli M., Travaglia F., Coisson J., Grosso E., Minassi A., Appendino G., Martelli A. (2008), "Roasting impact on the contents of Clovamide (N-Caffeoyl-L-DOPA) and the antioxidant activity of cocoa beans (*Theobroma Cacao* L.)", Food Chemistry, 106 (3), 967-975.
- Al-Ezzi M. Y., Al-Mizrakchi A. S., Al-Weheb A. M., Baysan A., Seoudi N., Tappuni A. R., (2017) "Black and green tea antimicrobial properties: in-vitro and in-vivo study", Conference of International Association for Dental Research, 1220, San Francisco, California., USA, 22-25 March.
- Baker B. A., Davis E. A., Gordon J., (1990), "The influence of sugar and emulsifiers type during microwave and conventional heating of a lean formula cake batter", Cereal Chemistry, 67 (5), 451-457.
- Bartolozzo J., Borneo R., Aguirre A., (2015), "Effect of triticale-based edible coating on muffin quality maintenance during storage", Journal of Food Measurement and Characterization, 10 (1), 88-95.
- Bandyopadhyay D., Chatterjee T. K., Dasgupta A., Lourduraja J., Dastidar S. G., (2005), "In vitro and in vivo antimicrobial action of tea", The Commonest Beverage of Biological and Pharmaceutical Bulletin, 28 (11), 2125-2127.
- Barbut S., (2009), "Texture Analysis". In: M. L. L. Nollet, F. Toldr, Editors, "Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis", CRC Press.
- Bath D. E., Shelke K., Hoseney R. C., (1992), "Fat replacers in high-ratio layer cakes", Cereal Foods World, 37 (7), 495-500.
- Benzie I. F. F., Szeto Y. T., (1999), "Total antioxidant capacity of teas by the ferric reducing/antioxidant power assay", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 64 (2), 633-636.

Bokudava M. A., Skobeleva N. I., (1980), "The biochemistry and technology of tea manufacture", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 12 (4), 303-370.

Bronner W. E., Beecher G. R., (1998), "Method for determining the content of catechins in tea infusions by High-Performance Liquid Chromatography", *Journal of Chromatography A.*, 805 (1-2), 137-142.

Cauvain S. P., Young L. S., (2006), "The Nature of Baked Product Structure". In: J. A. Evans, Editors, "Baked Products: Science, Technology and Practice Book", Blackwell Publishing.

Chen C. M., Trout G. R., (1991), "Sensory, instrumental texture profile and cooking properties of restructured beef steaks made with various binders", *Journal of Food Science*, 56 (6), 1457-1460.

Chung Y. S., Kim D. J., (2009), "Quality characteristics of sponge cake with pakchoi (*Brassica Campestris L. Ssp. Chinensis* Jusl.) powder", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 38 (7), 914-919.

Culetu A., Duta D. E., Andlauer W., (2018), "Influence of black tea fractions addition on dough characteristics, textural properties and shelf life of wheat bread", *European Food Research and Technology*, 244 (6), 1133-1145.

Çelik İ., Yılmaz Y., Işık F., Üstün Ö., (2006), "Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters", *Food Chemistry*, 101 (3), 907-911.

Coghe S., Gheeraert B., Michiels A., Delvaux F. R., (2006), "Development of Maillard reaction related characteristics during malt roasting", *Journal of the Institute of Brewing*, 12 (2), 148-156.

Dihaouadi K., Fattouch S., Hedi H. M., (2010), "Extraction, identification and quantification of the polyphenols of green and black Tunisian tea decoctions commercialized as Garden of Tea", *International Society for Horticultural Science*, 853 (1), 199-206.

Ding M., Yang H., Xiao S., (1999), "Rapid, direct determination of polyphenols in tea by Reversed- Phase Column Chromatography", *Journal of Chromatography A.*, 849, 637-640.

Dizlek H., Özer M. S., Gül H., (2008), "Keklerin yapısal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan ölçütler", *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 371-374, Erzurum, Türkiye, 21-23 Mayıs.

Doğan İ. S., (1998), "Factors affecting cookie quality", *Gıda Teknolojisi Dergisi*, 3 (3), 72-76.

Elgün A., Ertugay Z., (1997), "Tahıl İşleme Teknolojisi", Atatürk Üniversitesi Yayınları.

- Ertas N., Çoklar H., (2008), "Farklı pekmez çeşitlerinin doğal şeker kaynağı olarak kek hamuru ve kek özelliklerine etkisi", Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (46), 51-54.
- Frankel E. N., (1997), "Nutritional Benefits of Flavonoids". In: H. Ohigashi, T. Osawa, J. Terao, S. Watanabe, T. Yoshikawa, Editors, "Food Factors for Cancer Prevention", Springer.
- Friedman M., Henika P. R., Levin C. E., Mandrell R. E., Kozukue N., (2006), "Antimicrobial activities of tea catechins and theaflavins and tea extracts against *Bacillus cereus*", Journal of Food Protection, 69 (2), 354-361.
- Frye A. M., Setser C. S., (1991), "Optimizing texture of reduce-calorie yellow layer cakes", Cereal Chemistry, 69 (3), 338-343.
- Gélinas P., Roy G., Guillet M., (1999), "Relative effects of ingredients on cake staling based on an accelerated shelf-life test", Journal of Food Science, 64 (5), 937-940.
- Gerçekaslan K. E., Kotancılar H. G., Karaoğlu M. M., (2007), "Ekmek bayatlaması ve bayatlama derecesini ölçmede kullanılan yöntemler-I", Gıda, 32 (6), 305-315.
- Guy E. J., Vettel H. E., (1973), "Effect of mixing time and emulsifiers on yellow layer cakes containing butter", The Bakers Digest, 47 (2), 43-48.
- Guynot M. E., Mari'n S., Sanchis V., Ramos A. J., (2003), "Modified atmosphere packaging for prevention of mold spoilage of bakery products with different pH and water activity levels", Journal of Food Protection, 66 (10), 1864-1872.
- Harrigan W., (1998), "Laboratory Methods in Food Microbiology", 3rd Edition, Academic Press.
- Harold N., Graham P.D., (1992), "Green tea composition, consumption and polyphenol chemistry", Preventive Medicine, 21 (3), 334-350.
- Hashemi L., Samani M. A., Moradi M. T., Alidadi S., (2017), "In vitro anti-proliferative activity, antioxidant potential and total phenolic compounds of black tea extract", International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research, 7 (2), 19-25.
- Hayrapetyan H., Hazeleger W. C., Beumer R. R., (2012), "Inhibition of *Listeria monocytogenes* by pomegranate (*Punica granatum*) peel extract in meat paté at different temperatures", Food Control, 23 (1), 66-72.
- Heidolph B. B., (1996), "Designing chemical leavening systems", Cereal Foods World, 41 (3), 118-126.
- Hyldig G., Nielsen D., (2007), "A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle", Journal of Texture Studies, 32 (3), 219-242.

- Jalil A. M., Edwards C. A., Combet Aspray E., Ibrahim M., Garcia A. L., (2015), "Combined effects of added beta glucan and black tea in breads on starch functionality", *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66 (2), 159-165.
- Ji Y., Zhu K., Qian H., Zhou H., (2007), "Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour", *Food Chemistry*, 104 (1), 53-58.
- Katiyar S. K., Mukhtar H., (1997), "Tea antioxidants in cancer chemoprevention", *Journal of Cellular Biochemistry*, 67 (27), 59-67.
- Kawamura J., Takeo T., (1989), "Antibacterial activity of tea catechin to *Streptococcus mutans*", *Journal of Japanese Society of Food Science and Technology*, 36 (6), 463-467.
- Khoshakhlagh K., Hamdami N., Shahedi M., Le-Bail A., (2014), "Quality and microbial characteristics of part-baked Sangak bread packaged in modified atmosphere during storage", *Journal of Cereal Science*, 60 (1), 42-47.
- Kim C. S., Walker C. E., (1992), "Interaction Between Starches, Sugars and Emulsifiers in High Ratio Cake Model Systems", *Cereal Chemistry*, 69 (2), 206-212.
- Kim J. H., Lee H. J., Lee H. S., Lim E. J., Imm J. Y., Suh H. J., (2012), "Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*", *LWT -Food Science and Technology*, 47 (2), 478-484.
- Lambert J. D., Yang C. S., (2003), "Cancer chemopreventive activity and bioavailability of tea and tea polyphenols", *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 523-524, 201-208.
- Lamdande A. G., Khabeer S. T., Kulathooran R., (2018), "Effect of replacement of sugar with jaggery on pasting properties of wheat flour, physico-sensory and storage characteristics of muffins", *Association of Food Scientists & Technologists (India)*, 55 (8), 3144-3153.
- Langley-Evans S.C., (2000), "Consumption of black tea elicits an increase in plasma antioxidant potential in humans", *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 51 (5), 309-315.
- Lee C. C., Lin S. D., (2008), "Effect of GABA tea on quality characteristics of chiffon cake", *Cereal Chemistry*, 85 (1), 31-38.
- Lee C. C., Wang H. F., Lin S. D., (2008), "Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake", *Cereal Chemistry*, 85 (4), 515-521.
- Lee B., Ong C., (2000), "Comparative analysis of tea catechins and theaflavins by high-performance liquid chromatography and capillary electrophoresis", *Journal of Chromatography A*, 881 (2), 439-447.
- Lee J. H., Choi J. E., (2016), "Physicochemical and sensory characteristics of sponge cakes supplemented with black tea powder", *The Korean Society of Food Preservation*, 23 (2), 188-193.

Lee J. S., Seong Y. B., Jeong Y., (2009) “Quality characteristics of sponge cake with black garlic powder added”, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 38 (9), 1222-1228.

Li C., Xie B., (2000), “Evaluation of the antioxidant and pro-oxidant effects of tea oxypolimers”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (12), 6362-6366.

Lin, P., Czuchajowska, Z., Pomeranz, Y., (1994), “Enzyme-resistant starch in yellow layer cake”, *Cereal Chemistry*, 71 (1), 69-75.

Lin J., Lin C., Liang Y., Lin-Shiau S., Juan I., (1998), “Survey of catechins, gallic acid, and methylxanthines in green, oolong, pu-erh, and black teas”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (9), 3635-3642.

Lin S. D., Lee C. C., (2005), “Qualities of chiffon cake prepared with indigestible dextrin and sucralose as replacement for sucrose”, *Cereal Chemistry*, 82 (4), 405-413.

Lu T. M., Lee C. C., Mau J. L., Lin S. D., (2010), “Quality and antioxidant property of green tea sponge cake”, *Food Chemistry*, 119 (3), 1090-1095.

Lund M. N., Ray C. A., (2017), “Control of Maillard reactions in foods: strategies and chemical mechanism”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65 (23), 4537-4552.

Madhavi D. L., Deshpande S. S., Salunkhe D. K., (1996), “Food Antioxidants: Technological, Toxicological and Health Perspectives”. In: R. Owen, W. Gary, R. Steven, P. Walstra, J. R. Whitaker, Editors, “Food Science and Technology”, CRC Press.

Mallikarjunan P. K., (2011), “Physical Measurements”. In: D. W. Sun, Editor, “Handbook of Frozen Food Processing and Packaging”, CRC Press.

Marin S., Guynot M. E., Neria P., Bernado M., Sanchis V., Ramos A. J., (2002), “Risk assessment of the use of sub-optimal levels of weak-acid preservatives in the control of mould growth on bakery products”, *International Journal of Food Microbiology*, 79 (3), 203-211.

Mau J. L., Lu T. M., Lee C. C., (2015), “Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chiffon cakes fortified with various tea powders”, *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (5), 443-450.

Mbata T. I., Debiao L. U., Saikia A., (2008), “Antibacterial activity of the crude extract of Chinese green tea (*Camellia sinensis*) on *Listeria monocytogenes*”, *African Journal of Biotechnology*, 7 (10), 1571-1573.

Mbuthia S. K., Wachira F. N., Koech R. K., (2014), “In-vitro antimicrobial and synergistic properties of water soluble green and black tea extracts”, *African Journal of Microbiology Research*, 8 (14), 1527-1534.

Meilgaard M. C., Civille G. V., Carr B. T., (2015), "Sensory Evaluation Techniques", 5th Edition., CRC Press.

Mercan N., Boyacıoğlu M. H., (1999a), "Kek üretim teknolojileri: kekin tanımı, sınıflandırılması ve üretimi", Dünya Gıda Dergisi, 45, 36-39.

Mercan N., Boyacıoğlu M. H., (1999b), "Kek üretiminde yaygın olarak kullanılan bileşenler ve fonksiyonları", Dünya Gıda Dergisi, 47, 36-42.

Mohammed S., Lajis S. M. M., Hamid N. A., (1995), "Effects of protein from different sources on the characteristics of sponge cakes, rice cakes (Apam), doughnuts and frying batters", Journal of the Science of Food and Agriculture, 68 (3), 271-277.

Morante N., (2006), "Color Measurement Techniques". In: L. D. Rhein, M. Schlossman, A. O'Lenick, P. Somasundaran, Editors, "Surfactants in Personal Care Products and Decorative Cosmetics", CRC Press.

Moraes-de-Souza R., Darce M. A. B., Alencar S. M., Oldoni T. L. C., (2008) "Antioxidant activity and phenolic composition of herbal infusions consumed in Brazil", Journal of Food, 6 (1) 41-47.

Nas S., Öksüz M., (1987), "Siyah çayda kalite", Gıda, 12 (3), 157-162.

ISO, (2008), Microbiology of food and animal feeding stuffs-Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds, ISO 21527-1, 2: 2008, International Organization for Standardization.

Richelle M., Tavazzi I., Offord E., (2001), "Comparison of the antioxidant activity of commonly consumed polyphenolic beverages (Coffee, Cocoa, and Tea) prepared per cup serving", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49 (7), 3438-3442.

Onoğur T. A., Elmacı Y., (2011) "Gıdalarda Duyusal Değerlendirme", 2nd Edition, Sidas Yayınları.

Otake S., Makimura M., Kuroki T., Nishihara Y., Hirasawa M., (1991), "Anticaries effects of polyphenolic compounds from Japanese green tea", Caries Research, 25 (6), 438-443.

Özer M. S., Dizlek H., Kola O., Altan A., (2004), "Değişik gaz salınım hızlarına sahip kabartma tozlarının pandispanya tipi keklerin nitelikleri üzerindeki etkileri", Gıda, 29 (1), 43-50.

Prior R. L., Wu X., Schaich K., (2005) "Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53 (10), 4290-4302.

Pyler E. J., (1988), "Baking Science and Technology", 3rd Edition, Sosland Publishing.

Rietveld A., Wiseman S., (2003), "Antioxidant effects of tea: evidence from human clinical trials", Journal of Nutrition, 133 (10), 3285-3292.

Ronda F., Go'mez M., Blanco C. A., Caballero P. A., (2005), "Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes", Food Chemistry, 90 (4), 549-555.

Sakanaka S., Juneja L. R., Taniguchi M., (2000), "Antimicrobial effect of green tea polyphenols in thermophilic spore-forming bacteria", Journal of Bioscience and Bioengineering, 90 (1), 81-85.

Samsudin N. I. P., Roslan, N. A., Nor-Khaizura, M.A.R., Hasan, H., (2019), "Shelf life extension of ambient-stored banana cake using banana powder", International Food Research Journal, 26 (1), 305-312.

Scalbert A., (1991), "Antimicrobial properties of tannins", Phytochemistry, 30 (12), 3875-3883.

Segundo C., Roman L., Gomez M., Martinez M. M., (2017), "Mechanically fractionated flour isolated from green bananas (*M. cavendishii* var. *nanica*) as a tool to increase the dietary fiber and phytochemical bioactivity of layer and sponge cakes", Food Chemistry, 219 (15), 240-248.

Taylor P. W., Hamilton-Miller J. M. T., Stapleton P. D., (2005), "Antimicrobial properties of green tea catechins", The Food Science and Technology Bulletin, 2, 71-78.

Trevisanato S. I., Young-In Kim M. D. (2000), "Tea and health", Nutrition Reviews, 58, 1-10.

TSE, (2008), Hazır kekler-sade, çeşnili ve dolgulu kek için temel standard, TS 13375, Türk Standartları Enstitüsü.

TSE, (2002), Kabartma tozu-hamur için temel standard, TS 9053, Türk Standartları Enstitüsü.

Turkmen N., Sari F., Velioglu S., (2006), "Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black Mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods", Food Chemistry, 99 (4), 835-841.

Tunalier Z., Öztürk N., Koşar M., Başer K., Duman H., Kırimer N., (2002), "Bazı sideritis türlerinin antioksidan etki ve fenolik bileşikler yönünden incelenmesi", 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Eskişehir, Türkiye, 29-31 Mayıs.

Vinson J. A., Dabbagh Y. A., (1998), "Tea phenols: antioxidant effectiveness of teas, tea components, tea fractions and their binding with lipoproteins", Nutrition Reviews, 18 (6), 1067-1075.

Wang H., Helliwell K., You X., (2000a), "Isocratic elution system for the determination of catechins, caffeine and gallic acid in green tea using HPLC", Food Chemistry, 68 (1), 115-121.

Wang H., Provan G. J., Helliwell K., (2000b), "Tea flavonoids: their functions, utilisation and analysis", *Trends in Food Science and Technology*, 11 (4-5), 152-160.

Wojdyło A., Oszmiański J., Czemerys R., (2007), "Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs", *Food Chemistry*, 105 (3), 940-949.

Wu W. W., Chadik P. A., Davis W. M., Powell D. H., Delfino J. J., (1998), "Disinfection byproduct formation from the preparation of instant tea", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (3), 3272-3279.

Wu C. H., Huang S. M., Lin J. A., Yen G.C., (2011), "Inhibition of advanced glycation endproduct formation by foodstuffs", *Food & Function*, 2, 224-234.

Xiao H., Lin Q., Qiang Liu G., Yu F., (2012) "Evaluation of black tea polyphenol extract against the retrogradation of starches from various plant sources", *National Natural Science Foundation of China*, 17, 8147-8157.

Yılmaz H., (1982), "Karadeniz Çayının Kimyasal Bileşimi", Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.

Zeyuan D., Bingyin T., Xiaolin L., Jinming H., Yifeng C., (1998), "Effect of green tea and black tea on the blood glucose, the blood triglycerids, and antioxidants in aged rats", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (10), 3875-3878.

Zhishen J., Mengcheng T., Jianming W., (1999), "The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals", *Food Chemistry*, 64 (4), 555-559.

Zhu F., Sakulnak R., Wang S., (2016), "Effect of black tea on antioxidant, textural, and sensory properties of Chinese steamed bread", *Food Chemistry*, 194 (1), 1217-1223.

Zhu F., Wang Y. J., (2013), "Characterization of modified high-amylose maize starch- α -naphthol complexes and their influence on rheological properties of wheat starch", *Food Chemistry*, 138 (1), 256-262.

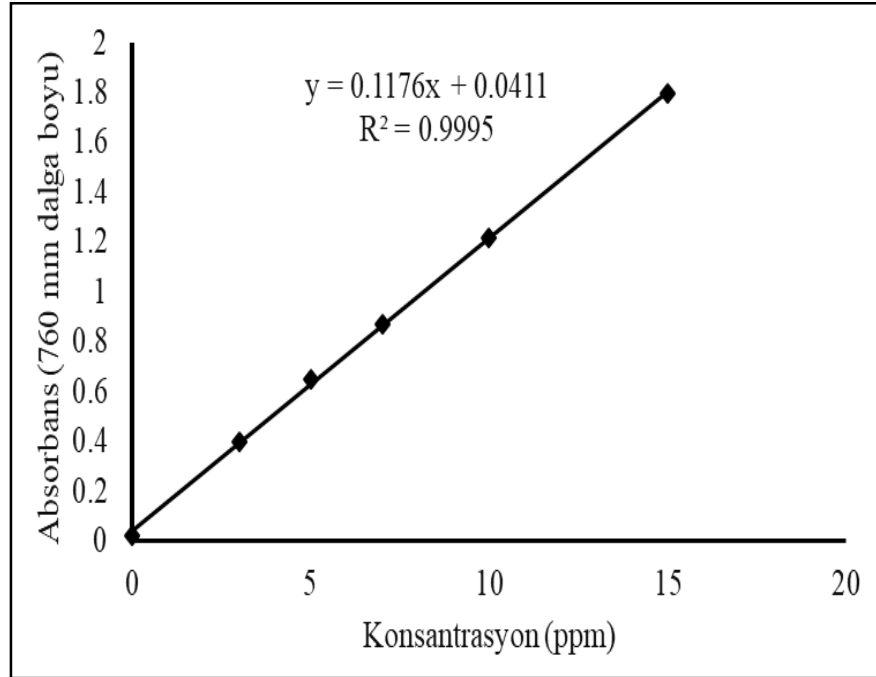
ÖZGEÇMİŞ

Zühal DUMAN, 1987 yılında Kayseri’de doğdu. Lisans eğitimine 2006 yılında başladığı Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nden 2010 yılında başarıyla mezun oldu. İkinci üniversite olarak 2007 yılında başladığı Anadolu Üniversitesi İşletme Bölümü’nden 2012 yılında mezun oldu. Aynı yıl Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Mesleki hayatına 2014 yılından bu yana İstanbul İhracatçı Birlikleri’nde devam etmektedir.

EKLER

Ek A: Açıklamalar

TFM tayininde standart olarak kullanılan gallik asitten 0, 2,5, 5, 7,5, 10, 12,5, 15 ve 20 µl olarak alınan 8 farklı konsantrasyon için kalibrasyon eğrisi Şekil A1.1’de verilmiştir.



Şekil A1.1: TFM tayininde standart olarak kullanılan gallik asidin kalibrasyon eğrisi ($R^2=0,9995$).