



**MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKTIYLA
ZENGİNLEŞTİRİLEN VE MOR UN İLE YAPILAN
EKMEKLERDE AKRİLAMİD VARLIĞININ
ARAŞTIRILMASI**

**2024
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA TOKSİKOLOJİSİ**

Melike SUGEÇTİ

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mukaddes KILIÇ BAYRAKTAR**

**MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKTIYLA ZENGİNLEŞTİRİLEN VE MOR
UN İLE YAPILAN EKMEKLERDE AKRİLAMİD VARLIĞININ
ARAŞTIRILMASI**

Melike SUGEÇTİ

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mukaddes KILIÇ BAYRAKTAR**

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gıda Toksikolojisi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Ocak 2024**

Melike SUGEÇTİ tarafından hazırlanan “MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKTIYLA ZENGİNLEŞTİRİLEN VE MOR UN İLE YAPILAN EKMEKLERDE AKRİLAMİD VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Mukaddes KILIÇ BAYRAKTAR
Tez Danışmanı, Gıda Toksikolojisi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Gıda Toksikolojisi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 12/01/2024

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu) İmzası

Başkan : Prof. Dr. Müslüm KUZU (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mukaddes KILIÇ BAYRAKTAR (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Hasan Hüseyin KARA (NEÜ)

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Zeynep ÖZCAN
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Melike SUGEÇTİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKTIYLA ZENGİNLEŞTİRİLEN VE MOR
UN İLE YAPILAN EKMEKLERDE AKRİLAMİD VARLIĞININ
ARAŞTIRILMASI**

Melike SUGEÇTİ

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Toksikolojisi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Mukaddes KILIÇ BAYRAKTAR

Ocak 2024, 65 sayfa

Günlük tüketilen birçok gıdada bulunan ve sağlığa zararlı olan akrilamidin azaltılması için kullanılan yöntemlerden birisi gıdaların antioksidanca zenginleştirilmesidir. Mor un ve bir gıda atığı olan mor soğan kabuğundan elde edilen ekstrakt yüksek miktarda antioksidan içeriğine sahiptir. Bu çalışmada ekmek yapımında antioksidanca zengin mor unlar ile mor soğan kabuğu ekstraktı kullanılarak hazırlanan ekmeklerde toplam fenolik ve antioksidan, renk, tekstür, duyuşsal ve akrilamid analizleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ekmek yapımında kontrol ekmeği, iki farklı marka mor un, %1 ve %3 olmak üzere iki farklı oranda ekstrakt kullanılarak beş farklı ekmek örneği hazırlanmıştır.

Ekmek örneklerinin toplam fenolik ve antioksidan değerleri açısından en yüksek ortalamaya sahip olan ekmek türünün marka 2 mor unlu ekmek olduğu ve onu marka 1 mor unlu ekmeğin takip ettiği belirlenmiştir. Zenginleştirilen ekmeklerin ışıl işlem sonrası toplam fenolik ve antioksidan değerleri, hamur örneklerinden anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.

%1 ve %3 ekstrakt eklenmesi genel olarak ekmeğin renk parametrelerini etkilememiştir. Marka 2 mor un ile yapılan ekmek Marka 1 nolu undan yapıлана göre daha koyu kırmızı renktedir. %1 ekstrakt eklenmesi ekmeğin tekstürel özelliklerini etkilememiştir. Ancak, %3 ekstrakt ve mor unlar ile yapılan ekmekler, tekstürel özellikler açısından kontrol örneğinden farklıdır. Ekmek örneklerinde dikkate alınan limit değeri aralığında akrilamid tespit edilememiştir. Marka 2 mor un ile yapılan ekmeklerin toplam fenolik ve antioksidan değerleri marka 1 ile yapılandan daha yüksek olsa da daha sert bir ekmek elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, gıda atığı olan mor soğan kabuğundan ekstrakt elde edilmiş, toplum beslenmesinde önemli bir yeri olan ekmek antioksidanca zenginleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Akrilamid, antioksidan, fenolik bileşikler, gıda atığı, mor soğan kabuğu

Bilim Kodu : 10105.07

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF THE PRESENCE OF ACRYLAMIDE IN BREAD ENRICHED WITH PURPLE ONION PEEL EXTRACT AND MADE WITH PURPLE FLOUR

Melike SUGEÇTİ

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Food Toxicology**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Mukaddes KILIÇ BAYRAKTAR

January 2024, 65 pages

One of the methods used to reduce acrylamide, which is found in many daily consumed foods and is harmful to health, is to enrich foods with antioxidants. Purple flour and the extract obtained from purple onion peel, which is a food waste, have high antioxidant content. In this study, total phenolic and antioxidant, color, texture, sensory and acrylamide analyzes were performed on breads prepared using antioxidant-rich purple flours and purple onion peel extract in bread making, and the results were compared. Five different bread samples were prepared using control bread, two different brands of purple flour, and two different proportions of extracts (1 %and 3 %).

It was determined that the bread type with the highest average in terms of total phenolic and antioxidant values of the bread samples was brand 2 purple flour bread, followed by brand 1 purple flour bread. Total phenolic and antioxidant values of enriched breads after heat treatment were found to be significantly higher than those of dough samples.

Addition of 1% and 3% extract did not generally affect the color parameters of the bread. Bread made with Brand 2 purple flour is darker red than that made with Brand 1 flour. Addition of 1% extract did not affect the textural properties of the bread. However, breads made with 3% extract and purple flours are different from the control sample in terms of textural properties. Acrylamide could not be detected within the considered limit value range in the bread samples. Although the total phenolic and antioxidant values of bread made with brand 2 purple flour were higher than those made with brand 1, a harder bread was obtained. As a result of the study, an extract was obtained from purple onion peel, which is a food waste, and bread, which has an important place in public nutrition, was enriched with antioxidants.

Key Words: Acrylamide, antioxidant, phenolic compounds, food waste, purple onion peel

Science Code: 10105.07

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın tüm sürecinde bilgi ve birikimini esirgemeyen, her konuda yardımcı olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Mukaddes KILIÇ BAYRAKTAR (Karabük Üniversitesi)'a,

Laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımcı olan Öğr. Gör. Ebru YÜZLÜ (Karabük Üniversitesi)'ye

Çalışmamın tamamlanması için KBÜBAP-22-YL-140 numaralı proje desteğini sağlayan KBÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne,

Tüm hayatım boyunca beni destekleyen, her zaman yanımda olan, akademik hayatım boyunca her zaman destekleyici ve yardımcı olan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. EKMEK TARİHİ VE TÜRK TOPLUMUNUN BESLENMESİNDEKİ YERİ	4
2.2. MOR UN	5
2.3. EKMEĞİN FİTOKİMYASALLARCA ZENGİNLEŞTİRİLMESİ	6
2.4. AKRİLAMİD	9
2.5. AKRİLAMİD OLUŞUM MEKANİZMALARI	10
2.6. AKRİLAMİD OLUŞUMUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	11
2.6.1. İndirgen Şekerler.....	12
2.6.2. Aminoasitler	12
2.6.3. Yağlar.....	13
2.6.4. pH.....	14
2.6.5. Nem.....	14

	<u>Sayfa</u>
2.7. AKRİLAMİDİN OLUŞTUĞU GIDALAR	15
2.7.1. Ekmekteki Akrlamid Miktarları	16
2.7.2. Patatesteki Akrlamid Miktarları	17
2.7.3. Kahvedeki Akrlamid Miktarları	18
2.8. AKRİLAMİDİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ	19
2.8.1. Kanserojenik Etkisi	19
2.8.2. Nörotoksik Etkisi	20
2.9. GIDALARDAKİ AKRİLAMİDİ AZALTMA YÖNTEMLERİ	21
2.9.1. Asparajın ve İndirgen Şekerlerin (Reaktanların) Miktarının Azaltılması	22
2.9.2. Katkı Maddesi İlave Etmek	23
2.10. SEBZE VE MEYVELERDEKİ FENOLİK BİLEŞİKLER	25
2.11. MOR SOĞAN	26
2.11.1. Besinsel İçeriği ve Fenolik Bileşikleri	27
BÖLÜM 3	28
MATERYAL VE METOD	28
3.1. MATERYALLER	28
3.2. MOR SOĞAN KABUĞU KURUTMA İŞLEMİ	29
3.3. MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKSİYONU	30
3.4. EKMEK YAPIMI	30
3.5. MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKTINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN ANALİZLER	33
3.5.1. pH Analizi	33
3.5.2. Kuru Madde Analizi	33
3.5.3. Renk Analizi	33
3.6. EKMEK, HAMUR VE MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKTINDA YAPILAN ANALİZLER	33
3.6.1. Ekmeklerin ve Hamurların Ekstraksiyonu	33
3.6.2. Toplam Fenolik Madde Analizi	34
3.6.3. Toplam Antioksidan Aktivite (DPPH) Analizi	34

	<u>Sayfa</u>
3.7. EKMEKTE YAPILAN ANALİZLER	35
3.7.1. Ekmek Ağırlıkları	35
3.7.2. Akrilamid Analizi	35
3.7.3. Renk Analizi.....	35
3.7.4. Tekstür Analizi.....	35
3.7.5. Nem Analizi	36
3.7.6. Kül Analizi	36
3.7.7. Duyusal Analiz.....	36
3.8. İSTATİKSEL ANALİZ.....	37
BÖLÜM 4.....	38
BULGULAR VE TARTIŞMA.....	38
4.1. MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKTINA AİT ANALİZ SONUÇLARI..	38
4.2. EKMEK AĞIRLIKLARI	39
4.3. EKMEKLERE AİT RENK ANALİZİ SONUÇLARI	39
4.4. EKMEKLERE AİT TEKSTÜR ANALİZİ SONUÇLARI	42
4.5. EKMEK VE HAMURLARA AİT TOPLAM FENOLİK MADDE ANALİZİ SONUÇLARI	44
4.6. EKMEK VE HAMURLARA AİT TOPLAM ANTİOKSİDAN AKTİVİTE (DPPH) SONUÇLARI.....	47
4.7. EKMEKLERE AİT AKRİLAMİD ANALİZİ SONUÇLARI.....	50
4.8. EKMEKLERE AİT NEM VE KÜL ANALİZİ SONUÇLARI	51
4.9. EKMEKLERE AİT DUYUSAL ANALİZ SONUÇLARI	53
BÖLÜM 5	55
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Akrilamid	9
Şekil 2.2. Akrilamide ait temel oluşum mekanizmaları	11
Şekil 3.1. Mor soğan kabuklarını kurutma işlemi	29
Şekil 3.2. Mor soğan kabuklarını toz haline getirme işlemi	29
Şekil 3.3. Hamurların hazırlanması ve fermantasyon işleminden sonraki hali	31
Şekil 3.4. Ekmeklerin pişirme işleminden sonraki hali	31
Şekil 3.5. Ekmek yapım aşamaları.....	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Bazı besinlerdeki akrilamid miktarları.....	16
Çizelge 3.1. Ekmek formülasyonunda kullanılan bileşenlerin miktarları	31
Çizelge 3.2. Duyusal değerlendirme anket formu	37
Çizelge 4.1. Mor soğan kabuğu ekstraktına ait analiz sonuçları	38
Çizelge 4.2. Ekmek örneklerinin ağırlık sonuçlarının karşılaştırılması.....	39
Çizelge 4.3. Renk analizi sonuçlarının ekmek örneklerine göre karşılaştırılması	41
Çizelge 4.4. Tekstür analizi sonuçlarının ekmek örneklerine göre karşılaştırılması .	43
Çizelge 4.5. Ekmek örneklerine ait toplam fenolik madde sonuçları	45
Çizelge 4.6. Ekmek örneklerine ait toplam antioksidan aktivite (DPPH) sonuçları	48
Çizelge 4.7. Nem ve kül analizi sonuçlarının ekmek örneklerine göre karşılaştırılması	52
Çizelge 4.8. Duyusal analiz sonuçlarının ekmek örneklerine göre karşılaştırılması .	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- $^{\circ}\text{C}$: Santigrat derecesi
a : Renk ölçümünde yeşillik (-) ve kırmızılık (+)
b : Renk ölçümünde mavilik (-) ve sarılık (+)
L : Renk ölçümünde aydınlık ve karanlık

KISALTMALAR

g	: Gram
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
kg	: Kilogram
dk	: Dakika
mg	: Miligram
μ g	: Mikrogram
mM	: Milimol
ml	: Mililitre
nm	: Nanometre
sn	: Saniye
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
rpm	: Dakikadaki Devir Sayısı
FDA	: U.S. Food and Drug Administration (Amerika Gıda ve İlaç Dairesi)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
FAO	: Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
JECFA	: Joint Expert Committee in Food Additives and Contaminants (FAO/WHO Ortak Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi)
IARC	: International Agency for Research on Cancer (Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı)
EFSA	: European Food Safety Authority (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi)
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
SS	: Standart Sapma

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Akrilamid, gıdaların yüksek sıcaklıklarda kızartma ve fırınlama gibi çeşitli pişirme işlemlerine maruz kalması sonucu meydana gelen toksik bir bileşiktir. Günlük diyetle sürekli maruz kalınan akrilamid, insan ve ratlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda insan sağlığı için zararlı etkilere sahip olan bir bileşiktir. Akrilamid, doymamış çift bağ içeren bir amiddir. İlk defa 1893 yılında Almanya'da Christian Moureau tarafından bulunmuştur. Gıdaların 120 °C'nin üzerindeki sıcaklık derecelerinde işlem görmesi (özellikle kızartma, gril ya da fırınlama) sırasında akrilamidin oluştuğu ve gıdaların pişirilmesi sırasında maruz bırakıldıkları sıcaklık ve pişirme süresi ile akrilamid miktarı arasında doğru orantı olduğu çeşitli bilimsel çalışmalar sonucunda ortaya konmuştur (Erdemli, 2021).

Asparajin aminoasidi ile reaktif karbonil içeren indirgen şekerler arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonları akrilamid oluşumunun temel mekanizmasıdır. Kızarmış ekmek, bisküvi, krakerler, kurabiye, tost, kahvaltılık tahıllar, fırın ürünleri, unlu mamuller, patates çipsleri ve derin yağda kızartılan patatesler akrilamid açısından oldukça zengin gıdalar arasındadır. Bunların yanı sıra kavrulmuş kuruyemişler, patlamış mısır, şerbetli tatlılar, kavrulmuş kahve vb. birçok besin kaynağı yüksek akrilamid içermektedir (Elitaş vd, 2018).

1994 yılında Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC), kemirgenlerdeki kanserojenliğine dayanarak akrilamidi insanlar için potansiyel kanserojen (Grup 2A) olarak sınıflandırmıştır. Akrilamidin sinir sistemi için toksik olan tekli (monomer) formunun birçok gıdada bulunduğu yakın zamanda keşfedilmiştir. Kemirgenlerde ve insanlarda kanserojen gen mutasyonuna ve DNA hasarına neden olduğu da bildirilmiştir (Krishnakumar ve Visvanathan, 2014).

Antioksidanlar, amino asitler, asit çözeltileri, asparajin enzim çözeltileri, tuzlar, katyonlar gibi bazı katkı maddelerinin üretim aşamasında gıdalara ilave edilmesiyle akrilamid miktarında azalma olduğu bildirilmiştir. Bu katkı maddelerinden bir tanesi olan antioksidanlar, indirgen şekerler ve asparajin aminoasidi arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu sırasında üretilen serbest elektronu ortadan kaldırarak akrilamidin indirgenmesinde önemli bir rol oynar. Bir çalışmada bambu yapraklarında ve diğer bitki özlerinde bulunan antioksidanların, akrilamid konsantrasyonunu %69-73 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Baskar ve Aiswarya, 2018).

Antioksidanlar; antibakteriyel, antikanserojen özellikleri bulunan bileşiklerdir. Birçok meyve ve sebze bulunan bu maddeler okside olabilen bileşiklerin oksidasyonunu engelleyerek vücutta oksidatif stresi azaltırlar. Antioksidan maddeler kanser ve kardiyovasküler rahatsızlıklara neden olan serbest radikalleri ve reaktif oksijen türlerini yakalayıp güçlü antioksidan etki gösterirler. Bu nedenle bitkilerde, sebze ve meyvelerde bulunan antioksidanların insan vücudu üzerine olan olumlu etkileri daha da önemli hale gelmektedir. Antioksidan maddelerin hücrelerin deforme olmasına neden olan zararlı bileşiklerin etkisine karşı koyarak insan sağlığını koruması antioksidanlara olan ilgiyi arttırmaktadır. Fenolik bileşikler, fitik asit, askorbik asit, tokoferol; meyve ve sebzelerde, bitkilerde, tüm tahıl tanelerinde doğal olarak bulunan ve sağlık üzerinde olumlu etkiye sahip olan antioksidan bileşikler arasındadır (Meral vd, 2012). Sebze ve meyve tüketiminin maddi durum, ulaşılabilirlik gibi çeşitli durumlar nedeniyle yeterli olmadığı toplumlarda bu ürünlerin çeşitli yöntemlerle toplumun beslenme alışkanlıklarında daha çok tercih edilen besinlere ilave edilmesi günlük alınan antioksidan miktarını arttırmak için önemli bir konudur.

Ekmeğin; un, tuz, su ve mayanın belli oranlarda karıştırılıp yoğurulması sonrası fermantasyon, şekil verme ve pişirme gibi bir dizi aşamadan geçirilerek oluşan bir gıda ürünüdür (Yılmaz ve Yüksel, 2023). Ekmeğin çeşitli özelliklerini iyileştirmek için birçok çalışma yapılmaktadır.

Zencefil tozu ilavesinin ekmek hazırlama üzerindeki etkileri araştırılmış ve en yüksek toplam fenolik içerik ve radikal temizleme aktivitesi en yüksek zencefil tozu oranına sahip ekmekte tespit edilmiştir. Öğütülmüş soğan kabuğu katkısının ekmeğin antioksidan ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiş ve soğan kabuğu katkılı ekmeğin, kontrol ile kıyaslandığında kontrol ekmeğinden önemli ölçüde daha yüksek antioksidan içeriğine sahip olduğunu bildirilmiştir (Dziki vd, 2014).

Mor ve kırmızı sebze ve meyvelerden elde edilen antosiyaninlerin ileri teknoloji kullanılarak konsantre hale getirilmesi ile elde edilen mormiks adlı ürünle mor un üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu tezin amacı; bir gıda atığı olan mor soğan kabuğundan fenolik bileşiklerin elde edilmesi ve elde edilen ekstrakt ile toplumumuzda sıklıkla tüketilen ekmeğin zenginleştirilmesidir. Ayrıca antioksidan bakımından zengin olan ve iki farklı markaya ait mor unların ekmek yapımında kullanılması ile mor soğan kabuğu gibi tek bir kaynaktan sağlanan fenolik bileşikler ile birçok meyve ve sebzeden elde edilen fenolik bileşikler bakımından zengin mor unların ekmeğin tekstürel, duyuşal, renk, nem, kül, toplam fenolik ve antioksidan aktivite ve akrilamid varlığı üzerine etkilerinin araştırılmasını amaçlar.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. EKMEK TARİHİ VE TÜRK TOPLUMUNUN BESLENMESİNDEKİ YERİ

Ekmek, insanlık tarihi kadar eski bir geçmişe sahiptir. Bazı sosyal bilimciler tarafından ekmek medeniyetin ilk adımı olarak görülmektedir. Ekmek yapmayı öğrenen insanoğlu gıda aramak için ayırdığı vakti farklı aktivitelere ayırmaya başlamıştır. Su ile temas etmiş ve kendi haline bırakılmış buğday kırmada gözeneklerin oluştuğunu gören ilk insanlar, bu maddeyi sıcak taşlar yardımıyla pişirmiş ve ekmeği ilk halini elde etmişlerdir (Kalkan ve Özarık, 2017). İlerleyen zamanlarda da benzerleri üretilmiş ve halen yufka, pide veya lavaş olarak çeşitli şekilde birçok ülkede üretilmektedir. Örnek olarak Hindistan'da chapati, roti, naan; Meksika'da tortilla, Orta Doğu ve Orta Asya'da lavaş, Orta Doğu'da pita gösterilebilir (Özberk vd, 2016).

Ekmeğin temel gıda maddesi olarak tüketilmesi ise Neolitik çağda yani yaklaşık 10 000 yıl önce olmuştur (Özberk vd, 2016). Modern ekmek ise 3 500 yıl önce Mısırlılar tarafından elde edilmiştir. Mısırlılar, ekmek hamurunun uzun süre bekletilmesi sonucunda gerçekleşen fermantasyonu gözlemleyen ilk topluluktur. Bununla birlikte ekmeğin, Eski Mısır toplumunun temel besini olduğu ve hatta işçilerin ücreti karşılığında verildiği de belirtilmektedir (Kocaadam ve Acar Tek, 2016). Avrupalılar ise buğdaydan önce çavdar gibi diğer hububat ürünlerini tüketmişler daha sonrasında 15. yüzyılda buğdaydan beyaz ekmek üretmeye başlamışlardır (Kalkan ve Özarık, 2017).

Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'ne göre ekmek, buğday ununa su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürünü ifade etmektedir (Kocaadam ve Acar Tek, 2016).

Türkiye'de buğday en önemli tarım ürünleri arasındadır ve bu hububat ile yapılan en vazgeçilmez besin ekmektir (Özberk vd, 2016). Türkiye' de yılda ortalama kişi başı 200-300 kg ekmek tüketilmekte ve insanların günlük harcadıkları enerjinin %66'sı tahıllardan, bu oranın %56'lık kısmı ise yalnızca ekmekten karşılanmaktadır (Erdem ve Gökmen, 2022).

Ekmek, Türk toplumunun beslenmesinde önemli bir konuma sahiptir. Bölgelere özgü üretim aşamaları ve lezzetleriyle farklı çeşitlerde üretilen ekmekler Anadolu mutfağının temel unsuru konumundadır (Özberk vd, 2016). Ülkemizde ekmekler genel olarak mayalı ve mayasız olarak sınıflandırılmaktadır. Bazlama, lavaş, pıt pıt, ebeleme, gilik, gömeç, gübaye, halka, kakala, fodla, saç ekmeği, somun, tandır ekmeği, tepsi ekmeği gibi birçok çeşit mayalı ekmek kategorisindedir. Mayalı ekmekler; belirli miktarlarda un, su, tuz ve mayanın yoğurularak elde edilen hamurun daha sonrasında bir süre fermantasyona bırakılması ve bu hamura şekil verilerek pişirilmesi sonucu elde edilmektedir. Mayasız ekmekler ise; un, su ve tuz ile yoğrulan hamurun şekil verilip pişirilmesi ile elde edilir (Erdem ve Gökmen, 2022).

2.2. MOR UN

Meyve ve sebzelerdeki antosiyaninler gibi flavonoid bileşiklerin, gıdalara renk vermesinin yanı sıra antioksidan etkileri sayesinde insan sağlığı açısından da olumlu etkileri bulunmaktadır. Bu tür fenolik bileşikler kullanılarak sağlığa daha faydalı hale getirilen yiyeceklere fonksiyonel gıda denilmektedir (Baylan ve Badem, 2023).

Antosiyaninler, meyve ve sebzelerin yanı sıra çiçeklerde de bulunabilmektedir. Bu bileşikler suda çözünebilen doğal pigmentler arasında en önemli gruptur. Meyve ve

sebzelerde mavi, kırmızı, mor gibi birçok rengin oluşmasını sağlayan bileşikler olarak bilinmektedirler. Bu doğal bileşikler antioksidan, antikanser, antidiyabetik ve iltihap önleyici gibi sağlığa yararlı özelliklere sahiptir. Bu nedenle gıda sanayinde ve alternatif tıpta önem verilen maddeler arasındadır (Cömert ve Gün, 2020).

Mor un da antosiyaninler bakımından zengin meyve, sebzelerden elde edilen fonksiyonel bir gıda maddesidir. Mor havuç, mor soğan kabuğu, nar, böğürtlen, mor lahana, dut, yaban mersini, ahududu, üzüm, patlıcan gibi mor ve kırmızı renkli sebze ve meyvelerin renk pigmenti olan antosiyaninlerin ayrıştırılması ve bu maddelerin yüksek teknoloji kullanılarak konsantre edilmesi sonucu mor unun temel maddesi olan mormiks elde edilmektedir (Cömert ve Gün, 2020).

Mormiksin buğday unu ile karıştırılması sonucunda mor un elde edilmektedir. Unlu mamuller, şerbetli tatlılar, sütlü tatlılar ve makarna gibi çeşitli ürünlerde mor un veya mormiks kullanılarak insan sağlığı için daha faydalı yiyecekler yapılabilmektedir. Türkiye’de ilk kez Malatya’da mor ekmek üretimi yapılmıştır ve daha sonrasında mor simit, mor baklava üretimi gerçekleştirilerek mor unun kullanım alanı zengin hale getirilmiştir (Baylan ve Badem, 2023).

2.3. EKMEĞİN FİTOKİMYASALLARCA ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Ekmek; tahıl unu, su, tuz ve maya karıştırılarak elde edilen viskoelastik bir hamurun fermantasyon ve fırınlama aşamalarından geçirilmesi sonucunda elde edilir. Ekmek, çoğu insanın günlük diyetinde önemli bir besindir ve dünyanın her bölgesindeki insanlar tarafından lif polisakkaritleri, prebiyotikler, çoklu doymamış yağ asitleri ve fenolik bileşikleri için önemli bir kaynak olabilir (Baiano vd, 2015).

Genel olarak buğday ekmeği, insan vücudu için iyi bir enerji kaynağı ve eşsiz bir yiyecek olarak kabul edilir. Ekmek; diyet posa, oligosakkaritler, yağ asitleri, amino asitler, mineraller, B vitaminleri, fitosteroller ve antioksidanlar gibi biyoaktif bileşikler açısından zengin bir kaynaktır. Fakat ekmek yapım sürecinde besin içeriğinde önemli değişiklikler meydana gelebilir. Üretim aşamasında ekmeğin duyuşal özellikleri, besin değeri ve antioksidan aktivitesi gibi birçok özelliğini

etkileyen enzimatik şeker üretimi, nişasta jelatinizasyonu, karamelizasyon, protein denatürasyonu ve pıhtılaşma, Maillard reaksiyonları vb. karmaşık bir dizi kimyasal reaksiyon meydana gelir. Gıda işleme sırasında bu kimyasal reaksiyonlar sonrasında bazı bileşikler kaybedilirken, daha fazla yeni bileşik oluşabilir (Dziki vd, 2014).

Yüksek seviyede antioksidanlar ve diyet lifleri içeren fonksiyonel gıdalar, sağlığın korunması ve geliştirilmesi ile kansere, kardiyovasküler hastalıklara ve dejeneratif hastalıklara karşı korunmadaki rolleri nedeniyle yüksek talep görmektedir (Sivam vd, 2012).

Diyet lifi ve fenolik bileşikler gibi aktif bileşenlerin ekmek gibi popüler gıdalara dahil edilmesine olan talep, tüketicilerin sağlıklı gıda farkındalığının artması nedeniyle gittikçe yükselmektedir. Üreticiler, gıdaları daha sağlıklı hale getirmek için lif ve fenolik bileşik bakımından içeriği zenginleştirirken genellikle kalori, şekeri ve yağı azaltmaktadırlar. Ekmek ürünlerinde küf oluşumunu geciktirmek ve raf ömrünü uzatmak, besin içeriğini iyileştirmek için bazı bileşiklere ihtiyaç vardır. Bu bileşiklerden olan antioksidanların en önemli fonksiyonu, serbest radikalleri tutma yeteneğidir. Biyolojik sistemlerde çok çeşitli kaynaklardan yüksek oranda reaktif serbest radikaller ve oksijen türleri bulunur. Bu serbest radikaller nükleik asitleri, proteinleri, lipidleri veya DNA'yı oksitleyebilir ve gittikçe daha kötü bir duruma gelebilecek olan bir hastalığı başlatabilir. Fenolik asitler, polifenoller ve flavonoidler gibi antioksidan maddeler, peroksit, hidroperoksit veya lipid peroksil gibi serbest radikalleri temizler ve böylece dejeneratif hastalıklara yol açan oksidatif sistemin etkinliğini engeller (İbrahim vd, 2015).

Biyolojik olarak aktif maddeler arasında olan fitokimyasallar, güçlü antioksidan etkileri nedeni ile antiviral, antialerjik, antimutajenik ve antikanserojenik etkilere sahiptir ve bu etkileri sayesinde insanların çeşitli hastalıklara yakalanmasını engelleyerek insan sağlığının korunması açısından önem arz etmektedirler. İnsan beslenmesinde yer alan birçok meyve, sebze ve tahıl ürünleri yüksek miktarda fenolik bileşik içermektedirler (Meral ve Karaoğlu, 2019).

Hububat taneleri; fenolik bileşikler, karotenoidler ve E vitamini gibi çeşitli bileşikler sayesinde önemli antioksidan kaynakları arasında gösterilebilecek gıda maddesidir. Fenolik asit içeriği bakımından zengin olan buğday tanesinde bu bileşiklerin önemli bir kısmı, tanenin alöron, perikarp ve embriyo hücre duvarlarında yer almaktadır. Buğdaydan yapılan çeşitli gıdalarda öncelikli olarak buğday öğütülmektedir. Bu işlem sırasında doğal antioksidanlar bakımından en önemli kısım olan kepek tabakası buğdaydan ayrılmaktadır. Bu nedenle rafine undan yapılan ekmeklerin antioksidan etkisi çok az olup bu ekmeklerin antioksidan bakımından içeriğinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Meral ve Karaoğlu, 2019).

Ekmeklerin antioksidan bakımından zenginleştirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen bir çalışmada meyve suyu sanayisinde çokça tercih edilen narın yan ürünü olan nar kabuğundan elde edilen ekstrakt, ekmek bileşimine katılarak ekmeğin antioksidan etkisi arttırılmaya çalışılmış ve tüketim kalitesi için çeşitli ölçülerde dikkate alınarak değerlendirildiğinde 5 g/kg nar kabuğu ekstraktı ile ekmeklerin antioksidan aktivitesi bakımından iyileştirilebileceği tespit edilmiştir (Meral ve Karaoğlu, 2019).

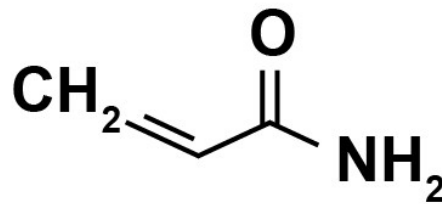
Temelinde tahıl bazlı ürünlerin yer aldığı beslenme biçimi pek çok toplumda yaygın bir alışkanlıktır. Bunun nedeni olarak toplumun yeterli ve dengeli beslenme için yeterince bütçesinin olmaması gösterilebilir. Bu sebeple diğer gıdalara göre ulaşılması daha kolay, ekonomik açıdan daha uygun olan ekmeğin çeşitli besin bileşenleri bakımından iyileştirilmesi insanların yeterli ve dengeli beslenmesini sağlanması için çok önem arz etmektedir(Meral ve Karaoğlu, 2019).

Unlu mamullerin mango, portakal ve narın yan ürünlerinden elde edilen fonksiyonel içeriklerle zenginleştirilmesi için yakın zamanda çalışmalar yapılmıştır. Mangonun endüstriyel işlenmesiyle, besin maddeleri ve biyoaktif bileşikler bakımından zengin olan kabuk, tohum atıkları ve küspe elde edilmektedir. Bu atıklar toz ve un haline getirilerek fonksiyonel katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Mango tohumu çekirdeklerinden elde edilen ham ve yağı alınmış unlar, ekmek yapımında beş farklı oranda buğday unu ikame maddesi olarak kullanılmıştır. Mango çekirdeği unu yüzdesi ne kadar yüksekse, toplam fenolik içeriğinin de o kadar yüksek olduğu

bildirilmiştir. Ham mango çekirdeği unu eklenen ekmekte, toplam fenolik içeriği 91,13 ile 128,35 mg Gallik Asit Eşdeğeri (GAE) 100 g⁻¹ kuru madde arasında değişmiştir. Yağı alınmış mango tohumu çekirdeği unu ağırlıkça %10 ile %25 arasında değişen bir oranda kullanıldığında toplam fenolik içeriğinin, 91,71 ile 106,74 mg GAE 100 g⁻¹ kuru madde arasında değişen değerler ile kontrolden önemli ölçüde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Antioksidan kapasitesinin de genellikle fenolik bileşiklerdeki içerikle ilişkili olduğu belirlenmiştir (Melini vd, 2020).

2.4. AKRİLAMİD

Akrilamid (Şekil 2.1), yapısında vinil olan, poliakrilamidin suda çözünür yapıtaşlarındandır. Kokusu olmayan, beyaz katı kristaller halinde bulunan, suda çözünürlüğü yüksek (204 g/100 ml, 25 °C’de) ve molekül ağırlığı 71,08 g/mol olan bir kimyasal bileşiktir (Nizamlıoğlu ve Nas, 2019). Akrilamid, temel olarak karbonhidrat bakımından zengin içeriğe sahip besinlerin 120 °C’nin üzerindeki sıcaklıklara maruz kalması sonucu meydana gelmektedir. Yüksek sıcaklıktaki proseslerden geçirilen patates, cips, kahve ve tahıl bazlı ürünler yüksek miktarda akrilamid içermektedir. Akrilamid, 2002 yılında Stockholm Üniversitesi’ndeki bir grup araştırmacı tarafından yüksek ısı işlem gören gıdalarda oluşan, zararlı etkileri bulunan, toksik ve kanserojenik bir kimyasal madde olarak ilan edilmiştir (Daşgın ve Yıldız, 2014).



Şekil 2.1. Akrilamid (Nizamlıoğlu ve Nas, 2019).

2.5. AKRİLAMİD OLUŞUM MEKANİZMALARI

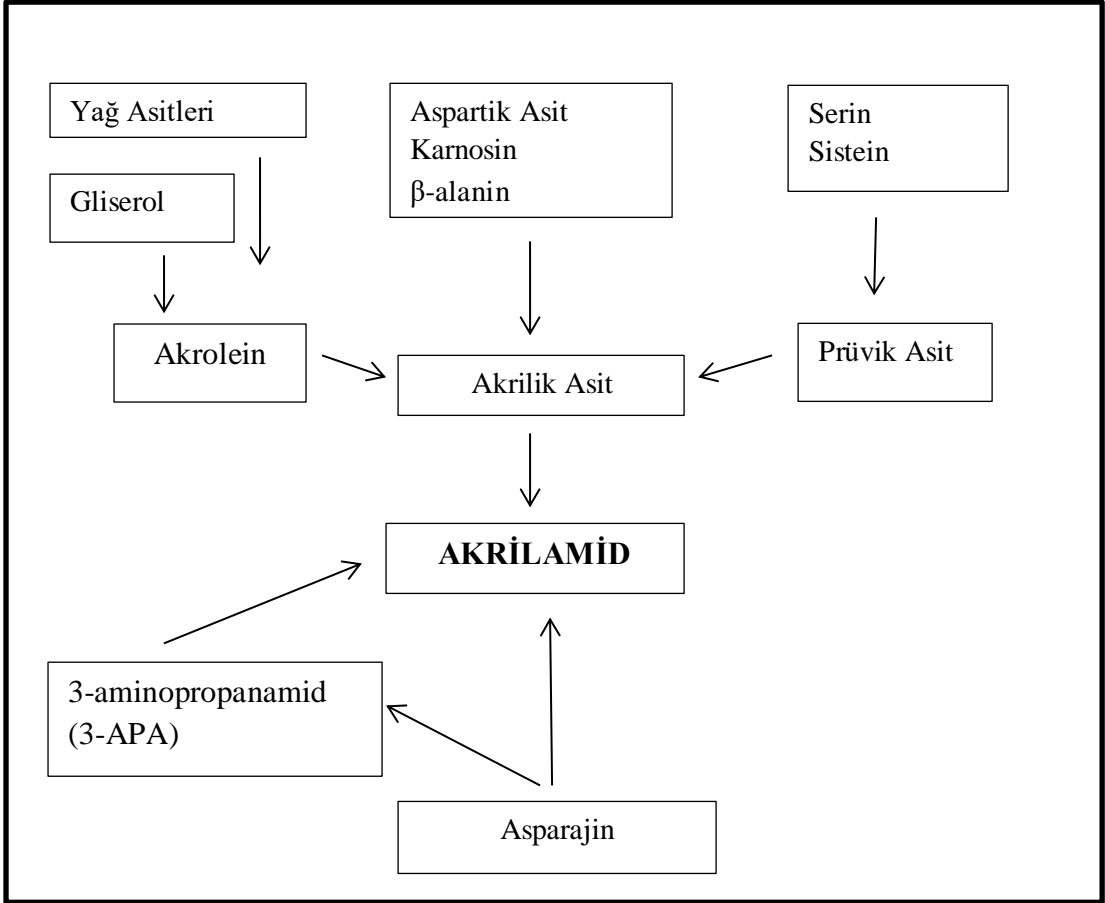
Akrilamid doğal olarak gıdaların yapısında yer almayan fakat gıdaların işlenmesi sırasında yüksek sıcaklara maruz kalması sonucu oluşan karsinojenik bir bileşiktir. Gıdalarda akrilamid genel olarak üç şekilde oluşmaktadır. Başta Maillard reaksiyonu (esmerleşme reaksiyonu) olmak üzere lipitlerin karbonhidrat ve aminoasitlere ayrılması sırasında ortaya çıkan akrolein veya akrilik asit reaksiyonu yöntemi ve malik asit, laktik asit ve sitrik asit içeren bazı organik asitlerin dehidrasyon-dekarboksilasyonu yöntemi olmak üzere üç temel mekanizması bulunmaktadır (Yıldız vd, 2010).

Bilindiği üzere besinlerde akrilamid oluşumuna neden olabilecek çeşitli yollar vardır. Gıdalardaki akrilamid temel oluşum mekanizmaları Şekil 2. 2' de gösterilmiştir. Akrilamid oluşumunda temel mekanizma ise indirgen şekerlerin karbonil grupları ile asparajinin amin grubunun tepkimesi ile gerçekleşen Maillard reaksiyonlarıdır. Karbonhidrat bakımından zengin gıdalara ve yapısında protein bulunduran besinlere pişirme esnasında uygulanan yüksek sıcaklıklar nedeniyle indirgen şekerlerin karbonil grupları ile serbest aminoasitlerin daha çok asparajinin amin grubunun reaksiyona girmesi, Maillard tepkimesi ile akrilamid oluşumunun temelini ifade etmektedir (Kavuşan ve Serdaroğlu, 2019).

Serbest aminoasit ve indirgen şeker arasında gerçekleşen bu ilk reaksiyon sonucunda Schiff bazı meydana gelmektedir. Schiff bazından karboksil grubunun ayrılmasıyla dekarboksile Schiff bazı oluşmakta ve daha sonrasında bu bileşiğin hidrolize olması ile öncül bir bileşik olan 3-aminopropanamid (3-APA) meydana gelmektedir. 3-aminopropanamid bileşiğinin yapısından amonyağın uzaklaşması sonucu akrilamid oluşmaktadır (Kavuşan ve Serdaroğlu, 2019).

Lipitlerin yapısının bozunmasıyla meydana gelen akrolein bileşiğinin oksidasyonu akrilamid oluşumuna sebep olabilecek etkili bir diğer yol olarak gösterilmektedir. Bu oluşum mekanizmasında, trigliseridlerin kısmi hidroliziyle gliserol oluşmaktadır. Gliserolün dehidrasyonu yahut bir ara ürün olarak gliserol oluşmaksızın trigliseritlerin prolizinden akroleinin oluşması, akroleinin akrilik aside oksidasyonu

ve besinlerin yapısında bulunan azotlu bileşiklerin prolizinden dolayı amonyakla akrilik asidin reaksiyonuyla akrilamidin oluştuğu düşünülmektedir. Bu iki temel akrilamid oluşum mekanizmasının yanı sıra akrilamid oluşumunda daha az etkin rol oynayan mekanizmalarda mevcuttur (Taşan, 2008; Kavuşan ve Serdaroğlu, 2019).



Şekil 2.2. Akrilamide ait temel oluşum mekanizmaları (Krishnakumar ve Visvanathan, 2014).

2.6. AKRİLAMİD OLUŞUMUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Karbondidratça zengin gıdalarda; indirgen şeker ve asparajin varlığının, sıcaklık, ürünün nemi ve pH'nın akrilamid oluşumu için önemli faktörler olduğu bildirilmektedir. Mevcut bir çalışmada gıda maddesinin indirgen şeker içeriğinin (özellikle glikoz ve fruktoz), pişirme süresi ve sıcaklığının, pH'nın, neminin, reaktanların türü ve konsantrasyonunun akrilamidin meydana gelmesi için etkili unsurlar olduğu kanıtlanmıştır (Kazancı, 2021). Akrilamid oluşumunun temel

mekanizması olan Maillard reaksiyonunun oluşma şartlarını ve hızını reaksiyona giren bileşiklerin türü ve miktarı, su aktivitesi, sıcaklık, katalizörler ve inhibitörler değiştirebilmektedir. Bu nedenle Maillard reaksiyonunu etkileyen her faktör, akrilamid oluşumunu da etkileyen faktörler arasında gösterilebilir (Gülcan, 2017).

2.6.1. İndirgen Şekerler

Glikoz, fruktoz, maltoz, laktoz ve arabinoz gibi serbest aldehit veya serbest keton grubuna sahip olan indirgen şekerler indirgeyici madde olarak görev üstlenebilecek bileşiklerdir. Bu bileşikler oksijen veya diğer oksidan maddelere maruz kaldığında okside olmaktadır (Akgün, 2019).

İndirgen şekerler, yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında asparajin ile reaksiyona girerek akrilamidi meydana getirmektedir. Bu şekerlerin yapısındaki zincir boyu kıaldıkça oluşan akrilamid konsantrasyonu artmaktadır. Şekerlerin zincir boyunun kısalmasıyla bileşiğin halkalı hemiasetal yapı kazanması zorlaşmaktadır. Sonuç olarak karbonil grubu, asparajinin α -amini ile kolay bir şekilde tepkimeye girmektedir. Gıdadaki glikoz ve fruktoz miktarı arttıkça oluşan akrilamid miktarının da arttığı tespit edilmiş yani gıdalardaki glikoz ve fruktoz miktarı ile oluşan akrilamid miktarı arasında doğru orantı olduğu bildirilmiştir. Gıdalardaki fruktoz ve glikoz yerine sakkaroz yer aldığındaki akrilamid oluşumunun azaldığı görülmüştür (Alpözen, 2012).

Claeys vd. tarafından gerçekleştirilen çalışmada asparajin, glikoz, fruktoz ve sakkarozdan oluşan 140 °C ve 200 °C'deki model sistemde akrilamid miktarları incelenmiştir. En az akrilamid miktarı sakkaroz kullanılan modelde bulunmuştur. Glikoz kullanılan modelde ise akrilamidin fruktoz kullanılabildiğine göre daha hızlı oluştuğu tespit edilmiştir (Alpözen, 2012).

2.6.2. Aminoasitler

Maillard tepkimesi, gıdaların yapısında yer alan şeker ve nişastanın aminoasitlerinden olan asparajin ile reaksiyona girmesiyle meydana gelmekte ve bu

sayede Maillard tepkimesinin öncül maddelerinden olan asparajin amino asidiyle indirgen şekerler arasında gerçekleşen reaksiyonun akrilamid oluşumunda etkin rol aldığı bilinmektedir (Turgut, 2021). Serbest asparajin, akrilamid oluşumunun birincil öncüsü olduğu için büyük bir endişe kaynağı olmuştur. Claus vd. (2006) buğday unu, kavuzlu buğday unu ve çavdar unundaki serbest asparajin içeriğinin 1,74 - 19,05, 6,46 - 12,17 ve 41,37 - 44,10 mg/100 şeklinde değiştiğini bildirmiştir. Surdyk vd. (2004) mayalı buğday ekmeğine 0,1-0,7 g/100 g un oranında asparajinin eklenmesinin, akrilamid içeriğini 6 000 µg/kg'a kadar önemli ölçüde arttırdığını bildirmiştir (Shen vd, 2019).

Akrilamid oluşumuna asparajin aminoasidi dışında glutamin, sistin, arginin, metiyonin ve aspartik asit gibi diğer aminoasitlerde neden olabilmekteyken oluşan akrilamid miktarı diğer aminoasitler ile kıyaslandığında daha azdır (Özkaynak ve Ova, 2006).

2.6.3. Yağlar

Duman noktasının üzerindeki yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığında yağ yıkıma uğrayarak akrolein oluşur. Doymuş yağ asitleri içeriği yüksek ve çoklu doymamış asit içeriği düşük olan yağlar için dumanlanma noktası daha yüksektir. Bazı yağlar için duman noktaları: palm yağı 240 °C, fıstık yağı 220 °C, zeytinyağı 210 °C, domuz yağı 180 °C, ayçiçek ve soya fasulyesi yağı 170 °C, mısır yağı 160 °C, margarin 150 °C ve tereyağı 110 °C şeklindedir. Yağ, ilk olarak gliserol ve yağ asitlerine hidrolize olur. Daha sonrasında gliserolden su uzaklaşır ve ardından oksidasyon yoluyla akrolein oluşur (Lingnert vd, 2002).

Akrilamidin özellikle yağda kızartılan gıdalarda yağların/gliserolün ısısız indirgenmesi sonucu oluşan akrolein üzerinden oluşabileceği düşünülmektedir. Gertz vd. (2002) yaptığı bir çalışmada ise gıdada oluşan akrilamid miktarının silikon içeren kızartma yağları veya palm olein yağı kullanıldığında daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Becalski vd. (2003) patates ile oluşturdukları model sistemde zeytinyağı kullanımını mısır yağı ile karşılaştırdıklarında zeytinyağı ile yapılan işlemde daha

fazla akrilamid oluştuğunu belirtmişler aynı zamanda en yüksek akrilamid miktarının zeytinyağı kullanıldığında gerçekleştiğini bildirmişlerdir (Özkaynak ve Ova, 2006).

2.6.4. pH

Gıdanın pH'ı, Maillard reaksiyonunu yönlendirerek akrilamid oluşumunu kontrol etmektedir. Akrilamid oluşumu, alkali koşulları (maksimum pH 8) tercih etmektedir. Bunun nedeni, asparajindeki amino grubunun protonlama yoluyla karbonil gruplarıyla etkileşime girmeye daha istekli olmasından kaynaklanmaktadır (Gazi, 2022). Bir çalışmada rendelenmiş ve homojen hale getirilmiş patateslerde farklı oranlarda sitrik asit kullanımının akrilamid oluşumuna etkisi incelenmiştir. Patatesler fırında 180 °C'de 25 dakika boyunca pişirilmiştir ve oluşan akrilamid miktarında pH düşüşüyle alakalı bir azalma söz konusu olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Civelek, 2021).

2.6.5. Nem

Besinlerdeki nem oranı akrilamid oluşumunu etkileyen bir diğer faktördür. Yüksek nem içeren örneklerdeki (taze patates veya hamur) akrilamid oluşumunun önemsiz miktarlarda olduğu belirtilmektedir. Yapılan bir çalışmada nem oranı %5'in üzerinde olan keklerde akrilamid oluşumunun oldukça az olduğunu ve %5'in altında olan keklerde ise nem ile akrilamid arasında doğrudan bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir (Özkaynak ve Ova, 2006).

Yapılan bir başka araştırmada, ekme ve bisküvilerde nem oranının artmasına bağlı olarak akrilamid oluşumunun azaldığı bildirilmiştir. Düşük nem oranlarında akrilamid oluşumunun hız kazandığı yanı sıra parçalanmasının da hızlandığı tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise 100 g ekme hamuruna eklenen 5 g suyun akrilamid miktarında %25 oranında artışa sebep olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç doğrultusunda gıda matriksi içerisindeki kuru madde miktarı ile akrilamid miktarı arasında gözlenen ilişki başka faktörlerden de etkilenebilmektedir (Yıldız, 2014).

2.7. AKRİLAMİDİN OLUŞTUĞU GIDALAR

Akrilamidin meydana gelmesi için reaksiyona giren indirgen şeker ve asparajinin varlığı önem taşımaktadır. Bu nedenle akrilamid karbonhidrat ve protein içeren gıdaların yüksek sıcaklıklarda (120 °C ve daha yüksek) işlem görmesi sonucu oluşmaktadır. Akrilamid, gıdalarda oluşan toksik bir bileşik olmasının yanı sıra gıdalarda renk, lezzet ve aromanın oluşumu için de katkıda bulunur (Yıldız vd, 2010).

Akrilamid; fırın ürünleri, ekmek, kahvaltılık tahıl ürünleri, bisküvi, ekmek kabuğu, ekmek gevreği, mısır cipsi, patates cipsi, kraker ve tost gibi gıdalarda bulunur. Bu gıdalara ek olarak kavrulmuş badem, kuşkonmaz, ayçiçeği çekirdeği, soya fasulyesi, fındık ve fındık ezmesi, kekler ve tahıl içerikli ürünlerde akrilamid ile karşılaşılan yiyeceklerdir (Yıldız vd, 2010).

Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi'ne (EFSA) göre işlenmiş patates ile kahve ve tahıl bazı gıdalar (patates cipsi, patates kızartması, kraker, tost, ekmek gevreği, kurabiye, kahvaltılık gevrek, mısır cipsi, unlu mamüller, kahve, kakao, ekmek) akrilamidin ana kaynaklarıdır (Ubaoji ve Orji, 2016). Bazı gıdalara ait akrilamid miktarları Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2002'de bazı besinlerin içerdikleri akrilamid miktarlarını açıklamıştır. Bu açıklamaya göre, ortalama olarak en fazla akrilamid içeriğinin patates cipslerinde bulunduğu bildirilmiştir. Patates cipslerinin 170-2 287 µg/kg, patates kızartmalarının <50-3 500 µg/kg, bisküvi, kraker ve tostların <30-3 200 µg/kg, kahvaltılık tahılların ise <30-1 346 µg/kg akrilamid içerdikleri belirlenmiştir. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi tarafından yapılan bir araştırmada 311 gıdanın akrilamid miktarı değerlendirilmiştir. Araştırmada patates cipsinin 834 µg/kg, kemal paşa tatlısının 512 µg/ kg, mısır cipsinin 425 µg/kg, Türk kahvesinin 266 µg/kg, krakerlerin ise 247 µg/kg ortalama akrilamid içerdiği saptanmıştır (Daşgın ve Yıldız, 2014).

Çizelge 2.1. Bazı besinlerdeki akrilamid miktarları ($\mu\text{g}/\text{kg}$) (Daşgın ve Yıldız, 2014; Nizamlioğlu ve Nas, 2019).

Besinler	Ortalama	Minimum-Maksimum
Patates cipsi	1312	170-2287
Patates kızartması	537	< 50-3500
Hamur ürünleri	36	< 30-42
Fırınlanmış ürünler	112	< 50- 450
Bisküvi, kraker, tost	423	< 30-3200
Kahvaltılık tahıllar	298	< 30-1346
Makarna	<30	-
Ekmek	38	<10-85
Tost Ekmeği	164	41-474
Sütlü ekmek	50	<30-162
Pide	<10	<10-16
Poğaç	120	<10-441
Çikolata	75	37-100
Kavrulmuş Badem	260	207-313
Kavrulmuş Fındık	128	<10-421
Kavrulmuş Fıstık	66	<10-120

2.7.1. Ekmekteki Akrilamid Miktarları

İnsanların akrilamide maruz kalmasının yaklaşık %50' sini patates ürünleri, %20'sini ise fırın ürünleri ve ekmek oluşturmaktadır. Ekmeğin içi akrilamid bakımından düşük değerlere sahip olup bununla birlikte en yüksek seviyeler ekmeğin kabuğunda tespit edilmiştir (Keramat vd, 2011).

Haase vd. (2003), pişmiş ürünlerdeki akrilamid konsantrasyonunun temel olarak pişirme sıcaklığına ve unun öğütme yoğunluğuna bağlı olduğunu bildirmiştir. (Samadi Ghorbani vd, 2019). Unlu mamullerdeki akrilamid içeriği, gıdanın bileşimine ve ısı ile işlemeye bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bisküvi ve kraker gibi ürünlerde 2 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 'dan fazladır. Literatürde yaygın olarak kullanılan ekmek

ürünlerinin 5–1 697 µg/kg akrilamid içerdiği, bisküvilerin 30–2 085 µg/kg ve kurabiye veya krakerlerin ise 30–2 017 µg/kg akrilamid içerdiği bildirilmektedir. Ekmeğin akrilamid içeriğini etkileyen ana faktörler arasında bol miktarda serbest asparajin, çeşitli tahıl tanelerindeki azaltılmış şekerler ve pişirme koşulları yer almaktadır (Shen vd, 2019).

Akrilamide ilişkin yeni bir Avrupa Birliği düzenlemesi, buğday bazlı ekmekte çeşitli kategorilerde 50 µg/kg referans değeri belirlemiştir (Eslamizad vd, 2020).

2.7.2. Patatesteki Akrilamid Miktarları

Farklı ülkelerde yapılan çeşitli çalışmalar sonucunda kahve ve kızarmış patates ürünlerinin en yüksek miktarda akrilamid içerdiği tespit edilmiştir. Patates çeşitleri, patates yumrularının saklanma koşulları ve süresi, pişirme sıcaklığı ve tekniği gibi birçok faktörler patates ürünlerinde akrilamid varlığını etkilemektedir. Yang vd. (2016) yaptığı çalışmada kızartma sıcaklığının 150 °C' den 190 °C' ye çıktığında akrilamid oluşumunun arttığını ancak deneyde kullanılan farklı patates çeşitleri arasında farklı veriler olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Romani vd. (2008), kızartma sıcaklığını 120 °C' den 140 °C' ye çıkarınca akrilamid oluşumunun arttığını ortaya koymuştur (Bachir vd, 2023).

Palazoğlu vd. (2010), 170 °C sıcaklıkta fırınlanmış patates cipslerindeki akrilamid konsantrasyonunun, aynı sıcaklıkta kızartılan patates cipslerine göre 2 kat daha yüksek olduğunu göstermiş; 180 °C ve 190 °C' de pişirilen patateslerde elde edilen akrilamid düzeyleri ise kızartılanlara göre daha düşük bulunmuştur Ayrıca patates kızartmasının yüzeyindeki akrilamid konsantrasyonunun merkeze göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (Bachir vd, 2023).

Bir diğer çalışmada soğutulmuş patates kızartmasında asparajinaz enziminin etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada, dört günlük soğuk depolamadan sonra enzimle muamele edilmiş kızartmalarda asparajinin büyük ölçüde azaldığı fark edilmiştir. Bu kızartmalardaki akrilamid miktarları, duyuşal özellikleri üzerinde hiçbir etki olmaksızın yaklaşık %90 oranında önemli ölçüde azaltılmıştır (Lineback vd, 2012).

Üç farklı yağ sıcaklığında pişirilen kızartma patatesler, kızartmadan önce akrilamid öncüllerinin miktarını azaltmak için damıtılmış suda 40 veya 90 dakika boyunca bekletilmiştir. Suda bekletilmeyen ve 190 °C'de pişirilen cipslerdeki akrilamid içeriği, 170 °C'de pişirilen cipslerdekinin neredeyse üç katı olarak saptanmıştır (Bethke ve Bussan, 2013).

Amerika Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ve WHO, günlük akrilamid alımının 0,3-0,8 µg/vücut ağırlığı/kg olmasını önermiştir. Fakat patates kızartmasında önerilen akrilamid limitinin 400-1500 µg/kg olduğu bildirilmektedir. Bu insan sağlığı açısından endişe verici bir durumdur (Khezerlou vd, 2018).

2.7.3. Kahvedeki Akrilamid Miktarları

Kahve genellikle 220-250 °C aralığında kavrulur ve kavurma süresi ve hızı renk, aroma, tat gibi duyuşal özellikler üzerinde önemli rol oynar. Bunlar, kahve ürününün net kimliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle kahve çekirdekleri diğer gıdalara göre nispeten daha yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktadır ve Maillard reaksiyonunun yanı sıra akrilamid oluşumunu sağlayan birçok mekanizmanın olması beklenebilir (Soares vd, 2015).

Akrilamid oluşumu, kahve kavurmanın ilk aşamalarında hızla zirveye ulaşır. Asparajinin tükenmesiyle akrilamid konsantrasyonu hızla azalmaya başlar. Bu nedenle kavurma devam ettikçe akrilamid hızla tükenir. FDA'ın 2002–2006 ve 2011–2015 yılları arasında yürüttüğü çalışmaların sonuçlarına göre, öğütülmüş kahvedeki ortalama akrilamid konsantrasyonları 221 ± 118 µg/kg ve 272 ± 198 µg/kg olup, bu iki dönem arasında istatistiksel olarak fark olmadığını ifade etmişlerdir (Kocadağlı ve Gökmen, 2022).

Yeşil kahve çekirdeklerindeki serbest asparajin konsantrasyonu 30 ila 90 mg/100 g arasında yer alır. Kahvede akrilamid, kavurma aşamasının en başında oluşur, 7 mg/kg'ın üzerine çıkar ve daha yüksek eliminasyon oranları nedeniyle kavurma döngüsünün sonuna doğru keskin bir şekilde düşer. Hammaddedeki asparajin miktarı kahvede akrilamid oluşumunu sınırlayıcı bir faktör gibi görünmektedir. Kavrulmuş

kahvedeki akrilamid miktarı, kahve çeşitlerinden olan Robusta'da genellikle bu öncü maddenin daha yüksek miktarıyla bağlantılı olarak Arabica kahvelerine göre daha yüksektir. Orta derecede kavrulmuş Arabica ve Robusta kahveleri için sırasıyla yaklaşık 230 ve 500 µg/kg akrilamid tespit edilmiştir (Soares vd, 2015).

Bir çalışmada 16 dakika boyunca 90 °C' den 215 °C' ye kadar endüstriyel bir kahve kavurma işlemi kullanarak akrilamid içeriğindeki değişimler araştırılmıştır. Araştırmacılar maksimum akrilamid seviyesini Arabica adlı kahve çeşidinde bulmuşlardır. Bunun, Arabica'da Robusta'ya kıyasla daha yüksek sakkaroz ve indirgen şeker konsantrasyonundan kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir (Strocchi vd, 2022).

2.8. AKRİLAMİDİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

1980' den bu yana gerçekleştirilen birçok çalışma akrilamidin genotoksik ve teratojenik etkisini kanıtlamıştır. Laboratuvarda deney hayvanları günlük olarak akrilamide (günde 0,5-50 mg/kg) maruz bırakılmış ve deney hayvanlarında meydana gelen nörolojik etkilerin insanlarda gözlemlenenler ile benzer olduğu bildirilmiştir. Friedman yaptığı çalışmada akrilamidin nörotoksik, teratojenik ve karsinojenik olmak üzere hayvanlarda üç ana olumsuz etki oluşturduğunu belirtmiştir. Nörotoksik, genotoksik, kanserojenik, mutajenik etkilerinin yanı sıra teratojenik etkileri ve üreme fonksiyonlarına zararı birçok çalışma ile kanıtlanmıştır (Bušová vd, 2020).

2.8.1. Kanserojenik Etkisi

IARC, 1994 yılında akrilamidi "insanlar için muhtemelen kanserojen" (Grup 2A) olarak sınıflandırmıştır. Akrilamid mutajenik etkisini, epoksit metaboliti glisidamidin DNA eklentileri oluşturma kapasitesi sayesinde gösterir. Nisan 2002'de İsveçli araştırmacılardan oluşan bir ekip, çeşitli gıdalarda akrilamid oluşumunu bildirmiştir ve bu sonuç kanser riski konusunda ciddi endişelere neden olmuştur. Daha sonra çeşitli ülkelerde günlük ortalama akrilamid alım miktarı hesaplanmıştır. Avrupa'da bu değerler İsveç için 0,3 µg/kg/vücut ağırlığı ile İsveç, Norveç, Hollanda ve Belçika için 0,5 µg /kg/vücut ağırlığı arasında değişmektedir. FAO/WHO Ortak Gıda

Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (JECFA), hayvanlar üzerinde yapılan testlere dayanarak gıdalardaki akrilamid düzeylerinin insan sağlığı açısından endişe verici olabileceği ve akrilamidin en önemli olumsuz etkisinin kanser olabileceği sonucuna varmıŐtır. İçme suyunda akrilamid verilen farelerde yapılan bir deneyde meme, tiroid ve merkezi sinir sistemi tümörlerinin görölme sıklığının arttığı görölmüŐtür (Pelucchi vd, 2006).

2009 yılında diyetle akrilamid alımının akciğer kanserine yakalanma riskiyle iliŐkisini gösteren bir çalışma yayınlanmıŐtır. Bu vaka-kohort alıŐması Hollanda'da 58 279 erkek ve 62 573 kadın arasında gerçekleŐtirilmiŐ ve akrilamid içeren gıdaların alımı ve kanser risk faktörleri bir anket aracılığıyla değerlendirilmiştir. Sonuçlara bakıldığında erkeklerde akciğer kanserine yakalanma tehlikesinin akrilamid tüketimiyle artmadığını göstermiştir. Fakat sonuçlar, kadınlar için akrilamidin kadınların akciğer kanseri olasılığını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur (Pruser ve Flynn, 2011).

2.8.2. Nörotoksik Etkisi

Merkezi sinir sistemi vücutta aktif oksijen metabolizmasının önemli bir bölgesidir. Uzun süreli akrilamid alımı, reaktif oksijen türlerinin hücre zarı lipitlerine, proteinlerine ve DNA'ya sürekli saldırmasını, ana hedef organlara zarar vermesini ve Alzheimer ve Parkinson hastalığı gibi hastalıkları tetiklemesini sağlayabilir. Bazı alıŐmalar, akrilamidin periferik kanda ve beyinde süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz ve katalaz gibi oksidatif stresle ilişkili enzimlerin seviyelerinde bir artışa neden olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, periferik sinir sisteminin yapısının veya fonksiyonunun tahrip olmasına neden olarak hareket ve duyuların zayıflamasına veya kaybolmasına neden olmaktadır (Li vd, 2023).

Yapılan alıŐmalar sonucunda on bir gün süreyle 50 mg/kg veya kırk gün süreyle 21 mg/kg akrilamid alındığında benzer etkiye ve maksimum düzeyde nörotoksik etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. KiŐinin yaŐı ve fizyolojik durumunun etken olmasıyla birlikte ilaçlar, besin destekleri, stres, fiziksel aktivite, kolonik flora ve üreme

etmenleri nörotoksik etkinin derecesini belirlemede önemli faktörler arasındadır (Arusoglu, 2015).

Diyetle alınan akrilamid ve toksik etkilerinin değerlendirildiği deney hayvanları üzerinde yapılan bir çalışmada günlük olarak 5 mg/kg vücut ağırlığı düzeyindeki akrilamid miktarı 90 gün boyunca uygulandığında periferik sinir lezyonları gözlemlendiği, miktarın günlük 1 mg/kg vücut ağırlığına düşürülmesi ile birlikte periferik sinirlerde sadece elektron mikroskobu ile tespit edilebilen hasarın oluştuğu, günlük miktarın 0,2 mg/kg vücut ağırlığına düşürülmesi ile hiçbir etkinin gözlemlenmediği belirlenmiştir (Boyacı, 2012).

2.9. GIDALARDAKİ AKRİLAMİDİ AZALTMA YÖNTEMLERİ

Mevcut literatür, 120 °C' yi aşan yüksek sıcaklıklarda, düşük su aktivitesinde ve pişirme türüne bağlı olarak unlu mamüllerde, kahve ve patates gibi yiyeceklerde Maillard reaksiyonu yoluyla akrilamid üretildiğini göstermiştir. Potansiyel nörotoksitesitesi ve olası kanserojenik etkisi nedeniyle akrilamidin gıdalardaki miktarlarının minimum seviyelere çekilmesi araştırmacılar için merak edici bir konu olmuştur. İnsan sağlığı açısından olası zararlı etkileri göz önünde bulundurulduğunda gıdalardaki akrilamid miktarının belirlenmesi ve yaygın olarak tüketilen gıdalardaki konsantrasyonlarının azaltılması önemlidir (Bachir vd, 2022).

Gıdalardaki akrilamid miktarını azaltmak için çeşitli araştırmalar yapılmakta ve birçok yöntem geliştirilmektedir. Bu doğrultuda geliştirilen yöntemler önleyici, koruyucu ve uzaklaştırıcı olarak sınıflandırılabilir. Akrilamid oluşumu için gerekli olan temel maddelerin sistemden uzaklaştırılması önleyici yöntemler olarak adlandırılır. Koruyucu yöntemler, sistemde akrilamid oluşumunu inhibe etmek için ilave edilen katkı maddelerinden oluşmaktadır. Bir diğer yöntem ise gıdada oluşan akrilamidin çeşitli uygulamalarla sistemden ayrılmasını temel alan uzaklaştırıcı yöntemlerdir (Kavuşan ve Serdaroğlu, 2019).

2.9.1. Asparajin ve İndirgen Şekerlerin (Reaktanların) Miktarının Azaltılması

Yapılan bir çalışmada bisküvi üretiminde indirgen şeker olarak sakkaroz tercih edildiğinde oluşan akrilamid miktarında %70 oranında azalma olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışmada fırıncılık ürünlerinde glukoz yerine sükroz kullanıldığında akrilamid oluşumunda azalma meydana geldiği gözlenmiş fakat bisküvilerde yüzey renginin oluşumunda indirgen şekerlerin sükroz ile yer değiştirmesi sonucunda beklenen esmerleşmenin gerçekleşmediği bildirilmiştir (Yıldız, 2014).

Akrilamid oluşumu için öncül maddelerden olan asparajinin gıdalardan elimine edilmesi ile oluşan akrilamid miktarında azalma gözlenebilir. Bunun için asparajin bakımından içeriği daha az olan besinlerin tercih edilmesi veya ısıl işlem aşamasından önce asparajinin sistemden elimine edilmesi ile akrilamid oluşumu en aza indirgenebilmektedir. Asparajin aminoasitinin, aspartik aside ve amonyağa ayrılması kimyasal ya da enzimatik yöntemlerle gerçekleşmektedir. Enzimatik yöntem ile hidrolizin gerçekleşmesi için asparajinaz enzimi kullanılmaktadır. Asparajinaz enzimi ile hidroliz işlemi gerçekleştirildiğinde asparajin miktarında % 88, akrilamid miktarında ise %99 azalma gözlemlenmiştir. Fakat bu yöntemde asparajinin, asparajinaz enzimi ile reaksiyona girebilmesi için asparajinin hücreden tamamen salınması gerekmektedir. Bu da yöntemin kullanılabilirliği açısından bir dezavantaj oluşturmaktadır bunun yanı sıra gıdalardaki kullanımının güvenilirliği konusunda daha çok çalışma yapılması gerekmektedir. Ayrıca asparajinin amin grubunu bloke etmek, asparajinin etkisini azaltmak için uygulanabilecek bir diğer yöntemdir. Bu yöntemde akrilamid oluşumunda ara ürün olan N- glikozid oluşumu engellenerek oluşan akrilamid miktarı azaltılabilecektir. Vass vd. (2004) tarafından yapılan çalışmada hamura asparajin enziminin katılması ile krakerlerde akrilamid oluşumunun %70 oranında azaldığı bildirilmiştir (Alpözen, 2012).

Bir diğer çalışmada maya fermantasyonu, buğday ekmeğinde akrilamid miktarında %80 azalma sağlamıştır ancak ekşi hamurla fermente edilmiş çavdar ekmeğinde yalnızca %17 azalma sağladığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak ekşi mayanın asparajini, maya fermantasyonuna göre daha az oranda azaltması ve çavdar ununda

tipik olarak buğday unundan daha yüksek miktarda asparajin bulunması gösterilmiştir (Lineback vd, 2012).

2.9.2. Katkı Maddesi İlave Etmek

Kalsiyum, glisin, antioksidanlar (biberiye özü, çay polifenoller vb.), fitik asit ve organik asitler gibi diğer küçük bileşenler gıdalardaki akrilamid miktarını azaltmak için üzerinde çalışılan katkı maddeleri arasındadır. Ekmeğe kalsiyum takviyesi akrilamidi yaklaşık %30 oranında azaltmıştır ve bu uygulama İngiltere’ de ekmek üretiminde gerekli görülmektedir (Lineback vd, 2012).

Antioksidanlar özellikle fenolikler ve antioksidan bakımından zengin özütler potansiyel akrilamid oluşum inhibitörleri olarak çalışılan katkı maddeleri arasındadır. Antioksidanların, akrilamid oluşumunun azaltılması üzerine olumlu etkileri tespit edilmiştir. Antioksidanların akrilamid oluşumundaki etki mekanizmaları; Maillard reaksiyonları ara ürünlerini inhibe etmeleri, asparajin ile doğrudan tepkimeye girerek asparajini bloke etmeleri ve lipid oksidasyonunu engellemeleri olarak sıralanabilir. Bununla birlikte çeşitli gıda sistemlerinde yapılan bazı çalışmalar saf fenolik antioksidanların yahut antioksidan ekstraktların kullanımının akrilamid oluşumu üzerinde belirsiz bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Constantinou ve Koutsidis, 2016; Kavuşan ve Serdaroglu, 2019).

Her yüksek aktiviteye sahip antioksidanın gıdalardaki akrilamid miktarını azaltmak üzerine olumlu bir etkisinin olabileceği söylenememektedir. Bazı antioksidanlar sükröz dekompozisyonunu tetiklemekte ve 3-aminopropanamid bileşiğinin akrilamide dönüşümünü hızlandırmaktadır. Mevcut çalışmalarda, kekik fenolik antioksidanlarının akrilamid oluşumunu uyardığı, kızılçık ekstraktlarının ise kızarmış patates dilimlerine eklendiğinde herhangi bir etkiye neden olmadığı bildirilmiştir (Constantinou ve Koutsidis, 2016; Kavuşan ve Serdaroglu, 2019).

Bir araştırmada beyaz ve koyu buğday ile kepekli buğday ve çavdar ekmeklerinde akrilamidin azaltılması için unun temel bileşimi, pişirme süresi ve sıcaklığının etkisi, antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik bileşikler ile arasındaki korelasyon

incelenmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek akrilamid miktarı çavdar ekmeğinde görülürken en az akrilamid miktarı buğday ekmeğinde görülmüştür. 240 °C'de 30 dakika pişirilen beyaz ekmekler, 200 °C'de 35 dakika pişirilenlere göre daha yüksek akrilamid içeriği göstermiştir. Beyaz ekmeklerin kabuklarında pişirme sıcaklığı ve süresinin akrilamid oluşumu üzerindeki etkisi net olarak görülmüştür. Bu çalışmada, pişirme sıcaklığındaki 40 °C'lık artışın, buna karşılık pişirme süresinde 5 dakika azalmayla birlikte, akrilamid seviyeleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir (Przygodzka vd, 2015).

2010 yılında yapılan bir çalışmada ise bisküvilerde akrilamid miktarını azaltmak için katkı maddesi olarak amino asit kullanılmıştır. Bunun için bisküvi formülasyonuna farklı miktarlarda serum protein (hidrolizat %1,25, %2,5, %5,0 ve %10) ilave edilerek 205 °C'de 11 dk ve 15 dk olmak üzere iki farklı sürede pişirilmiştir. Serum protein hidrolizatında bulunan amino asitlerin, asparajinle rekabet ederek indirgen şekerlerle tepkimeye girmeleri sonucunda oluşan akrilamid miktarında %23 – 43 oranında azalma gözlemlenmiştir (Yıldırım, 2010).

Sarımsak tozu kullanılarak ekmekteki akrilamid içeriğinin azaltılması üzerine yapılan bir çalışmada ekmek hamuruna (500 g) 5, 15, 25, 35 ve 45 g oranlarında sarımsak tozu ilave edilmiştir. 5, 15 ve 25 g'lık sarımsak tozu oranlarında eklendiğinde ekmekteki akrilamid düzeyi, sarımsak tozu içermeyen ekmeğe kıyasla sırasıyla %45, %46 ve %49 oranında azalmıştır (Li vd, 2016).

Bir model buğday ekmeği sisteminde polifenollerin akrilamid oluşumu üzerine etkileri incelenmiş ve fenolik bileşikler (gallik asit, ferulik asit, kafeik asit, (+)-kateşin ve kuersetin) %0,1, %0,5, %1,0 ve %2,0 seviyelerinde eklenmiştir. Kontrol buğday ekmeği kabuğunda 65,4 µg/kg akrilamid içeriği tespit edilmiştir. Ekmeğe %0,1 kadar az polifenol eklenmesi akrilamidi önemli ölçüde azaltmıştır. Konsantrasyondan bağımsız olarak tüm fenolik bileşiklerden ferulik asit akrilamid oluşumunu önleyici etki göstermiştir (Mildner-Szkudlarz vd, 2019).

Asma çayı ekstraktının ekmekteki akrilamid miktarına etkisi üzerine yapılan bir çalışmada düşük doz grupları için asma çayı ekstraktı ve ana polifenoli

dihidromirisetin, yüksek doz gruplarına göre ekmekteki akrilamid oluşumu üzerinde daha iyi inhibitör etkiler göstermiştir. Bu polifenollerin yapısı ve redoks özelliklerinden kaynaklanabilir. Çoğu polifenol düşük konsantrasyonda serbest radikali temizlemek için bir antioksidan görevi görür ve öncül, ara ürünler veya akrilamidin kendisiyle reaksiyona girerek düşük sıcaklıklarda akrilamid oluşumunu engeller. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonda polifenolik bileşikler ekmek pişirme sırasında akrilamid oluşumuna katılan hidrojen peroksit üretebilir. Ayrıca bazı polifenolik bileşiklerde de bulunan karbonil kısmı buğday unundaki asparajin ile doğrudan reaksiyona girerek akrilamid oluşturabilir ve bu nedenle bu polifenollerin yüksek dozda eklenmesi akrilamid oluşumunu bir ölçüde arttırabilir (Ma vd, 2020).

2.10. SEBZE VE MEYVELERDEKİ FENOLİK BİLEŞİKLER

Tek veya daha fazla hidroksil grubuna bağlı tek veya daha fazla aromatik halkaya sahip bileşiklere genel olarak fenolik bileşikler denir. Fenolik bileşikler, bilinen 8000'den fazla yapıya sahip en yaygın sekonder bitki metabolitleridir. Bunlar fenolik asitler gibi basit fenoliklerden; tanenler gibi karmaşık bileşiklere kadar değişiklik gösterebilmektedir. Bitkilerin, ultraviyole, patojenler ve diğer avcılara karşı savunma amaçlı ürettikleri moleküllerdir (Alara vd, 2021).

Fenolik bileşikler meyve ve sebzeler başta olmak üzere baklagillerde, çayda, şarapta, kahvede bulunur ve bitkisel besinlerin organoleptik özelliklerini açıklar. Fenolik bileşikler; bitkilerde lignanlar, tanenler, fenolik asitler, stilbenler ve flavonoidler gibi alt kategorilere ayrılmaktadır (Alara vd, 2021).

Antosiyaninler 500'ün üzerinde bitkiden izole edilebilen fenolik bileşiklerdendir. Temel yapı taşı flavilyum iyonu olan antosiyanin, Latincede çiçek ve mavi anlamına gelmektedir. Böğürtlen, ahududu, nar, kırmızı lahana, siyah ve kırmızı kuş üzümü, Fransız fasulyesi, erik gibi birçok meyve ve sebzede bulunan antosiyaninler kırmızı, pembe ve mor gibi çeşitli renkleri veren pigmentlerdir. Antosiyaninler, bitkilerde antioksidan ve savunma, tozlaşma ve üreme gibi birçok olayda önemli rol oynar. Doğada 16 farklı antosiyanidin bulunmaktadır. Bu bileşiklerin üçüncü karbon atomundaki hidroksil grubuna; glukoz, galaktoz, ranoz, ksiloz ve arabinoz gibi

şekerlerden biri veya ikisinin bağlanması ile 140 antosiyanin tespit edilmiştir (Kolaç vd, 2017).

2.11. MOR SOĞAN

Soğan, *Alliaceae* familyasına ait yaşam süresi iki yıl olan bir bitkidir. Birçok toplumun beslenme kültüründe önemli yeri olan soğanın dünya genelinde 55 milyon tona yakın üretimi yapılmaktadır. Kuzey Amerika, Afrika, Asya ve Avrupa gibi farklı bölgelerde geniş bir yayılım göstermektedir. Son 20 yıla bakıldığında en çok bu familyaya ait bitkiler üzerinde bilimsel araştırma yapılmıştır. Ayrıca gıda sanayisinde de farklı yerlerde değerlendirilmek üzere üzerinde çalışılan bir besindir (Taşcı ve Koca, 2019).

Soğan kabukları, soğanı işleme sırasında oluşan atık ürünlerdir. Fitokimyasal kaynağı olan soğan kabuklarının kaybı gıda işleme endüstrileri için ciddi bir problemdir. İşlenmiş gıdalara yönelik artan tüketici talebi nedeniyle bu atık maddelerin faydalı ürünlere dönüştürülmesi israfı en aza indirgeyerek sürdürülebilir yaşam anlayışına katkı sağlayacaktır (Celano vd, 2021).

Soğan kabukları biyoaktif fenolik bileşikler açısından zengindir. Kuersetin, kuersetin glikozitleri ve bunların dimer ve trimer türevleri ile antosiyaninler arasında bulunan siyanidin 3-glukozit en bol bulunan biyoaktif bileşiklerdir (Celano vd, 2021).

Soğan kabuğundaki polifenolik içerik ve antioksidan aktivite, yenilebilir soğan kısmına göre daha yüksektir. Dolayısıyla soğan kabuğunun çeşitli gıdalara eklenmesi katıldığı gıda ürünlerinin biyoaktivitesini artırır. Farklı çalışmalarda soğan tozu gibi antioksidan bakımından zengin bir katkı maddesi ilave edilen fırın ürünlerinin çignenebilirliğinin, sertliğinin, yapışkanlığının genellikle azaldığı gözlemlenmiştir (Balakrishnaraja vd, 2021).

2.11.1. Besinsel İçeriği ve Fenolik Bileşikleri

Ulusal gıda kompozisyonu sonuçlarına göre, çiğ soğanın 100 g yenilebilir kısımda %88,3 su, %8,78 karbonhidratlar, %0,93 protein, %0,16 yağ, %1,52 diyet lifi bulunmaktadır (Taşcı ve Koca, 2019).

Soğan; flavonoidler, fenolik asitler, antosiyaninler, karotenoidler, tiyosülfatlar ve alk(en)il sistein sülfoksitler, terpenoidler, amino asitler, fitoöstrojenler, vitaminler ve mineraller gibi birçok biyoaktif bileşik içermektedir. Soğan yumrusunda bulunan karbonhidratların yaklaşık %80' lik bir bölümü; glikoz, fruktoz, sakaroz gibi yapısal olmayan karbonhidratları ve düşük moleküler ağırlıklı fruktooligosakkaritleri içermektedir. Soğan bünyesinde temel olarak iki fenolik bileşik bulunmaktadır. Bunlar flavonoidler ve alk(en)il sistein sülfoksitlerdir. Flavonoidlerin bir grubu olan antosiyaninler bazı soğan türlerine kırmızı-mor rengini verirken, kersetin ve onun türevleri gibi flavanoller soğanlara kahverengi ve sarı rengini vermektedir. Alk(en)il sistein sülfoksitler ise soğanın kendine özgü tat ve kokusunu veren bileşiklerdir (Taşcı, 2020).

Bir araştırmada soğan kabuğunun yüksek miktarda karbonhidrat (%88,56) içerdiğini, ancak protein (%0,88), kül (%0,39) ve ham lif (%0,15) miktarlarının daha az olduğunu bildirmişlerdir. Soğan kabuğu tozu üzerinde yapılan bir çalışmada protein (%2,58–3,06), ham yağ (%0,71–0,77), kül (%5,50–5,93), toplam diyet lifi (%7,78–62,09) içeriği bulunduğunu gözlemlemişlerdir (Hepsağ ve Esmer, 2022).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

3.1. MATERYALLER

Mor soğan kabuğu ekstraktı için mor soğanlar Karabük'te sebze ve meyve toptan satış merkezinden temin edilmiştir. Ekmek yapımında kullanılan buğday unu, mor un çeşitleri, tuz ve maya yerel marketlerden temin edilmiştir.

Buğday ununun besin içeriği 100 g için karbonhidrat 73,8 g, şekerler 1,3 g, lif 2,4 g, protein 11,5 g, tuz 0,1 g, yağ 1,5 g, doymuş yağ 0,3 g şeklindedir. Mor un ile yapılacak ekmek örnekleri için iki farklı markaya ait mor un yerel marketlerden alınmıştır. Mor unların içeriğine bakıldığında marka 1 mor unda buğday unu, meyve ve sebze kuru (siyah havuç, böğürtlen, yaban mersini, karadut ve antioksidan (askorbik asit) bulunmaktadır. Besin içeriği 100 g için karbonhidrat 70,3 g, şekerler 2,8 g, lif 4,6 g, protein 10,1 g, tuz 0,4 g, yağ 1,4 g, doymuş yağ 0,5 g şeklindedir. Marka 2 mor un içeriğine bakıldığında ise buğday unu, doğal sebze ve meyve özleri (böğürtlen, ekşi mor dut, yaban mersini, nar, vişne, patlıcan, mor soğan kabuğu) bulunmaktadır. Besin içeriği 100 g için 50 g karbonhidrat, 11,5 g protein, 2,03 g lif ve 0,04 g tuz, 0,80 g yağ, 0,02 g doymuş yağ şeklindedir.

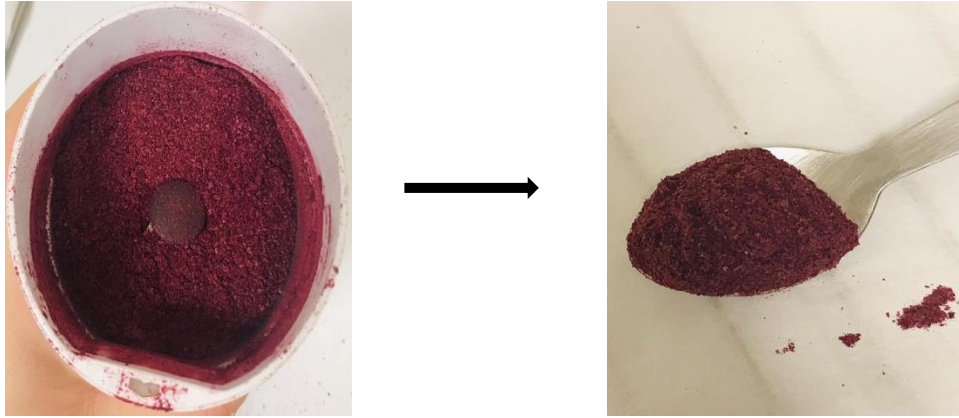
Çalışmada etanol ve metanol (Honeywell, Almanya) firmasından, Folin-Ciocalteu reaktifi, sodyum karbonat, gallik asit ve DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), (Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya) firmalarından temin edilmiştir.

3.2. MOR SOĞAN KABUĞU KURUTMA İŞLEMİ

Mor soğanların kabukları soyulup iki kere yıkanmıştır. Daha sonra mor soğanların suyu uzaklaştırılmıştır. Elde edilen soğan kabukları etiv makinesinde (Nüve- FN 500, Türkiye) 40 °C’ de 48 saat kurutulmuştur (Şekil 3. 1). Kurutma işleminden sonra soğan kabukları baharat öğütücüsünden (Bosch marka) geçirilerek toz haline getirilmiştir (Şekil 3. 2). Mor soğan kabuğu tozları ekmek üretimine kadar -18 °C’ de saklanmıştır.



Şekil 3.1. Mor soğan kabuklarını kurutma işlemi.



Şekil 3.2. Mor soğan kabuklarını toz haline getirme işlemi.

3.3. MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKSİYONU

Mor soğan kabukları 5'er gram olacak şekilde tartılmıştır. 1:10 oranında etanol (%70) eklenerek çalkalamalı inkübatörde (MCİ 120, Türkiye) 50 °C' de 125 rpm 'de 1 saat çalkalanmıştır. Daha sonra örnekler santrifüj makinesinde (Nüve-NF 800, Türkiye) 4000 rpm'de 20 dakika oda sıcaklığında santrifüj edilmiştir. Sonrasında örneklerin süpernatant kısmı alınmıştır. Üstteki süpernatant sıvı kısım rotary evaporatörde (Onilab, RE-100 Pro, Türkiye) 40 °C'de 25 dk evapore edilmiş ve örneklerdeki alkol uçurulmuştur. Elde edilen ekstrakt -20 °C de saklanmıştır (Santos ve Martins, 2022).

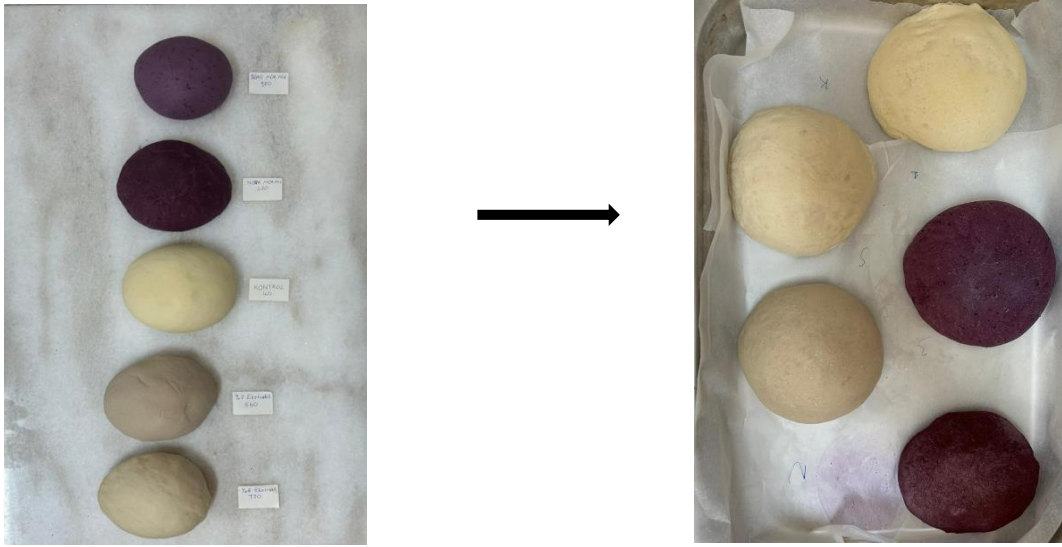
3.4. EKMEK YAPIMI

Ekmek örnekleri direkt hamur yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Ekmek örnekleri için hesaplamalar 200 g un üzerinden yapılmıştır. Kontrol olan ekmekte buğday unu kullanılırken mor ekmek örneklerinde iki farklı markaya ait mor un kullanılmıştır. Mor soğan kabuğu ekstraktı kullanılarak üretilen ekmeklerde ise %1 ve %3 oranlarında ekstrakt kullanılmıştır.

Ekmek yapımında Çizelge 3.1'deki formülasyon uygulanmıştır. Daha sonra malzemeler karıştırıcıda önce yavaş sonra hızlı olacak şekilde 10 dakika yoğurulmuştur. Ekmeklere en son şekli elle yoğurularak verilmiştir. Ekmekler 40 °C de 40 dakika fermantasyon kabininde kitle fermantasyonuna tabi tutulmuştur. Kitle fermantasyonu sonrası örnekler 150 g olacak şekilde parçalara ayrılıp şekil verilmiştir ve inkübatörde (MCİ 120, Türkiye) 40 °C de 1 saat boyunca parça fermentasyonuna bırakılmıştır (Şekil 3.3). Örnekler 200 °C de 20 dakika ve 180 °C de 20 dakika olmak üzere 40 dakika pişirilmiştir (Şekil 3.4). Bu işlemde sonra ekmekler soğutulup, ağırlıkları tartılmıştır. Ekmek üretim aşamaları Şekil 3.5'te gösterilmiştir. (Yavuz, 2019; Yavuz vd, 2022).

Çizelge 3.1. Ekmek formülasyonunda kullanılan bileşenlerin miktarları.

Ekmekler (100 g)	Mor Un (g)	Buğdayunu (g)	Mor soğan kabuğu ekstraktı (ml)	Tuz (g)	Maya (g)	Su (ml)
Kontrol	-	100	-	1,5	2	62
%1 Mor Soğan Kabuğu Ekstraktlı	-	99	1	1,5	2	61
%3 Mor Soğan Kabuğu Ekstraktlı	-	97	3	1,5	2	59
Marka 1 Mor Un	100	-	-	1,5	2	62
Marka 2 Mor Un	100	-	-	1,5	2	62



Şekil 3.3. Hamurların hazırlanması ve fermantasyon işleminden sonraki hali.



Şekil 3.4. Ekmeklerin pişirme işleminden sonraki hali.

Un (Buğday unu veya mor un), su, tuz, maya ve mor soğan kabuğu ekstraktlarının karıştırılması



40 °C de 40 dakika fermantasyon kabininde kitle fermantasyonu



150 gr olacak şekilde parçalara ayırma ve şekil verme



İnkübatörde 40 °C de 1 saat boyunca parça fermentasyonu



200 °C de 20 dakika ve 180 °C de 20 dakika olmak üzere 40 dakika pişirme

Şekil 3.5. Ekmek yapım aşamaları.

3.5. MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKTINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN ANALİZLER

3.5.1. pH Analizi

Mor soğan kabuğu ekstraktının pH değeri, pH metre (Hanna Edge, ABD) ile ölçülmüştür.

3.5.2. Kuru Madde Analizi

Kuru madde analizi için Uslu' nun (2020) çalışmasındaki yöntem değiştirilerek uygulanmıştır. Kuru madde tayini için ekstrakt, 105 °C de etüvde 1 saat petri kaplarında bekletilmiştir. Desikatöre alınıp 20 dk soğutulmuş ve ağırlıkları tartılmıştır. 105 °C de etüvde 6 saat bekletilmiş ve desikatörde 20-30 dk bekletilerek soğutulmuştur. Sonrasında ağırlıkları tartılmıştır. Ölçümler dört tekrar şeklinde yapılmıştır.

3.5.3. Renk Analizi

Renk özelliklerinin ölçümleri renk analiz cihazı (FRU, Çin) ile yapılmıştır. Cihaz ile ekstraktın L*, a*, b* değerleri ölçülmüştür. Renk aralığı parametreleri L* değeri parlaklık ve açıklığı (+=parlaklık, -=koyuluk), a* değeri kırmızı ve yeşilliği (=- yeşil, +=kırmızı), b* değeri sarı ve maviliği (=-mavilik, +=sarılık arasında) göstermektedir. Analizler 4 paralel şekilde gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucu elde edilen verilerin ortalama değerleri bulunmuştur (Kazancı, 2021).

3.6. EKMEK, HAMUR VE MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKTINDA YAPILAN ANALİZLER

3.6.1. Ekmeklerin ve Hamurların Ekstraksiyonu

Ekmek örnekleri öğütücü ile parçalanarak homojenize hale getirilmiştir. Öğütülen ekmeklerden 1 g alınarak üzerine 10 ml çözügen (%80 metanol çözeltisi) ilave

edilmiştir. Örnekler çalkalayıcıda (MCI 120 Çalkalamalı İnkübatör, Türkiye) 75 rpm'de 30 dakika oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Daha sonra 4000 rpm' de 30 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Santrifüjleme işlemi bir kez gerçekleştirilmiştir (Arslan Burnaz vd, 2018).

3.6.2. Toplam Fenolik Madde Analizi

Toplam fenolik madde analizi için 0,2 ml örnek 10 ml' lik bir balon jöje içine konulmuş ve üzerine 6,0 ml damıtılmış su ilave edilmiştir. Daha sonra 0,5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi eklenerek karıştırılmıştır. 1. ve 8. Dakika arasında 1,5 ml %20 sodyum karbonat çözeltisi ilave edilmiştir ve hacim 10 ml' ye ayarlanmıştır. 2 saat sonra oluşan renk, bir UV-Vis Spektrofotometresi kullanılarak 760 nm'de okunmuştur.

Standartlar; 50, 100, 150, 250, 500, 750 ve 1000 mg gallik asitin 1 litre damıtılmış su içerisinde tartılmasıyla oluşturulmuştur. Bu nedenle toplam fenoller GAE olarak ölçülmüştür. Sonuçlar mg GAE/ g olarak belirtilmiştir. Tüm analizler 2 tekrar şeklinde gerçekleştirilmiştir (Arslan Burnaz vd, 2018).

3.6.3. Toplam Antioksidan Aktivite (DPPH) Analizi

Antioksidan aktivite analizinde DPPH indirgeme gücü metodu kullanılmıştır. Uslu'nun (2020) yöntemi değiştirilerek uygulanmıştır. 0,2 mM DPPH çözeltisi hazırlanmıştır. Çözelti hazırlandıktan sonra buzdolabında 4 °C' de saklanmıştır. Örneklerden alınan numuneler damıtılmış su ile seyreltilmiştir. Seyreltmeden sonra numuneler vortekslenmiştir. Daha sonra tüplere 200 µl numune alınmış ve 2 ml DPPH solüsyonu eklenmiştir. Solüsyon karıştırıldıktan sonra tekrar vortekslenmiştir. 30 dakika boyunca oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Daha sonra numunelerin absorbansı 517 nm'de okunmuştur. Sonuçlar, %DPPH indirgeme gücü olarak belirtilmiştir. Tüm analizler 2 tekrar şeklinde gerçekleştirilmiştir.

$$\%DPPH = (\text{Kontrol Absorbansı} - \text{Örnek Absorbansı}/\text{Kontrol Absorbansı}) \times 100 \quad (1)$$

3.7. EKMEKTE YAPILAN ANALİZLER

3.7.1. Ekmek Ağırlıkları

Ekmek ağırlıkları (g) hassas terazide tartılarak ölçülmüştür.

3.7.2. Akrlamid Analizi

Akrlamid analizi için Bursa Özel Gıda Kontrol Laboratuvarından hizmet alımı yapılmıştır. Analiz için Stefanović vd. (2017) yaptıkları çalışmadaki yöntem kullanılmıştır.

3.7.3. Renk Analizi

Renk analizi için Kazancı'nın (2021) çalışmasındaki yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. Renk özelliklerinin ölçümleri renk analiz cihazı (FRU, Çin) ile yapılmıştır. Renk analizi için ekmek örneklerinin kabuk ve iç kısımlarından 3 kez paralel olarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihaz ile ekmeklerin L*, a*, b* değerleri ölçülmüştür. Renk aralığı parametreleri L* değeri parlaklık ve açıklığı (+=parlaklık, -=koyuluk), a* değeri kırmızı ve yeşilliği (-= yeşil, +=kırmızı), b* değeri sarı ve maviliği (-=mavilik, +=sarılık arasında) göstermektedir. Analiz sonucu elde edilen verilerin ortalama değerleri bulunmuştur.

3.7.4. Tekstür Analizi

Tekstür analizi için Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezinden (Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi) hizmet alımı yapılmıştır. Ekmek örneklerinin tekstürel parametreleri tekstür analiz cihazı (TA- HD Plus, İngiltere) ile ölçülmüştür. Ekmek örnekleri 2 cm kalınlığında dilimler haline getirilmiştir. Analiz için 36 mm genişliğinde P/36R probu kullanılmıştır. Test öncesi hız, test hızı ve test sonrası hız sırasıyla 2,0, 1,0 ve 2,0 mm/sn olarak ayarlanmıştır. Sertlik, elastikiyet, yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik gibi çeşitli parametreler ölçülmüştür. Tüm ölçümler dört kez yapılmıştır (Ma vd, 2020).

3.7.5. Nem Analizi

Kontrol, mor un ile yapılan ekmeklerin ve mor soğan kabuğu ekstraktı katkılı ekmeklerin nem içerikleri ICC Metod 110/1 (1976) 'e göre belirlenmiştir. Her ekmek numunesinin 10 gramı, konveksiyonlu bir fırında (SANYO Electric Biomedical Co. Ltd, Tokyo, Japonya) 105 °C'de sabit bir ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. Kurutma öncesi ve sonrası ağırlık farkı hesaplanmıştır.

$$\text{Nem İçeriği (\%)} = ((W_i - W_f)/W_i) \times 100 \quad (2)$$

W_i: Ekmek başlangıç ağırlığı (g)

W_f: Fırınılandıktan sonra ekmek ağırlığı (g)

3.7.6. Kül Analizi

Ekmek örneklerinin kül içerikleri ICC Metod 104/1 (1990)' e göre belirlenmiştir.

3.7.7. Duyusal Analiz

Kontrol ekmek, mor un ile yapılan ekmekler ile mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmeklerin kabuk dış rengi, iç rengi, gözenek yapısı, çiğnenebilirlik, sertlik, lezzet ve genel beğeni özellikleri bakımından değerlendirilebilir üzere duyusal analiz yapılmıştır. Eflani Meslek Yüksekokulu öğrencileri ve öğretim elemanlarından 24 kişiye uygulanmıştır. Belirlenen kişilere duyusal analiz öncesinde ekmeklerin duyusal değerlendirme parametreleri hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Ekmekler dilim haline getirilmiş ve üç rakamlı sayılarla kodlanmıştır. Ekmeklerin duyusal özelliklerinin belirlenmesinde 1-7 puan arasında (1=Hiç Beğenmedim, 4=Orta Derecede Beğendim, 7=Çok Beğendim) değerlendirme yapılmıştır (Yavuz, 2019; Yavuz vd, 2022). Duyusal değerlendirmede kullanılan anket formu Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Duyusal değerlendirme anket formu.

TARİH:					
	140	420	560	780	980
Kabuk Rengi					
İç Renk					
Gözenek Yapısı					
Çiğnenebilirlik					
Sertlik					
Lezzet					
Genel Kabul Edilebilirlik					
Lütfen 1-7 Arasında Puanlama Yapınız					
1: Hiç Beğenmedim		4: Orta Derecede Beğendim		7: Çok Beğendim	
Ek değerlendirme varsa yazınız.					

3.8. İSTATİKSEL ANALİZ

Çalışmada yer alan değişkenlerin normal dağılıma uygunluk gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi, histogram ve Q-Q Plot ile değerlendirilmiştir. Değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerinin gösteriminde ortalama ve standart sapma (SS) değerleri verilmiştir. Farklı ekmek örneklerine ait analiz değerlerinin karşılaştırılmasında ANOVA (One Way ANOVA) ve ikili karşılaştırmalarda Tukey testi kullanılmıştır. Renk sonuçlarının kabuk ve iç bölgeye göre karşılaştırılmasında t testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizler ve hesaplamalar için IBM SPSS Statistics 26.0 (IBM Corp. Released 2019. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp.) programı kullanılmıştır ve istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

BÖLÜM 4

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. MOR SOĞAN KABUĞU EKSTRAKTINA AİT ANALİZ SONUÇLARI

Mor soğan kabuğu ekstraktına ait pH, kuru madde, renk, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite analizine ait sonuçlar Çizelge 4.1 'de verilmiştir. Mor soğan kabuğu ekstraktının pH ortalaması $3,89 \pm 0,04$, kuru madde ortalaması $3,94 \pm 0,34$ şeklinde tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde analizi sonucu $130,68 \pm 8,62$ mg GAE/g mor soğan tozu iken toplam antioksidan aktivite sonucu ortalama $\%52,62 \pm 0,15$ şeklinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Mor soğan kabuğu ekstraktına ait analiz sonuçları.

Mor Soğan Kabuğu Ekstraktı	
pH	$3,89 \pm 0,04$
Kuru madde (%)	$3,94 \pm 0,34$
Toplam Fenolik Ortalama (mg GAE/g mor soğan tozu)	$130,68 \pm 8,62$
Toplam Antioksidan Aktivitesi (%)	$52,62 \pm 0,15$
Renk	
	L $25,40 \pm 0,03$
	a $3,10 \pm 0,06$
	b $-2,26 \pm 0,07$

Santos ve Martins (2022)'in mor soğan kabuğu ekstraktlarında yaptıkları çalışmaya göre toplam fenolik miktarı $103,24$ mg GAE g^{-1} , toplam antioksidan aktivitesi ise $\%56,10$ şeklinde bulunmuştur. Bu bulgular çalışmamızdaki sonuçlar ile benzerdir.

4.2. EKMEK AĞIRLIKLARI

Farklı ekmek örneklerine ait ağırlık sonuçları Çizelge 4.2’ de verilmiştir. Ağırlıkları karşılaştırıldığında tüm ekmek türlerinin ağırlıklarının istatistiksel olarak benzer olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Ekmek örneklerinin ağırlık sonuçlarının karşılaştırılması.

	Ağırlık
Kontrol	122,75 ± 0,96 ^a
% 1 Ekstrakt	121,50 ± 0,58 ^a
% 3 Ekstrakt	121,50 ± 0,58 ^a
Marka 1	122,00 ± 0,82 ^a
Marka 2	123,00 ± 0,82 ^a

Küçük harfler aynı sütun karşılaştırmasını göstermektedir.

Parametrelerde farklı harfle işaretlenmiş olan değerler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Ekmeğin zenginleştirilmesi için ekmeğe farklı oranlarda bezelye ve bakla kabuğu lifleri ilave edilen bir çalışmada da bezelye ve bakla kabuğu lifleri ile hazırlanan ekmekler ile kontrol ekmekleri arasında ağırlık bakımından anlamlı bir fark bulunmamıştır (Belghith Fendri vd, 2016).

4.3. EKMEKLERE AİT RENK ANALİZİ SONUÇLARI

Ekmeklere ait renk analizi sonuçları Çizelge 4.3’ de verilmiştir. L* değerleri parlaklığı (koyuluk-aydınlık), a* değerleri kırmızılık-yeşillik, b* değerleri sarılık-mavilik durumunu göstermektedir. Ekmek örneklerine ait renk ölçümlerine baktığımızda kabuk kısmında kontrol, %1 mor soğan kabuğu ekstraktı ve %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmeklerin L* değerleri benzer olup, marka 1 ve marka 2 mor un ile yapılan ekmeklerinkinden anlamlı derecede yüksektir. Marka 1 ve marka 2 mor unları ile yapılan ekmeklerin kabuk renklerinin diğer ekmek örneklerine göre daha koyu olduğu belirlenmiştir.

Ekmek örneklerine katılan mor soğan kabuğu ekstraktı, ekmek kabuğundaki kırmızı rengin artmasını sağlamıştır. Marka 2 mor un ile yapılan ekmek kabuğu, Marka 1 mor unu ile yapılan ekmeğe göre daha koyu kırmızı renktedir. b^* değerleri açısından marka 2 mor un ile yapılan ekmeğin kabuk kısmının en düşük ortalamayla diğer ekmek türlerinden farklılaştığı belirlenmiştir. Marka 2 mor un ile yapılan ekmeğin kabuk kısmı diğer ekmek örneklerine göre daha az sarı renge sahiptir.

Ekmek örneklerinin iç kısmında ise kontrol ve %1 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmeklerin rengi diğer ekmek türlerine göre daha parlaktır. %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmeğin iç kısmının rengi, %1 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmeğe göre daha koyudur. Marka 1 ve marka 2 mor un ekmeklerinin iç kısmı a^* değeri açısından diğer ekmeklerden daha yüksek ortalamaya sahipken b^* değeri açısından daha düşüktür. İç kısımda maksimum kırmızılığa marka 2 mor un ile yapılan ekmek sahipken onu marka 1 mor un ile yapılan ekmek takip etmektedir. İç bölgede minimum sarı renge marka 1 ve marka 2 mor un ile yapılan ekmekler sahipken maksimum sarı renge kontrol ekmeği, %1 ve %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilmiş ekmekler sahiptir.

Kontrol ve %1 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmek örneklerinin kabuk kısmı, iç kısmına göre daha koyu renge sahiptir. Marka 1 ve marka 2 ekmek örneklerinin kabuk kısmı ise iç kısmına göre daha açık renge sahiptir. a^* değerleri açısından kontrol, %1 ve %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmeklerin kabuk ölçümlerinin ortalaması, iç ölçümlerin ortalamasından anlamlı derecede yüksektir. Kontrol, %1 ve %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmek örneklerinin kabuk kısmı, iç kısmına göre daha kırmızıdır. Marka 1 mor unu ile yapılan ekmeklerin kabuk ve iç kısımlarına ait a^* değerleri benzerdir. Marka 2 mor unu ile yapılan ekmeklerin a^* parametresine ait iç değer, kabuk değerine göre anlamlı derecede daha yüksektir. Marka 2 mor unu ile yapılan ekmek örneğinin iç kısmı, kabuk kısmına göre daha kırmızıdır. b^* değerlerine baktığımızda ise tüm ekmek türlerinin kabuk değerleri, iç değerlerinden anlamlı derecede yüksektir. Ekmek örneklerinin kabuk kısmı, iç kısımlarına göre daha fazla sarı renktedir.

Çizelge 4.3. Renk analizi sonuçlarının ekmek örneklerine göre karşılaştırılması.

Örnekler	Kabuk Kısmı	İç Kısmı
L*		
Kontrol	60,61 ± 2,73 ^{a1}	68,13 ± 6,66 ^{a2}
% 1 Ekstrakt	58,27 ± 6,62 ^{a1}	66,14 ± 4,71 ^{a2}
% 3 Ekstrakt	57,56 ± 3,25 ^{a1}	59,35 ± 4,30 ^{b1}
Marka 1	38,95 ± 2,02 ^{b1}	27,36 ± 2,20 ^{c2}
Marka 2	39,43 ± 5,52 ^{b1}	22,24 ± 2,28 ^{d2}
a*		
Kontrol	11,88 ± 1,85 ^{b1}	0,39 ± 0,68 ^{c2}
% 1 Ekstrakt	12,53 ± 1,77 ^{a,b1}	0,27 ± 0,27 ^{c2}
% 3 Ekstrakt	12,91 ± 1,56 ^{a,b1}	0,85 ± 0,48 ^{c2}
Marka 1	12,24 ± 1,24 ^{b1}	12,73 ± 0,97 ^{b1}
Marka 2	14,58 ± 2,26 ^{a1}	17,00 ± 1,70 ^{a2}
b*		
Kontrol	34,76 ± 2,23 ^{a1}	14,85 ± 3,56 ^{a2}
% 1 Ekstrakt	33,34 ± 2,07 ^{a1}	13,29 ± 1,21 ^{a2}
% 3 Ekstrakt	32,08 ± 1,27 ^{a1}	13,76 ± 1,32 ^{a2}
Marka 1	11,43 ± 2,81 ^{b1}	-2,02 ± 0,97 ^{b2}
Marka 2	2,95 ± 2,24 ^{c1}	-2,71 ± 0,41 ^{b2}

Rakamlar (¹⁻²) aynı satır karşılaştırmasını göstermektedir. Küçük harfler (^{a-d}) ise aynı sütun karşılaştırmasını göstermektedir. Parametrelerde farklı rakam ve harfle işaretlenmiş olan değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

Soğan kabuğu tozu ile zenginleştirilen pizza üzerine yapılan bir çalışmada pizza tabanlarının renk ölçümlerine bakıldığında kontrol örneğinde maksimum açıklık, minimum kızarıklık ve maksimum mavilik görülürken, %5 soğan kabuğu tozu ilaveli pizza tabanında en koyu renk, maksimum kırmızılık görülmüştür (Sagar ve Pareek, 2020). Çalışmamızda mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmekler ile kontrol ekmeğinin kabuk kısmı benzer parlaklığa sahipken %3 ekstrakt katılan örneğin iç kısmı, kontrol ve %1 ekstrakt ilave edilen ekmeğin iç kısmına göre daha koyu renktedir. %3 ekstrakt katılması ile ekmek örneğinin iç renginin koyulaşması Sagar ve Pareek (2020) çalışma sonucu ile benzerdir.

Soğan kabuğu ekstraktıyla yapılan bir çalışmada ekmekler %0,5 ve %1 olmak üzere iki farklı oranda ekstrakt ile zenginleştirilmiştir. Katılan ekstrakt oranının artması, ekmek kırıntısının renginin koyulaşmasına ayrıca hem sarı hem de kırmızı rengin artmasına neden olmuştur. Buğday ekmeğine eklenen soğan kabuğu ekstraktının ekmek renginde belirgin bir koyulaşmaya, yani L* parametresinin değerinde azalmaya neden olduğu saptanmıştır. Ekmekte soğan kabuğu ekstraktı varlığı, a* parametresinin (kırmızı rengin) ve b* parametresinin (sarı renk) artmasına katkıda bulunmuştur (Czaja vd, 2020). Çalışmamızda ekmek örneğine %3 ekstrakt katılması ekmeğin iç kısmının kontrole göre daha koyu renge sahip olmasını sağlamıştır ve bu sonuç Czaja vd. 'nin (2020) yaptığı çalışmayı desteklemektedir. %1 ve %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmek örneklerinin kabuk kısmına ait a* (kırmızılık) değerlerinde kontrol örneğine göre bir artış söz konusudur fakat örnekler arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

4.4. EKMEKLERE AİT TEKSTÜR ANALİZİ SONUÇLARI

Ekmek örnekleri; sertlik, elastikiyet, yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik açısından karşılaştırılmış ve sonuçları Çizelge 4.4' de gösterilmiştir. Marka 2 mor un ile yapılan ekmeklerin sertlik, yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik parametrelerine ait ortalama değer beyaz undan yapılan kontrol ekmeğinden ve diğer ekmeklerden daha yüksek bulunmuştur. Marka 1 mor un ile hazırlanan ekmek, kontrol ekmeği ve diğer ekmek örnekleri ile kıyaslandığında en yumuşak ve elastik ekmek türü olarak tespit edilmiştir. Farklı mor un markaları ile hazırlanan ekmek örnekleri arasında tekstür parametreleri bakımından anlamlı bir farklılık mevcuttur. Bunun nedeni olarak mor unların içerdiği meyve ve sebze çeşitlerinin ve oranlarının farklı olması gösterilebilir. %1 mor soğan kabuğu ekstraktı ile yapılan ekmeğin tekstürel özellikleri, buğday unu ile yapılan kontrol ekmeği ile benzerdir. %3 ekstrakt katkılı ekmek örneği, kontrol ve %1 ekstrakt katkılı ekmek örneklerine göre daha az sakızımsı ve esnek iken diğerlerine göre daha yumuşaktır. Mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmekler ile kontrol ekmeği kıyaslandığında örnekler arasında elastikiyet, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik açısından anlamlı bir farklılık yoktur.

Çizelge 4.4. Tekstür analizi sonuçlarının ekmek örneklerine göre karşılaştırılması.

Örnekler	Sertlik	Elastikiyet	Yapışkanlık	Sakızimsılık	Çiğnenebilirlik	Esneklik
Kontrol	704,28 ± 37,13 ^b	0,69 ± 0,04 ^b	0,74 ± 0,02 ^b	518,50 ± 11,68 ^b	353,03 ± 26,16 ^b	0,41 ± 0,01 ^b
%1 Ekstrakt	669,24 ± 21,14 ^b	0,71 ± 0,07 ^b	0,75 ± 0,003 ^b	509,30 ± 17,47 ^b	351,15 ± 18,05 ^b	0,40 ± 0,002 ^b
%3 Ekstrakt	566,68 ± 50,05 ^c	0,73 ± 0,05 ^b	0,73 ± 0,01 ^b	412,85 ± 30,16 ^c	306,35 ± 41,97 ^b	0,37 ± 0,01 ^c
Marka 1	532,88 ± 71,47 ^c	0,80 ± 0,004 ^a	0,74 ± 0,003 ^b	400,11 ± 48,77 ^c	308,88 ± 40,43 ^b	0,38 ± 0,006 ^b
Marka 2	1276,33 ± 70,51 ^a	0,68 ± 0,03 ^c	0,80 ± 0,01 ^a	1009,99 ± 71,30 ^a	691,87 ± 14,48 ^a	0,50 ± 0,01 ^a

Küçük harfler (a-c) aynı sütun karşılaştırmasını göstermektedir.

Parametrelerde farklı rakam ve harfle işaretlenmiş olan değerler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

Soğan kabuğu tozu katkısının Chapatti adı verilen gözlemeler üzerindeki tekstürel ve biyoaktif etkileri incelenen bir araştırmada soğan kabuğu tozu ilaveli Chapatti'lerin, kontrol Chapatti'lere göre daha yumuşak oldukları tespit edilmiştir. Kontrol Chapatti'nin, soğan kabuğu tozu ilavesiyle formüle edilen Chapatti'ye kıyasla daha yüksek esnekliğe sahip olduğu gözlenmiştir (Siddiqui vd, 2022). Benzer şekilde çalışmamızda da buğday unu ile hazırlanan kontrol ekmeği, %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmeğe göre daha esnek ve serttir.

Antioksidanca zengin meyve ve sebze tozları ile fonksiyonel ekmeğin üretimi üzerine yapılan bir çalışmada sertlik, esneklik, yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik, elastikiyet gibi tekstürel özellikler incelenmiştir. Antioksidan ilaveli ekmeklerin kontrol ekmeğine kıyasla daha sert ve daha az elastik olduğu bildirilmiştir. Bu sertlik artışının böğürtlen ve çilek posasında yer alan diyet lifleri ve protein gibi makro besinlerin ekmeğin oluşumuna girmesi ile ilişkilendirilmiştir. Böğürtlen ve çilek küspesi katkılarının aynı zamanda ekmeklerin esneklik ve elastikiyet değerlerinde azalışa neden olduğu tespit edilmiştir. Mor havuç tozu katılan ekmeklerin kontrol ekmeğine böğürtlen ve çilek ilavelerine kıyasla daha benzer sonuçlar gösterdiği bildirilmiştir (Furkan Erdoğan, 2022). Çalışmamızda en sert ve en az elastik olan ekmeğin türü marka 2 mor un ile yapılan ekmeğdir. Antioksidan bakımından en zengin içeriğe sahip olan marka 2 mor un ile yapılan ekmeğin diğer ekmeğin türlerine göre daha sert olması bu çalışma ile benzer bir sonuç göstermiştir. Marka 1 mor un ile yapılan ekmeğin ve %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmeğin örnekleri ise en az sertliğe sahip ekmeğin örnekleridir. Bu farkın oluşmasında mor unlardaki antioksidanların elde edildiği meyve ve sebze çeşitlerinin ve oranlarının farklı olması etkili olabilir.

4.5. EKMEK VE HAMURLARA AİT TOPLAM FENOLİK MADDE ANALİZİ SONUÇLARI

Hamur ve ekmeğin örneklerine ait toplam fenolik madde sonuçları Çizelge 4.5 'de yer almaktadır. Hamur ve ekmeğin örneklerinde, toplam fenolik madde açısından birbirleri arasındaki farklılık aynıdır. En yüksek toplam fenolik madde, marka 2 mor un ile yapılan hamur ($0,91 \pm 0,028$ mg GAE/g) ve ekmeğin ($1,23 \pm 0,04$ mg GAE/g) iken

onu marka 1 mor unlu hamur ($0,45 \pm 0,033$) ve ekmek ($0,68 \pm 0,03$ mg GAE/g) takip etmektedir. %3 mor soğan kabuğu ekstraktı katkılı hamur ve ekmek örneğine ait toplam fenolik madde miktarları ise sırasıyla $0,29 \pm 0,020$ mg GAE/g ve $0,54 \pm 0,02$ mg GAE/g şeklindedir ve kontrol ekmeği ile kıyaslandığında toplam fenolik miktarı daha yüksektir. En az toplam fenolik madde ise kontrol ve %1 mor soğan kabuğu ekstraktı katkılı hamur ve ekmek örneklerinde tespit edilmiştir. Kontrol ve %1 ekstrakt katkılı ekmek örnekleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. %3 ekstrakt katkılı ekmek ise kontrol ile kıyaslandığında toplam fenolik bakımından istatistiki olarak daha yüksek içeriğe sahiptir.

Çizelge 4.5^e de görüldüğü gibi kontrol örneği hariç ekmek örneklerinin toplam fenolik içeriği, hamur örneklerinden istatistiki olarak daha yüksektir. Kontrol örneği dışında hamur örnekleri pişirme işleminden geçirildikten sonra ekmek örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarının arttığı bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 4.5. Ekmek örneklerine ait toplam fenolik madde sonuçları.

	Hamur	Ekmek
Örnekler	Toplam fenolik madde (mg GAE/g)	
Kontrol	$0,22 \pm 0,041^{d1}$	$0,27 \pm 0,04^{d1}$
% 1 Ekstrakt	$0,19 \pm 0,005^{d1}$	$0,37 \pm 0,01^{d2}$
%3 Ekstrakt	$0,29 \pm 0,020^{c1}$	$0,54 \pm 0,02^{c2}$
Marka 1	$0,45 \pm 0,033^{b1}$	$0,68 \pm 0,03^{b2}$
Marka 2	$0,91 \pm 0,028^{a1}$	$1,23 \pm 0,04^{a2}$

Rakamlar (¹⁻²) aynı satır karşılaştırmasını göstermektedir. Küçük harfler (^{a-d}) ise aynı sütun karşılaştırmasını göstermektedir. Parametrelerde farklı rakam ve harfle işaretlenmiş olan değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

Soğan kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilmiş buğday ekmeğinin kalitesi ve antioksidan aktivitesi üzerine yapılan bir çalışmada soğan kabuğu ekstraktının dozunun artmasıyla ekmekteki toplam polifenol ve flavonol içeriklerinin ve antioksidatif aktivitenin arttığı gözlemlenmiştir. 24 °C'de saklanan %1 soğan kabuğu ekstraktlı ekmekte, 4 °C'de saklanan ekmeğe göre daha yüksek toplam flavonol içeriği bulunmuştur. Soğan kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilen ekmekler, kontrol buğday ekmekleriyle karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha yüksek toplam polifenol

içeriği tespit edilmiştir ve bu ekmeklerin daha yüksek antioksidatif aktiviteye sahip olmasını sağlamıştır. %1 soğan ekstraktı ilavesi yapılan ekmeklerde bu özelliklerde daha büyük değişiklikler gözlemlenmiştir (Czaja vd, 2020). Bu çalışmada, %1 ve %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmek örnekleri, kontrol ekmeğine göre toplam fenolik madde miktarı açısından daha yüksek içeriğe sahiptir. Ayrıca katılan ekstrakt miktarı arttıkça toplam fenolik madde miktarı da artış göstermiştir. Fakat kontrol ekmeği ile %1 ekstrakt ilave edilen ekmek örneği arasında istatistiksel açıdan bir fark tespit edilememiştir.

Yapılan bir diğer çalışmada glutensiz ekmeğe soğan atıklarının farklı formlarının eklenmesinin etkileri araştırılmıştır. Glütensiz unun %5' i, kızarmış soğan, kurutulmuş soğan ve soğan kabuğu olmak üzere üç farklı formda ilave edilmiştir. Toplam polifenolik içeriklerine bakıldığında en yüksek değer soğan kabuğu ile zenginleştirilmiş ekmekte ($5,28 \pm 0,11$ mg GAE/g) tespit edilmiştir. Zenginleştirilmiş hamur ve ekmeklerdeki polifenol içeriği soğan kabuğu > kurutulmuş soğan > kızartılmış soğan > kontrol olacak şekilde azaldığı bildirilmiştir (Bedrníček vd, 2020).

Üç farklı oranda (%2, 4, 6) soğan tozu eklenen ekmeklerde soğan tozunun ekmeğin antioksidan özellikleri ve fenolik profili üzerine etkisi incelenmiştir. %6 soğan tozu katkılı ekmekteki gallik asit seviyesinin, kontrol ekmeği ile kıyaslandığında 450 kat artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, bazı gallat türevlerinin ısı etkisiyle gallik asite dönüştüğü bildirilmiştir. Ayrıca gıdada yer alan bileşenlerin kendi aralarında ve fenolik bileşenler ile olan etkileşiminin, pişirme işlemi sonrasında bazı tepkimelerin gıdanın toplam fenolik ve antioksidan aktivite miktarında değişiklik gerçekleştirebileceğini ifade etmişlerdir (Meral, 2016). Ekmek üzerine araştırma yapılan bir diğer çalışmada da pişirme süresi ne olursa olsun unla karşılaştırıldığında pişirme işlemi sonrası kepekli ekmekte fenolik bileşik miktarında artış gözlenmiştir (Gelinis ve McKinnon, 2006).

Bir diğer çalışmada fermentasyon ve pişirme işleminin buğday ekmeğinde antioksidan aktivitenin yanı sıra çözünebilir fenolik bileşik içeriğini de arttırdığı tespit edilmiştir. İşlem aynı zamanda çözünmeyen fenolik bileşiklerin içeriğini diğer

bileşenlerden ayırarak arttırmıştır. Tam tahıllı unlarla yapılan benzer çalışmalarda fermentasyon ve pişirme sonrasında daha da fazla serbest fenolik bileşik tespit edilmiştir. Artan sıcaklıklarla birlikte bağlı fenolik bileşik içeriğinin azaldığı, serbest fenolik bileşik içeriğinin ise arttığı sıklıkla gözlenmektedir (Schefer vd, 2021).

Toplam fenolik madde miktarının ısıtma işlemi uygulaması sonrasında azalması genel olarak beklenen bir durumdur. Fakat pişirme işlemi sonrasında gıdalarda bağlı halde bulunan fenolik bileşiklerin serbest forma geçmesi, antioksidan bileşiklerin aktivitesini engelleyen enzimlerin elimine edilmesi, Maillard tepkimesi sonucu oluşan ara ürünler gibi çeşitli nedenler ile ısıtma işlemi sonrasında antioksidan aktivitenin yükselebileceği belirtilmiştir (Meral, 2016).

Bu çalışmada bir gıda atığı olan mor soğan kabukları ekstrakte edilmiş ve %1, %3 oranlarında ekmeğe yapımına ilave edilerek ekmeğın fenolik bileşik açısından zenginleştirilmiştir. Böylelikle hem meydana gelen gıda atığı miktarının minimuma indirilmesi sağlanmış hem de fenolik bileşik bakımından zengin içeriğe sahip ekmeğın elde edilmiştir.

4.6. EKMEK VE HAMURLARA AİT TOPLAM ANTIOKSİDAN AKTİVİTE (DPPH) SONUÇLARI

Hamur ve ekmeğın örneklerine ait toplam antioksidan aktivite sonuçları Çizelge 4.6' da verilmiştir. Hamur örnekleri arasında toplam antioksidan aktivite açısından en yüksek değerlere sahip olan marka 2 mor un ($38,40 \pm 0,72$) ile yapılan hamur, sonrasında da marka 1 mor un ($16,01 \pm 2,32$) ile yapılan hamur türüdür. Ekmeğın ölçümlerine baktığımızda ise tüm ekmeğın örneklerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu, en yüksek ortalamanın marka 2 mor un ile yapılan ekmeğın örneğine ($42,60 \pm 0,2$), en düşük ortalamanın da beyaz buğday unu ile yapılan kontrol örneğine ($4,29 \pm 0,51$) ait olduğu tespit edilmiştir. %3 mor soğan kabuğu ekstraktı katkılı ekmeğın toplam antioksidan aktivite ortalaması ($19,79 \pm 0,3$), %1 ekstrakt katkılı ekmeğın ($11,46 \pm 0,24$) göre daha yüksektir. Bu durum ekmeğın katılan mor soğan kabuğu ekstraktı miktarının artmasıyla birlikte toplam antioksidan miktarının da arttığını göstermektedir.

Çizelge 4.6. Ekmek örneklerine ait toplam antioksidan aktivite (DPPH) sonuçları.

Örnekler	Hamur	Ekmek
	Toplam antioksidan aktivitesi (%)	
Kontrol	0,32 ± 0,054 ^{c1}	4,29 ± 0,51 ^{e2}
% 1 Ekstrakt	1,54 ± 0,29 ^{c1}	11,46 ± 0,24 ^{d2}
%3 Ekstrakt	2,60 ± 0,23 ^{c1}	19,79 ± 0,3 ^{c2}
Marka 1	16,01 ± 2,32 ^{b1}	30,23 ± 0,71 ^{b2}
Marka 2	38,40 ± 0,72 ^{a1}	42,60 ± 0,2 ^{a2}

Rakamlar (¹⁻²) aynı satır karşılaştırmasını göstermektedir. Küçük harfler (^{a-e}) ise aynı sütun karşılaştırmasını göstermektedir. Parametrelerde farklı rakam ve harfle işaretlenmiş olan değerler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0.05$).

Sarı soğan kabuğu ekstraktı kullanılarak zenginleştirilen ekmekte toplam fenolik içeriği ve toplam antioksidan aktivite özellikleri araştırılmıştır. Un ağırlığına bağlı olarak %0,1, %0,25, %0,5 oranlarında soğan kabuğu ekstraktı ekmeğe ilave edilmiştir. Buğday hamurunun soğan kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilmesinin, son ürünün polifenol düzeylerini ve antioksidan aktivitesini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir. Hamurun %0,5 ekstraktla zenginleştirilmesi, ekmekteki toplam fenolik içeriğin 4 kat, antioksidan aktivitenin ise 7 kat artmasına neden olduğu bildirilmiştir (Piechowiak vd, 2020).

Tam tahıllı unun soğan kabuğu tozu ile zenginleştirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada ise tam tahıllı una 1, 2, 3 ve 4 g/100 g oranlarında soğan kabuğu tozu katılmıştır. Toplam fenolik içeriğine bakıldığında kontrol ekmeği en düşük içeriğe sahipken, %1, %2 ve %3 soğan kabuğu tozu ilave edilen tahıllı ekmeklerin kontrole göre sırasıyla 2, 2,5 ve 3 kat daha fazla toplam fenolik içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir. Tüm tahıllı ekmekler arasında anlamlı bir fark gözlenmiştir ve kontrol örneğine göre önemli ölçüde daha yüksek düzeyde flavonoid içeriği tespit edilmiştir. Toplam antioksidan aktivitesi incelendiğinde soğan kabuğu tozu ile zenginleştirilmiş numunelerde önemli bir sonuç elde edilmiştir. Kontrol ekmeği, en düşük toplam antioksidan aktivitesi gösterirken %4 soğan kabuğu tozu ile zenginleştirilmiş ekmekler en yüksek değeri göstermiştir. Ekmek örneklerine katılan soğan kabuğu tozunun, örneklerin toplam antioksidan aktivitesini yükselttiği tespit edilmiştir (Sagar ve Pareek, 2021). Sagar ve Pareek (2021) ve Piechowiak vd. (2020) yaptıkları

çalışmalarda fenolik içerik arttıkça antioksidan içeriğinin de beklenildiği gibi arttığı bulunmuştur. Benzer sonuç bu çalışmada da elde edilmiş ve ekmek örneklerinin fenolik içeriği arttıkça antioksidan aktivitenin de aynı doğrultuda arttığı tespit edilmiştir.

Toplam antioksidan aktivite ölçüm değerleri açısından bütün ekmek örneklerinde hamur ve ekmekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Hamur ve ekmek örnekleri kıyaslandığında tüm ekmek örneklerinde toplam antioksidan miktarının hamuruna göre daha yüksek ortalamaya sahip olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.6).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile benzer şekilde bazı zenginleştirme çalışmalarında ısıtma işlem sonrası antioksidan miktarının arttığı gözlenmiştir. Isıtma işlem sonrası antioksidan aktivitenin artması; antioksidan aktiviteyi olumsuz etkileyen oksidatif enzimlerin yıkıma uğraması, ısıtma işlemin hücre duvarının yapısını bozması, ısıtma işlem sonucunda yeni antioksidan maddelerin meydana gelmesi gibi birçok yol ile gerçekleşebilir (Meral, 2016). Darı ununun pişirme işleminden sonraki içerdiği antioksidan aktivite miktarı üzerine yapılan bir çalışmada pişirme işlemi gerçekleştirildikten sonra darı unundan elde edilen üründe antioksidan aktivitenin önemli miktarda arttığı bildirilmiştir (Gupta ve Nagar, 2010).

Isırgan otu ile zenginleştirilmiş ekmeklerdeki toplam fenolik ve antioksidan aktivite miktarları üzerine yapılan bir diğer çalışmada ekmek hamurunda toplam fenolik miktarının $777 \mu\text{g GAE/g}$ iken tamamen pişmiş ekmekte $835 \mu\text{g GAE/g}$ 'a yükseldiği ve bununla birlikte toplam antioksidan aktivite miktarının hamur ile kıyaslandığında pişmiş ekmekte daha yüksek miktarda gözlendiği bildirilmiştir. Bu sonucun, antioksidan bileşiklerin salınımından ve pişirme işlemi sırasında su kaybından kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca literatürde hem pişirme işlemine hem de Maillard reaksiyonuna bağlı olarak toplam fenolik miktarının arttığına dair birçok çalışma mevcuttur (Maietti vd, 2021).

Üzüm ve nar çekirdeği ile zenginleştirilmiş ekmeğin antioksidan aktivitesi ve fenolik madde içeriği üzerine fermantasyon süresi ve pişirme sıcaklığının etkisinin

araştırıldığı bir çalışmada pişirme işleminin antioksidan aktiviteyi arttırdığı ve gallik asit içeriğinin 10 kat artış gösterdiği tespit edilmiştir. Pişirme işleminin biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktiviteyi önemli ölçüde etkilediği bildirilmiştir (Meral ve Erim Köse, 2019).

Bu çalışmada ise en yüksek toplam antioksidan aktivite marka 2 mor un ile yapılan ekmekte tespit edilmiştir. %3 ekstrakt katkılı ekmek örneğinin antioksidan aktivite içeriği, %1 ekstrakt katkılı ekmek örneğine göre daha fazladır. Fenolik bileşikler, yüksek antioksidan özelliğe sahip bileşiklerdir. En yüksek toplam fenolik miktarının marka 2 mor unu ile yapılan ekmekte tespit edilmesi nedeniyle en yüksek toplam antioksidan aktivitenin marka 2 mor unu ile yapılan ekmekte çıkması beklenen bir durumdur. Mor soğan kabuğu ekstraktı ilavesi ve mor unlar, ekmeklerin toplam antioksidan aktivitesini buğday unu ile yapılan kontrol ekmeğine göre önemli ölçüde arttırmıştır.

4.7. EKMEKLERE AİT AKRİLAMİD ANALİZ SONUÇLARI

Ekmek örneklerinde kullanılan akrilamid analizinde dikkate alınan ölçüm limit değeri 0,1 mg/kg'dır. Ekmek örneklerinin akrilamid analizi sonuçları dikkate alınan ölçüm limit değerinin altında kalmıştır.

Ekmekte akrilamid miktarları üzerine yapılan bazı çalışmalarda ekmek formülasyonuna şeker ve yağ da katılmaktadır. Yeşil çaydan ekstrakte edilen epigallokateşin gallatın ekmekteki akrilamid oluşumunu azaltmadaki etkisinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Ekmek formülasyonuna sırasıyla 3,3, 6,6 veya 9,9 g·kg⁻¹ oranlarında ilave edilmiştir. Kontrol ekmeğinin kabuk kısmında en yüksek akrilamid miktarı (52,2 µg·l⁻¹) tespit edilmiştir. Akrilamid, 3,3 g·kg⁻¹ epigallokateşin gallat katılan ekmekte 36,4 µg·l⁻¹ tespit edilmiş ve kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında %30,2 oranında akrilamid miktarının azaldığı bildirilmiştir. 6,6 ve 9,9 g·kg⁻¹ epigallokateşin gallat ilave edilen ekmeklerde akrilamid içeriği sırasıyla 34,29 ve 32,69 µg·l⁻¹ şeklinde tespit edilmiştir (Fu vd, 2018).

Yapılan bir çalışmada simit ve ekmeklerdeki akrilamid miktarı kıyaslandığında simitte bulunan akrilamid miktarının ekmekteki akrilamid miktarına göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Akrilamid miktarının simitte ekmekten daha fazla çıkmasının nedeni büyük olasılıkla simidin pekmez gibi bir şerbet ile kaplandıktan sonra ısı ileme tabii tutulmasıdır. Bu işlemde gıdanın yapısındaki şeker miktarını bununla birlikte de akrilamid miktarını arttırmaktadır (Yıldız, 2014). Çalışmamızda ekmek yapımında şeker kullanılmamıştır. Bu nedenle akrilamid oluşumu için uygun ortam oluşmamış olabileceği ve buna bağlı olarak ekmek örneklerinde belirlenen limit düzeyinde akrilamid oluşumunun gözlenmediği düşünülmektedir.

Patates, kinoa ve buğday unlarına meyve ve sebze kabukları eklenerek hazırlanan yassı ekmeklerin akrilamid içeriği üzerine yapılan bir araştırmada veriler değerlendirildiğinde bilinmeyen mekanizmalarla akrilamid içeriğinde hiçbir etki gösterememiş veya akrilamid içeriğinde artış görülmüştür. Örnek olarak akrilamid içeriği 487 µg/kg olan takviye edilmemiş patates yassı ekmeğinin akrilamid seviyesinin, %5 elma kabuğu ilavesiyle 1260 µg/kg'a ve %10 ilave ile 906 µg/kg'a yükseldiği tespit edilmiştir. Buna karşılık, kontrol kinoa yassı ekmeklerinde akrilamid miktarı 6,4 µg/kg iken %5 elma kabuğu ilavesi ile akrilamid miktarı 10,5 µg/kg'a , %10 elma kabuğu ilavesi ile 11,8 µg/kg'a yükselmiştir. Kontrol buğday yassı ekmeğinde akrilamid miktarı 29,4 µg/kg iken %5 ve %10 oranında eklenen elma kabuğu ile akrilamid seviyesi sırasıyla 52,1 µg/kg ve 63,2 µg/kg' a yükselmiştir. Çalışmada iki farklı elma türüne ait elma kabuğu kullanılmıştır ve iki elma türü kıyaslandığında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Görüldüğü üzere akrilamid miktarı üzerine yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Farklı elma kabuklarındaki indirgeyici şekerlerin bileşimi ve kabuklardaki artan asparajin miktarı ile bağlantılı bir şekilde akrilamid oluşumu artmış olabilir (Crawford vd, 2019). Bu alanda daha çok araştırma yapılarak konunun aydınlatılmasına katkı sağlanmalıdır.

4.8. EKMEKLERE AİT NEM VE KÜL ANALİZİ SONUÇLARI

Ekmek örneklerine ait nem ve kül analiz sonuçları Çizelge 4.7 'de verilmiştir. Ekmek örneklerine ait nem analizi sonuçlarına bakıldığında kontrol ekmeğinin ortalaması

%28,73 ± 1,10 şeklindedir ve diğer ekmek örnekleri ile arasında anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Marka 2 mor unlu ekmek örneğinin kül içeriği 1,73 ± 0,24'tür ve ekmek türleri arasında kül değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Nem ve kül analizi sonuçlarının ekmek örneklerine göre karşılaştırılması.

	Kontrol	%1 Ekstrakt	%3 Ekstrakt	Marka 1	Marka 2
Nem (%)	28,73 ± 1,10 ^a	28,15 ± 2,54 ^a	27,92 ± 1,04 ^a	28,61 ± 2,51 ^a	29,10 ± 1,34 ^a
Kül	1,41 ± 0,22 ^a	1,59 ± 0,07 ^a	1,46 ± 0,24 ^a	1,63 ± 0,003 ^a	1,73 ± 0,24 ^a

Küçük harfler aynı satır karşılaştırmasını göstermektedir.

Parametrelerde farklı harfle işaretlenmiş olan değerler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

İğde tozu üzerine yapılan bir çalışmada %5, %10 ve %15 oranlarında iğde tozu ile ekmekler zenginleştirilmiştir. 0. ve 1. günde yapılan nem ve kül analizi sonuçları incelendiğinde kontrol ekmekleri ile %5 ve %10 iğde tozu eklenen örneklerin nem ve kül içerikleri arasında bir farklılık bulunamamıştır (Yavuz vd, 2022).

Yapılan bir diğer çalışmada buğday ununa %2 oranında kırmızı ve sarı soğan kabuğu tozu katılmıştır. Ekmeklerin nem miktarı içerikleri, istatistiksel olarak kontrol örneğine kıyasla düşük olduğu saptanmıştır. Kontrol ekmeğin nem miktarı %34,9 değerinde olurken, %2 sarı soğan kabuğu tozu katkılı ekmeğin nem miktarı %31,6, %2 kırmızı soğan kabuğu tozu katkılı ekmeğin toplam nem miktarı %27,5 olarak saptanmıştır. Ekmeğe %2 oranında kırmızı soğan ilavesinin, %2 oranında sarı soğan kabuğu tozu ilavesine kıyasla ekmekte nem miktarını daha fazla düşürdüğü bildirilmiştir. Literatürdeki çalışmalarda katkı maddesinin kimyasal bileşiminin nem içeriğini etkilediği kanıtlanmıştır (Esmer, 2023). Esmer (2023)'in çalışmasından farklı olarak yaptığımız analiz sonuçlarında kontrol ekmeği ile mor soğan kabuğu ekstraktı ilaveli ekmekler arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Kullanılan soğan çeşidinin farklı olması ve ekmeğe toz ya da ekstrakt formunda ilave edilmiş olması farklı sonuçlara neden olmuş olabilir.

4.9. EKMEKLERE AİT DUYUSAL ANALİZ SONUÇLARI

Ekmeğin duyu kalitesi, tüketicinin kabul testi olarak sübjektif yöntemlerle ve objektif yöntemlerle değerlendirilebilir. Ekmeğin duyu analizi, son ürünün kalitesini belirlemek amacıyla yapılmaktadır ve bu doğrultuda tüketicinin görme, koklama, dokunma ve tatma gibi duyu kayıtları altına alınmaktadır (Callejo, 2011).

Ekmeğe örneklerine ait duyu analiz sonuçları Çizelge 4.8’ de verilmiştir. Sertlik ve çiğnenbilirlik açısından en düşük kabul edilebilirlik puanı, marka 2 mor ile yapılan ekmeğe örneğine aittir. Marka 2 mor ile yapılan ekmeğe örneği tekstür analizi sonucunda da en sert ekmeğe örneği olarak tespit edilmiştir. Lezzet açısından örnekler değerlendirildiğinde en düşük puanlar, sırasıyla %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmeğe ve marka 2 mor un ile yapılan ekmeğe gözlenmektedir. Lezzet parametresine ait en yüksek puanlar ise buğday unu ile yapılan kontrol ekmeği ve marka 1 mor un ile yapılan ekmeğe örneklerine aittir. Genel kabul edilebilirlik parametresine ait sonuçlara bakıldığında kontrol ekmeğine en yakın değerleri, marka 1 mor undan yapılan ekmeğe ile %1 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmeğe almıştır. Buna rağmen duyu analiz sonuçlarında tüm parametrelerde ekmeğe örnekleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Gerçekleştirilen bir çalışmada ekmeğe yapımında soğan tozu ve soğan kabuğu ekstraktı olmak üzere iki farklı formda ürün kullanılmıştır. 100 g buğday ununa %1 ve %3 oranında soğan kabuğu ekstraktı, %5 ve %7 olmak üzere iki farklı şekilde de soğan tozu katılmıştır. Görünüm, tat, doku, koku ve genel kabul edilebilirlik olmak üzere beş farklı özellik araştırılmıştır. Duyu analiz sonuçlarına bakıldığında %1 soğan kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilmiş ekmeğe örneklerinin, soğan tozu katılı ekmeğe ve kontrol ekmeğine kıyasla panelistler tarafından daha çok beğenildiğini ve tercih edildiğini göstermiştir (Masood vd, 2020).

Karışım ağırlığı üzerinden %8, %16, %24 olmak üzere 3 farklı oranda muffin keklere yaban mersini katılmıştır. Yaban mersinin keklere üzerindeki bazı kimyasal, fiziksel ve duyu etkilerini araştırmışlardır. Tüm keklere genel beğeni açısından benzer puanlar almıştır (Uslu, 2020). İğde tozu ile zenginleştirilen ekmeğe üzerine yapılan bir çalışmada duyu analiz sonuçları incelendiğinde ekmeğe örnekleri

arasında duyuşal analiz puanlamalarında birbirlerine yakın sonuçlar tespit edilmiştir (Yavuz, 2019).

Çizelge 4.8. Duyuşal analiz sonuçlarının ekmeş örneklerine göre karşılaştırılması.

	Kontrol	%1 Ekstrakt	%3 Ekstrakt	Marka 1	Marka 2
Kabuk Rengi	4,58 ± 1,58 ^a	4,50 ± 1,59 ^a	4,29 ± 1,68 ^a	4,04 ± 1,71 ^a	4,37 ± 1,81 ^a
İç Renk	4,95 ± 1,27 ^a	4,33 ± 1,71 ^a	4,25 ± 1,57 ^a	4,13 ± 1,73 ^a	4,42 ± 1,79 ^a
Gözenek Yapısı	4,87 ± 1,42 ^a	4,88 ± 1,12 ^a	4,13 ± 1,36 ^a	4,83 ± 1,27 ^a	4,29 ± 1,52 ^a
Çiğnenebilirlik	4,58 ± 1,93 ^a	4,00 ± 1,82 ^a	4,00 ± 2,15 ^a	4,13 ± 1,59 ^a	3,67 ± 1,79 ^a
Sertlik	3,92 ± 1,74 ^a	3,87 ± 2,07 ^a	3,45 ± 1,74 ^a	4,25 ± 1,48 ^a	3,29 ± 1,83 ^a
Lezzet	4,87 ± 1,70 ^a	4,21 ± 1,67 ^a	3,50 ± 1,56 ^a	4,83 ± 1,63 ^a	3,58 ± 2,02 ^a
Genel Kabul Edilebilirlik	4,92 ± 1,44 ^a	4,45 ± 1,44 ^a	3,79 ± 1,25 ^a	4,63 ± 1,24 ^a	3,88 ± 1,96 ^a

Küçük harfler aynı satır karşılaştırmasını göstermektedir.

Parametrelerde farklı harfle işaretlenmiş olan değerler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0.05).

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ekmek, birçok toplumun beslenme alışkanlığında geniş bir tüketim alanına sahiptir. Ekmeğin soğan kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilmesi sonucunda gıda atığı olan soğan kabuğunun tekrar gıda endüstrisine kazandırılması sağlanmıştır. Bununla birlikte soğan kabuğu ekstraktı kullanılarak insan sağlığı açısından daha faydalı fonksiyonel bir ekmek elde edilmiştir. İki farklı markaya ait antioksidanca zengin mor unlarla yapılan ekmekler ile %1 ve %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilaveli ekmekler tekstür, renk ve duyu analizleri, akrilamid varlığı, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite parametreleri açısından karşılaştırılmıştır. Isıl işlem sonucunda ekmek örneklerinde, hamurlarına kıyasla fenolik madde ve toplam antioksidan miktarı açısından farklılık olup olmadığı araştırılmıştır.

Marka 1 ve marka 2 mor unları ile yapılan ekmeklerin kabuk renklerinin diğer ekmek örneklerine göre daha koyu olduğu belirlenmiştir. Ekmek örneklerine katılan mor soğan kabuğu ekstraktı, ekmek kabuğundaki kırmızı rengin artmasını sağlamıştır. Marka 2 mor un ile yapılan ekmek kabuğu, Marka 1 mor undan yapılabildiğine göre daha koyu kırmızı renktedir. Marka 2 mor un ile yapılan ekmeğin kabuk kısmı diğer ekmek türlerine göre daha az sarı renge sahiptir. İç kısımda en yüksek kırmızılığa marka 2 mor un ekmek sahipken onu marka 1 mor unlu ekmek takip etmektedir. Ekmek örneklerinin iç kısmında maksimum sarı renge kontrol ekmeği, %1 ve %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilmiş ekmekler sahiptir.

Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri açısından en yüksek ortalamaya sahip olan ekmek örneğinin marka 2 mor un ile yapılan ekmek olduğu ve onu marka 1 mor unlu ekmeklerin takip ettiği belirlenmiştir. %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmek örneğinin, %1 ekstrakt katılan ekmek örneğine göre toplam fenolik ve antioksidan aktivite değerleri daha yüksek bulunmuştur. Isıl işlem

sonrası elde edilen ekmeklerde toplam fenolik ve antioksidan değerleri, hamur örneklerinden anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.

Tekstür analizi sonuçlarına bakıldığında en sert, yapışkan ve sakızımsı ekmek türü, marka 2 mor un ile hazırlanan ekmektir. Marka 1 mor un ile hazırlanan ekmek ise diğer ekmek türlerine göre en elastik ekmektir. %1 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmek örneği, buğday unu ile yapılan kontrol ekmeği ile tekstürel özellikler bakımından benzerdir. %3 mor soğan kabuğu ekstraktı ilave edilen ekmek örneği, kontrol ekmeğine göre daha az esnek iken aynı zamanda kontrol ekmeğine göre daha yumuşaktır. Duyusal analizlerde genel kabul edilebilirlik açısından %1 mor soğan kabuğu ilaveli ekmek ve marka 1 mor un ile yapılan ekmek, kontrol ekmek örneğine yakın puanlar almıştır. Ekmek örneklerinde dikkate alınan limit değeri aralığında akrilamid tespit edilememiştir.

KAYNAKLAR

Akgün, B., "Türk kahvesinin akrilamid içeriği ile asparaginaz enziminin akrilamid oluşumu ve uçucu bileşikler profiline etkileri", Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 17-19 (2019).

Alara, O. R., Abdurahman, N. H., Ukaegbu, C. I., "Extraction of phenolic compounds: A review", *Current Research in Food Science*, 4, 200–214 (2021).

Alpözen, E., "İzmir gevreğinde akrilamid düzeylerinin belirlenmesi ve pişirme koşullarının akrilamid oluşumu üzerine etkileri", Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 22-33 (2012).

Arslan Burnaz, N., Hendek Ertop, M., Karataş, Ş. M., "Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı ile ekmeğin fenolik madde içeriğinin zenginleştirilmesi", *Gıda*, 43(2): 240–249 (2018).

Arusoğlu, G., "Akrilamid oluşumu ve insan sağlığına etkileri". *Akademik Gıda*, 13(1): 61–71 (2015).

Bachir, N., Haddarah, A., Sepulcre, F., Pujola, M., "Formation, mitigation, and detection of acrylamide in foods", *Food Analytical Methods*, 15, 1736–1747 (2022).

Bachir, N., Haddarah, A., Sepulcre, F., Pujola, M., "Study the interaction of amino acids, sugars, thermal treatment and cooking technique on the formation of acrylamide in potato models", *Food Chemistry*, 408, 135235 (2023).

Baiano, A., Viggiani, I., Terracone, C., Romaniello, R., Del Nobile, M. A., "Physical and sensory properties of bread enriched with phenolic aqueous extracts from vegetable wastes", *Czech Journal of Food Sciences*, 33 (3): 247–253 (2015).

Balakrishnaraja, R., Swetha, V., Srivigneswar, S., Sakthi Priyaa, S. S., Gowrishankar, L., "Formulation and development of functionally enriched onion (*Allium cepa*) bread", *Materials Today: Proceedings*, 47, 1835–1841 (2021).

Baskar, G., Aiswarya, R., "Overview on mitigation of acrylamide in starchy fried and baked foods", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 4385–4394 (2018).

Baylan, İ., Badem, A., "Bazı geleneksel ürünlerin mor un ile formüle edilmesi ve duyusal analiz ile değerlendirilmesi", *Kültür Araştırmaları Dergisi*, 17, 197–207 (2023).

Bedrníček, J., Jirotková, D., Kadlec, J., Laknerová, I., Vrchotová, N., Tříška, J., Samkova, E., Smetana, P., "Thermal stability and bioavailability of bioactive compounds after baking of bread enriched with different onion by-products", *Food Chemistry*, 319, 126562 (2020).

Belghith Fendri, L., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Ellouz Chaabouni, S., Ghribi-Aydi, D., "Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality", *LWT Food Sci. Technol.*, 73, 584–591 (2016).

Bethke, P. C., Bussan, A. J., "Acrylamide in processed potato products", *American Journal of Potato Research*, 90, 403–424 (2013).

Boyacı, C. P., "Küçük çocuk beslenmesinde kullanılan bazı ek gıdalardan kaynaklanan akrilamid maruziyetinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya, 8-12 (2012).

Bušová, M., Bencko, V., Laktičová, K. V., Holcátová, I., Vargová, M., "Risk of exposure to acrylamide", *Central European Journal of Public Health*, 28, 43–46 (2020).

Callejo, M. J., "Present situation on the descriptive sensory analysis of bread", *Journal of Sensory Studies*, 26(4): 255–268 (2011).

Celano, R., Docimo, T., Piccinelli, A.L., Gazzerri, P., Tucci, M., Di Sanzo, R., Carabetta, S., Campone, L., Russo, M., Rastrelli, L., "Onion peel: turning a food waste into a resource", *Antioxidants*, 10, 304 (2021).

Civelek, P., "Ekmek kadayıfında tam un ve farklı katkı madde kullanımının akrilamid ve hidroksimetil furfural (HMF) üzerine etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 1-14 (2021).

Cömert, M., Gün, A., "Fonksiyonel gıda olarak mor ekmek", *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13 (74): 463–473 (2020).

Constantinou, C., Koutsidis, G., "Investigations on the effect of antioxidant type and concentration and model system matrix on acrylamide formation in model Maillard reaction systems", *Food Chemistry*, 197, 769–775 (2016).

Crawford, L. M., Kahlon, T. S., Wang, S. C., Friedman, M., "Acrylamide content of experimental flatbreads prepared from potato, quinoa, and wheat flours with added fruit and vegetable peels and mushroom powders", *Foods*, 8, 228(2019).

Czaja, A., Czubaszek, A., Wyspiańska, D., Sokół-Łętowska, A., Kucharska, A. Z., "Quality of wheat bread enriched with onion extract and polyphenols content and antioxidant activity changes during bread storage" *International Journal of Food Science and Technology*, 55, 1725–1734 (2020).

Daşgın, H., Yıldız, E., "Akrilamid ve Sağlık", *Beslenme Diyet Dergisi*, 42 (3): 228–233 (2014).

Dziki, D., Rózyło, R., Gawlik-Dziki, U., Świeca, M., "Current trends in the enhancement of antioxidant activity of wheat bread by the addition of plant materials rich in phenolic compounds", *Trends in Food Science and Technology*, 40, 48–61 (2014).

Elitaş, Ö., Çöteli, E., Karataş, F., "Patates kızartmalarında akrilamid oluşumuna geven (*Astragalus Bisculcatus*) ve sarımsak (*Allium Satium* L.) bitkilerinin etkilerinin araştırılması", *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 30(2): 29–35 (2018).

Erdem, N., Gökmen, S., "Zonguldak ili çaycuma ilçesinin geleneksel cızlama ekmeği üzerine bir araştırma", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38), 218–228 (2022).

Erdemli, Z., "Gıda kaynaklı akrilamidin fetotoksik etkileri ve akrilamid toksisitesine karşı koruyucu önlemler", *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 9(3): 1154–1167 (2021).

Eslamizad, S., Kobarfard, F., Tabib, K., Yazdanpanah, H., Salamzadeh, J., "Development of a sensitive and rapid method for determination of acrylamide in bread by LC-MS/MS and analysis of real samples in Iran IR", *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 19 (1): 413–423 (2020).

Esmer, B., "Soğan kabuğu tozunun antioksidan aktivitesi ile ekmeğin yapımında kullanım olanaklarının araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Osmaniye, 41-45 (2023).

Furkan Erdoğan, H., "Antioksidan zengin meyve ve sebze tozları ile fonksiyonel ekmeğin üretimi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul, 30-35 (2022).

Fu, Z., Yoo, M. J. Y., Zhou, W., Zhang, L., Chen, Y., Lu, J., "Effect of (–)-epigallocatechin gallate (EGCG) extracted from green tea in reducing the formation of acrylamide during the bread baking process", *Food Chemistry*, 242, 162–168 (2018).

Gazi, S., "Mitigation of acrylamide formation in bakery products by using asparaginase enzyme", Master of Science, *Science and Engineering of Hacettepe University*, Ankara, 7-12 (2022).

Gelinas, P., McKinnon, C.M., "Effects of wheat variety, farming site and bread-baking on total phenolics", *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 329-332 (2006).

Gupta, V., Nagar, R., "Effect of cooking, fermentation, dehulling and utensils on antioxidants present in pearl millet rabadi – a traditional fermented food", *J Food Sci Technol*, 47(1):73–76 (2010).

Gülcan, Ü., "İnert ve inhibitör gaz ortamlarında pişirme işlemlerinin ekmeklerin HMF ve akrilamid içeriğini azaltıcı etkilerinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya, 1-5 (2017).

Hepsağ, F., Esmer, B., "Soğan (*Allium Cepa* L.) Kabukları: biyoaktif bileşikleri, geri dönüşümle elde edilen ürünleri ve değerlendirme yöntemleri", *ADYUTAYAM*, 10 (2): 175–185 (2022).

Ibrahim, U. K., Salleh, R. M., Maqsood-ul-Haque, S. N. S., "Bread towards functional food: An overview", *International Journal of Food Engineering*, 1 (1): 39–43 (2015).

ICC 104/1, Determination of Ash in Cereals and Cereal Products, *International Association for Cereal Science and Technology*, Austria (1990).

ICC 110/1, Determination of the Moisture Content of Cereals and Cereal Products (practical method), *International Association for Cereal Science and Technology*, Austria (1976).

Kalkan, İ., Özarık, B., "Tam buğday ekmeği ve sağlık üzerine etkisi", *Aydın Gastronomy*, 1 (1): 37–46 (2017).

Kavuşan, H. S., Serdaroğlu, M., "Bir Isıl işlem kontaminantı akrilamid: Oluşum mekanizmaları ve et ürünlerinde akrilamid oluşumunun azaltılmasına dair stratejiler", *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2):173–185 (2019).

Kazancı, M., "Formülasyonunda şeker yerine pekmez ve bal kullanılarak üretilen bazı fırıncılık ürünlerinde akrilamid oluşumunun araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, 1-43, (2021).

Keramat, J., Lebail, A., Prost, C., Jafari, M., "Acrylamide in baking products: A review article", *Food and Bioprocess Technology*, 4, 530–543 (2011).

Khezerlou, A., Alizadeh-Sani, M., Firouzsaları, N. Z., Ehsani, A. "Formation, properties and reduction methods of acrylamide in foods: A review study", *Journal of Nutrition Fasting and Health*, 6 (1): 52–59 (2018).

Kocaadam, B., Acar Tek, N., "Ekmek, bira, şarap ve yoğurdun orijinleri ve tarihsel süreçleri", *Beslenme Diyet Dergisi*, 44 (3): 272–279 (2016).

Kocadağlı, T., Gökmen, V., "Formation of acrylamide in coffee", *Current Opinion in Food Science*, 45, 100842 (2022).

Kolaç, T., Gürbüz, P., Yetiş, G., "Doğal ürünlerin fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri", *İnönü Ü. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 5(1): 26–42 (2017).

Krishnakumar, T., Visvanathan, R., "Acrylamide in food products: A review", *Journal of Food Processing & Technology*, 5,344 (2014).

Li, J., Zuo, J., Qiao, X., Zhang, Y., Xu, Z." Effect of garlic powder on acrylamide formation in a low-moisture model system and bread baking", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 893–899 (2016).

Li, Z., Zhao, C., Cao, C.," Production and inhibition of acrylamide during coffee processing: A literature review", *Molecules*, 28, 3476, (2023).

Lineback, D. R., Coughlin, J. R., Stadler, R. H.," Acrylamide in foods: A review of the science and future considerations", *Annual Review of Food Science and Technology*, 3,15-35 (2012).

Lingnert, H., Grivas, S., Jägerstad, M., Skog, K., Törnqvist, M., Åman, P., "Acrylamide in food: mechanisms of formation and influencing factors during heating of foods", *Scandinavian Journal of Nutrition*, 46 (4): 159–172 (2002).

Ma, Q., Cai, S., Jia, Y., Sun, X., Yi, J., Du, J. "Effects of hot-water extract from vine tea (*Ampelopsis grossedentata*) on acrylamide formation, quality and consumer acceptability of bread", *Foods*, 9 (373), (2020).

Maietti, A., Tedeschi, P., Catani, M., Stevanin, C., Pasti, L., Cavazzini, A., Marchetti, N., ‘Nutrient composition and antioxidant performances of bread-making products enriched with Stinging Nettle (*Urtica dioica*) leaves’, *Foods*, 10, 938 (2021).

Masood, S., Rehman, A. U., Bashir, S., Imran, M., Khalil P., Khursheed, T., Iftikhar, F., Jaffar, H.M., Farooq, S., Rizwan, B., Javaid, N.,"Proximate and sensory analysis of wheat bread supplemented with onion powder and onion peel extract", *Bioscience Research*, 17(4): 4071–4078 (2020).

Melini, V., Melini, F., Luziatelli, F., Ruzzi, M.,"Functional ingredients from agri-food waste: Effect of inclusion thereof on phenolic compound content and bioaccessibility in bakery products", *Antioxidants*, 9, 1–29 (2020).

Meral, H., Karaoğlu, M. M.,"Ekmeğin besinsel özelliklerinin iyileştirilmesi", *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50 (2): 217–225 (2019).

Meral, R., Doğan, İ. S., Kanberoğlu, G. S., "Fonksiyonel gıda bileşeni olarak antioksidanlar", *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2): 45–50 (2012).

Meral, R., Erim Köse, Y., ‘The effect of bread-making process on the antioxidant activity and phenolic profile of enriched breads’, *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11(2): 171–181 (2019).

Meral, R., "Farklı ısı işlem uygulamalarının fenolik bileşenler üzerine etkisi", *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (1):55-67 (2016).

Mildner-Szkudlarz, S., Róžańska, M., Piechowska, P., Waśkiewicz, A., Zawirska-Wojtasiak, R., "Effects of polyphenols on volatile profile and acrylamide formation in a model wheat bread system", *Food Chemistry*, 297, 125008 (2019).

Nizamlioğlu, N. M., Nas, S., "Gıdalarda akrilamid oluşum mekanizmaları, gıdaların akrilamid içeriği ve sağlık üzerine etkileri", *Akademik Gıda*, 17 (2): 232–242 (2019).

Özberk, F., Karagöz, A., Özberk, İ., Atlı, A., "Buğday genetik kaynaklarından yerel ve kültür çeşitlerine; Türkiye’de buğday ve ekmek", *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (2): 218–233 (2016).

Özkaynak, E., Ova, G., Akrilamid - gıdalarda oluşan önemli bir kontaminant- I. *Akademik Gıda Dergisi*, 4(3):19–23 (2006).

Pelucchi, C., Galeone, C., Levi, F., Negri, E., Franceschi, S., Talamini, R. Bosetti, C., Giacosa, A., Vecchia, C.L., "Dietary acrylamide and human cancer" *Int. J. Cancer*, 118, 467–471 (2006).

Piechowiak, T., Grzelak-Błaszczak, K., Bonikowski, R., Balawejder, M., "Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production", *LWT*, 117, 108614 (2020).

Pruser, K. N., Flynn, N. E., "Acrylamide in health and disease", *Front. Biosci.*, 3: 41-51(2011).

Przygodzka, M., Piskula, M. K., Kukurová, K., Ciesarová, Z., Bednarikova, A., Zieliński, H., "Factors influencing acrylamide formation in rye, wheat and spelt breads", *Journal of Cereal Science*, 65, 96–102 (2015).

Sagar, N. A., Pareek, S., "Dough rheology, antioxidants, textural, physicochemical characteristics and sensory quality of pizza base enriched with onion (*Allium Cepa* L.) skin powder", *Scientific Reports*, 10(1):1–11 (2020).

Sagar, N. A., Pareek, S., "Fortification of multigrain flour with onion skin powder as a natural preservative: Effect on quality and shelf life of the bread", *Food Bioscience*, 41, 100992 (2021).

Samadi Ghorbani, N., Mazaheri Tehrani, M., Haddad Khodaparast, M. H., Farhoosh, R. "Effect of temperature, time, and asparaginase on acrylamide formation and physicochemical properties of bread", *Acta Alimentaria*, 48(2):160–168 (2019).

Santos, L. G., Martins, V. G., "Recovery of phenolic compounds from purple onion peel using bio-based solvents: Thermal degradation kinetics and color stability of anthocyanins", *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12) (2022).

Schefer, S., Oest, M., Rohn, S., "Interactions between phenolic acids, proteins and carbohydrates—influence on dough and bread properties", *Foods*, 10, 2798 (2021).

Shen, Y., Chen, G., Li, Y., "Effect of added sugars and amino acids on acrylamide formation in white pan bread", *Cereal Chemistry*, 96, 545–553 (2019).

Siddiqui, N., Mohsin Ali, T., Abbas Butt, N., Hasnain, A., "Morphological, rheological, textural and bioactive properties of chapatti (Flatbread) as affected by onion peel powder", *Waste and Biomass Valorization*, 13, 3389–3402 (2022).

Sivam, A. S., Sun-Waterhouse, D., Perera, C. O., Waterhouse, G. I. N., "Exploring the interactions between blackcurrant polyphenols, pectin and wheat biopolymers in model breads; a FTIR and HPLC investigation", *Food Chemistry*, 131, 802–810 (2012).

Soares, C.M.D., Alves, R.C., Oliveira, M.B.P.P., "Acrylamide in coffee: Influence of processing" In Processing and Impact on Active Components in Food; Preedy A. P., Ed. V., *Academic Press*: San Diego, CA, USA, 575–582 (2015).

Stefanović, S., Dorđević, V., Jelušić, V., "Rapid and reliable QuEChERS-based LC-MS/MS method for determination of acrylamide in potato chips and roasted coffee", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 85(1): 1–6 (2017).

Strocchi, G., Rubiolo, P., Cordero, C., Bicchi, C., Liberto, E. "Acrylamide in coffee: What is known and what still needs to be explored. A review", *Food Chemistry*, 393, 133406 (2022).

Taşan, M., "Tahıl Kaynaklı Ürünlerde Akrilamid Varlığı", *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, Erzurum, 395–398 (2008).

Taşcı B., Koca İ., "Mor soğanın (*Allium Cepa L.*) önemli bileşiği: Kersetin ve sağlık üzerine etkileri", *Samsun Saç Bil Der*, 4(2): 32–37 (2019).

Taşcı B., "Mor soğan (*Allium Cepa L.*) tozu üretimi ve özellikleri", Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 5-20, (2020).

Turgut, N., "Gıdalarda görünmeyen tehlike akrilamid ve riskleri", *Şehir Sağlığı Dergisi*, 2 (3): 124–134 (2021).

Ubaaji, K. I., Orji, V. U., "A review on acrylamide in foods: Sources and implications to health", *Journal of African Studies*, 6 (1): 1–17 (2016).

Uslu, M., "Toz krep üretiminde fonksiyonel özellikli bazı meyve ekstraktlarının kullanımının kalite üzerine etkileri", Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 15-51 (2020).

Yavuz, Z., "Ekmeklik unlara diyet lif kaynağı olarak iğde tozu ilavesinin hamur ve ekmek kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 17-25 (2019).

Yavuz, Z., Kutlu, G., Tornuk, F., ‘‘Incorporation of oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) flour into white bread as a source of dietary fibers’’, *J. Food Process. Preserv.*, 46, 1-11 (2022).

Yıldırım, A. "Amino asit zenginleştirmesinin bisküvi ve benzeri ürünlerde akrilamid oluşumuna etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 28-31 (2010).

Yıldız, A., "Katı faz ekstraksiyon metodu ile LC/MSMS cihazı kullanılarak işlenmiş gıdalarda akrilamid tayini ve çeşitli ön işlemlerin patates kızartmasındaki akrilamid oluşumu üzerindeki etkisi", Doktora Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır, 19-94 (2014).

Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö., Kolaylı, S., "Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi", *Akademik Gıda*, 8 (6): 44–51 (2010).

Yılmaz, E., Yüksel, Z., "Ekşi maya ve ekşi mayalı ekmeğin bazı teknolojik özellikleri ile sağlık üzerine etkileri", *Gıda*, 48 (4): 750–771 (2023).

ÖZGEÇMİŞ

Melike SUGEÇTİ, 2020 yılında İstanbul Medipol Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik bölümünden onur derecesi ile mezun olarak lisans eğitimini tamamlamıştır. Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Toksikolojisi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimini 2024 yılında tamamlamıştır.