

T.C.

İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTEİS

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GIDA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**DOMATES TOZU VE DİYET LİFİ İLAVESİNİN
KURABİYEDE GLİKASYON ÜRÜNLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esranur SEYYAR

İstanbul

Ocak-2024

T.C.

İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GIDA MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**DOMATES TOZU VE DİYET LİFİ İLAVESİNİN
KURABİYEDE GLİKASYON ÜRÜNLERİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esranur SEYYAR

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Merve TOMAŞ

İstanbul

Ocak-2024

TEZ ONAYI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Doç. Dr. Merve TOMAŞ

Üye Doç. Dr. Mustafa YAMAN

Üye Prof. Dr. Fatih TÖRNÜK

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Erhan İÇENER
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**Domates Tozu ve Diyet Lifi İlavesinin Kurabiyede Glikasyon Ürünleri Üzerine Etkisi**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Esratur SEYYAR

ÖN SÖZ

Öncelikle, araştırmamdaki her aşamada bana yardımcı olan, yol gösteren, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve en iyi şekilde yazmam için desteğini ve zamanını esirgemeyen değerli tez danışmanım Doç. Dr. Merve TOMAŞ’a, saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma sürecinde her türlü laboratuvar imkanını sağlayan, desteklerin ve yardımlarını esirgemeyen ve değerli bilgilerini bizimle paylaşarak katkılarını sunan Doç. Dr. Mustafa YAMAN’a ve Sn. Ömer Faruk MIZRAK’a katkılarından dolayı saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Lise yıllarımdan beri yanımda olan ve yüksek lisans sürecinde motivasyon ve desteğini benden esirgemeyen sevgili dostum ve meslektaşım Büşra Şahika BİNİCİ’ye ve bu süreçte yanımda olan diğer tüm arkadaşlarıma sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, maddi ve manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan, her kararında ve yaşadığım zorlukta yoluma ışık tutan ve cesaretlendiren sevgili babam Nurettin SEYYAR ve annem Emine SEYYAR’a, bu süreçte yardımlarını her daim hissettiğim başta sevgili ablam Esma SEYYAR’a, yaşamıma renk katan kardeşlerim Selahaddin SEYYAR ve Furkan SEYYAR ve teyzem Merve ÇAĞLAR’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Esranur SEYYAR

İstanbul-2024

ÖZET

DOMATES TOZU VE DİYET LİFİ İLAVESİNİN KURABİYEDE GLİKASYON ÜRÜNLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Esranur SEYYAR

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Merve TOMAŞ

Ocak, 2024 -76 Sayfa

Çalışmanın amacı, domates tozu ve diyet lifinin farklı kombinasyonlarda kullanarak fonksiyonel bir kurabiyeye dönüştürülmesi ve glikasyon ürünlerinin öncülerinden glioksal (GO) ve metilglioksalın (MGO), toplam antioksidan kapasitesinin ve toplam fenolik maddenin *in vitro* gastrointestinal sindirim sistemi kullanılarak incelenmesidir. Bu bağlamda çalışmada kontrol kurabiyesi, %5 domates tozu, %5 diyet lif (pektin, selüloz, guar gum ve narenciye lifi) ve her birinden %2.5 oranlarında olacak şekilde domates tozu ve diyet lif eklenen kurabiyeler hazırlanmıştır. Folin Ciocalteu yöntemiyle toplam fenolik madde, DPPH yöntemleri ile toplam antioksidan kapasitesi ve HPLC yöntemiyle glikasyon ürünleri tespit edilmiştir. Kurabiye örneklerinin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası toplam antioksidan kapasitesi sırasıyla $9,7\pm0,4$ ila $28,8\pm1,3$ mg TEAC/100g ve $19,2\pm0,9$ ila $20,6\pm0,9$ mg TEAC/100g arasında bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarları $9,7\pm0,4$ ila $27,6\pm1,2$ mg GAE/100g kuru madde arasında değişirken *in vitro* sindirim sonrası $33,4\pm1,5$ ila 45 ± 2 mg GAE/100g kuru madde arasında değişmektedir. GO miktarı *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası sırası ile 26 ± 1 µg/100g ila 111 ± 5 µg/100g ve 12 ± 1 µg/100g ila 207 ± 9 µg/100g arasında değişim göstermiştir. MGO miktarı *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası sırası ile 220 ± 10 µg/100g ila 418 ± 19 µg/100g ve 17 ± 1 µg/100g ila 333 ± 15 µg/100g arasında değişim göstermiştir. MGO'nun biyoerişilebilirliği %4,6 ila %125,2 arasında bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda %5 domates eklenmiş kurabiye örneklerinde GO ve MGO değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Bu bağlamda oksidatif stres glikasyon ürünlerinin oluşumunu arttırdığı için antioksidanların bu olayı önleyebileceği düşünülmektedir. Kurabiyelere eklenen domates tozu ve diyet lif sindirim sırasında bir MGO bağlayıcı görevi gördüğü ve kontrolle kıyasla MGO'nun biyoerişilebilirliğinde bir azalmayı sağladığı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Domates tozu, diyet lif, glikasyon ürünleri, fenolik madde, antioksidan aktivite

ABSTRACT

THE EFFECT OF TOMATO POWDER AND DIETARY FIBER ADDITION ON GLYCATION PRODUCTS IN COOKIE

Esranur SEYYAR

Master of Science, Food Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Merve TOMAŞ

January, 2024 - 76 Pages

The aim of the study is to obtain a functional cookie by using tomato powder and dietary fiber in different combinations and to determine glyoxal (GO) and methylglyoxal (MGO), which are the precursors of glycation products, total antioxidant capacity and total phenolic substance using the *in vitro* gastrointestinal digestive system. In the study, control cookies, 5% tomato powder, 5% dietary fiber (pectin, cellulose, guar gum and citrus fiber) and cookies with 2.5% each of tomato powder and dietary fiber were prepared. Total phenolic substances were determined by the Folin Ciocalteu method, total antioxidant capacity by DPPH methods, and glycation products were determined by the HPLC method. The total antioxidant capacity of cookie samples before and after *in vitro* digestion was found between 9.7 ± 0.4 to 28.8 ± 1.3 mg TEAC/100g and 19.2 ± 0.9 to 20.6 ± 0.9 mg TEAC/100g, respectively. Total phenolic substance amounts before and after *in vitro* digestion was found between 9.7 ± 0.4 to 27.6 ± 1.2 mg GAE/100g dry matter and 33.4 ± 1.5 to 45 ± 2 mg GAE/100g dry matter, respectively. The amount of GO before and after *in vitro* digestion was found 26 ± 1 to 111 ± 5 μ g/100g and 12 ± 1 to 207 ± 9 μ g/100g, respectively. The bioaccessibility of MGO was found to be between 4.6% and 125.2%. As a result of the analysis, a decrease in GO and MGO values was observed in the cookie samples with 5% tomato added. Tomato powder and dietary fiber added to cookies act as MGO binders during digestion. It is thought to provide a reduction in the bioaccessibility of MGO compared to the control.

Keywords: Tomato powder, dietary fiber, glycation products, phenolic substance, antioxidant activity

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ	ii
ÖN SÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SEMBOLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ	1
-------------	---

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. Domates Meyvesi (Solanum lycopersicum L.)	4
2.1.1. Domatesin Besin İçeriği	5
2.1.2. Domates Tozu	7
2.1.3. Domatesin Sağlık Üzerine Etkileri	9
2.2. Diyet Lif	10
2.2.1. Selüloz	12
2.2.2. Narenciye Lifi	12
2.2.3. Pektin	13
2.2.4. Guar Gam	14
2.3. Glikasyon Ürünleri	16
2.3.1. Diyetel Glikasyon Ürünleri Kaynakları	17
2.3.2. Kurabiyeler ve Glikasyon Ürünleri	18
2.3.3. Glikasyon Ürünü Oluşumunu Etkileyen Faktörler	19
2.3.4. Glikasyon Ürünlerinin Sağlık Üzerine Etkileri	19
2.3.5. Anti-Glikasyon Aktivite Gösteren Gıdalar	20

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT	22
3.1. Materyal.....	22
3.1.1. Kurabiye Örnekleri	22
3.2. Metot	25
3.2.1. DPPH Radikal Yakalama Aktivitesi.....	25
3.2.2. Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	26
3.2.3. Glikasyon Ürünleri (Glioksal, Metilglioksal) Tayini	26
3.2.4. <i>In Vitro</i> Gastrointestinal Sistem Analizi.....	27
3.3. İstatiksel Analizler.....	28

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. DPPH Radikal Yakalama Aktivitesi	29
4.2. Toplam Fenolik Madde Miktarı	32
4.3. Glikasyon Ürünleri	35
4.3.1. Glioksal (GO) Değerleri	35
4.3.2. Metilglioksal (MGO) Değerleri	40
4.3.3. Metilglioksalın % Biyoerişilebilirliği	45

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	48
-------------------------------	-----------

KAYNAKÇA	50
-----------------------	-----------

ÖZGEÇMİŞ.....	64
----------------------	-----------

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2. 1: Çiğ domatesteki karotenoid değerleri.....	5
Tablo 2. 2: Domatesin besin değeri.	6
Tablo 2. 3: Domates ve domates ürünlerinin likopen içerikleri.....	7
Tablo 2. 4: Diyet lif çeşitleri ve kaynakları.....	11
Tablo 3.1: Kurabiye örneklerinin formülasyonları	23
Tablo 3. 2: Numune kodları	24
Tablo 4. 1: DPPH yöntemi ile örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri.....	29
Tablo 4. 2: <i>In vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası toplam fenolik madde miktarları.....	32
Tablo 4. 3: <i>In vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası GO değerleri.....	35
Tablo 4. 4: <i>In vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası MGO değerleri	40

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1: Glioksal ve metilglioksalın 4-nitro-1,2 fenlendiamin ile reaksiyonu (R1=R2=H ise glioksal, R1=HR2=CH3 ise metilglioksal, R1=R2=CH3 ise dimetil glioksal).....	17
Şekil 3. 1: Kurabiye hamuru	24
Şekil 3. 2: Şekillenmiş kurabiye örnekleri	25
Şekil 3. 3: Pişmiş kurabiye örnekleri	25
Şekil 4. 1: Metilglioksalın % Biyoerişilebilirliği	45



SEMBOLLER LİSTESİ

%	: Yüzde
g	: Gram
kg	: Kilogram
mg	: Miligram
nm	: Nanometre
µg	: Mikrogram
ml	: Mililitre
pH	: Power of Hydrogen (Hidrojenin gücü)
Rpm	: Revolutions Per Minute (Dakikadaki devir sayısı)

KISALTMALAR LİSTESİ

TE	: Troloks eşdeğeri
DPPH	: 1,1-difenil-2-pikrilhidraliz
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
TFM	: Toplam fenolik madde
vd.	: Ve diğerleri
MR	: Maillard reaksiyonu
MGO	: Metilglioksal
GO	: Glioksal
NPD	: 4-Nitro-1,2-fenilendiamin
K	: Kontrol
DTK	: %5 domates tozu eklenmiş kurabiye
PK	: %5 pektin eklenmiş kurabiye
SK	: %5 selüloz eklenmiş kurabiye
GGK	: %5 guar gum eklenmiş kurabiye
NLK:	: %5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye
DTPK	: %2.5 domates tozu ve %2.5 pektin eklenmiş kurabiye
DTSK	: %2.5 domates tozu ve %2.5 selüloz eklenmiş kurabiye
DTGGK:	: %2.5 domates tozu ve %2.5 guar gum eklenmiş kurabiye
DTNLK	: %2.5 domates tozu ve %2.5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Son yıllarda işlenmiş besinlerin tüketiminde önemli bir artış gözlemlenmiştir ve buna bağlı olarak da şeker ve yağ oranı yüksek gıdaların tüketiminde de artış meydana gelmiştir (Yılmaz ve Karabudak, 2016). Beslenme alışkanlıklarındaki değişimler ve günümüzdeki diyetlerin büyük ölçüde ısıyla işlenmesi beraberinde yüksek seviyelerde glikasyon ürünlerine maruziyetini de arttırmaktadır (Uribarri vd., 2010). Glikasyon ürünleri, indirgeyici şekerler ile proteinlerin, lipidlerin veya nükleik asitlerin serbest amino grupları arasındaki enzimatik olmayan bir reaksiyon yoluyla oluşur (Ejtahed vd., 2016). Bu reaksiyon aynı zamanda Maillard veya esmerleşme reaksiyonu olarak da bilinmektedir (Erim, Ergene ve Hecer, 2022). Glikasyon ürünleri, insan vücudunda endojen olarak oluşan veya diyet yoluyla tüketilen glikasyonlu proteinler veya lipidlerdir. Ultra işlenmiş gıdalar ve kuru pişirme yöntemleri gibi bazı mutfak teknikleri, diyetteki glikasyon ürünlerinin ana kaynaklarını ve etkenlerini temsil etmektedir (D’cunha vd., 2022).

Dokularda glikasyon ürünlerinin oluşumu fizyolojik bir süreçtir; ancak aşırı üretim ve depolama patolojik hale gelebilmektedir. Vücutta oluşan glikasyon ürünlerine ek olarak gıdalarda da glikasyon ürünleri mevcuttur (Uribarri vd., 2010; Zawada vd., 2022). Mevcut araştırmalar, şeker, protein ve yağ gibi gıda bileşenlerinin, farklı saklama yöntemlerinin ve kızartma, fırınlama ve haşlama gibi farklı pişirme yöntemlerinin gıdalardaki glikasyon ürünlerinin oluşumunu etkilediğini bildirmektedir (Wei, Liu ve Sun, 2018). Ayrıca gıda işleme sırasında, paketli gıdalara ilave edilen çeşni ve gıda katkı maddeleri de glikasyon ürünleri oluşumunda etkilidir (Uribarri vd., 2010). Cips, kraker, kek ve bisküvi gibi atıştırmalık ürünlerin glikasyon ürünleri miktarı et ürünlerine kıyasla düşük olsa bile, günlük hayatta çokça birçok öğünde tüketildiği için birçok hastalığa sebep olmaktadır (Çatak ve Balcı, 2022a). Karbonhidrat içeriği yüksek gıdaları incelediğimiz zaman en yüksek diyetsetel glikasyon ürünleri düzeyine sahip ürünler yapım sürecinde kuru ısı uygulanan, kraker, kurabiye ve cips’tir. Yapımları esnasında ilave edilen tereyağ, sıvıyağ, peynir, yumurta ve yağlı tohumlar diyetsetel glikasyon ürünleri düzeyini önemli miktarda arttırmaktadır (Yılmaz ve Karabudak, 2016). Bu nedenle, yüksek sıcaklıklarda ve kuru

koşullarda pişirilen yemekler, özellikle de yüksek yağ içeriği varsa, en yüksek glikasyon ürünleri içeriğine sahiptir (Vlassara vd., 2008). Gıdalarda oluşan glikasyon ürünlerin meydana gelebilmesi, antioksidanın varlığına ve içerdiği bileşime bağlı olarak değişim göstermektedir (Çatak ve Balcı, 2022a). Aynı şekilde, glikasyon ürünleri oluşumunun, limon suyu, sirke veya domates suyu gibi asidik bileşenlerin kullanılmasıyla azaldığı yapılan çalışmalarda görülmektedir (Sharma vd., 2015). Birçok antioksidan, glikasyon sırasında oluşan serbest radikallere karşı koruma sağlayabilir ve glikasyon ürünleri oluşumunun engellenmesine yol açabilir. Antioksidan içeren gıda maddeleri, glikasyon önleyici gıdalar için en iyi adaylar arasındadır (Wu vd., 2011).

Domates çok yıllık bir bitki olup, dünyanın her yerinde yetiştirilmektedir. Sağlığa sayısız faydası ve piyasada bulunan ürün çeşitliliği nedeniyle en popüler sebzelerden biridir (Bhatkar vd., 2021). Türkiye ise 2021 yılında 13 milyon ton domates üretimiyle 3. Sırada yer almaktadır (TEPGE, 2023; FAO, 2021). Bileşim olarak domates benzersiz bir besin ve (fito) kimyasal profile sahiptir (Burton-Freeman ve Reimers, 2011). Domates, vitaminler (B grubu ve C vitaminleri), mineraller (potasyum, fosfor, magnezyum, kalsiyum, sodyum, çinko ve manganaz), karotenoidler ve fenolik bileşikler dahil olmak üzere sağlığı geliştiren birçok bileşik içermektedir (Quinet vd., 2019; USDA, 2020). Domates, belirli kanser türlerinin riskini azaltmadaki rolüne dair çok güçlü epidemiyolojik kanıtlar göz önüne alındığında, fonksiyonel bir gıda statüsünü girmektedir (Serio vd., 2006). Domates taze meyve tüketmenin yanı sıra kendisinden maksimum düzeyde yararlanmak için salçada, çorbada, meyve sularında, soslarda, salatalarda, domates tozu ve daha birçok işlenmiş ürünlerde de fonksiyonel bir bileşen olarak kullanılmaktadır (Quinet vd., 2019). Diyet lifi ise meyvelerde, sebzelerde, baklagillerde, odunsu bitkilerde, tohum kabuklarında, tahıllarda ve hububatlarda bulunmaktadırlar (Rodrı'guez vd., 2006; Fadaei ve Salehifar, 2012). Diyet lifleri fonksiyonel özelliklerinin olmalarının yanı sıra ürünün tekstürel ve duyuusal özelliklerini geliştirmesi üzerine araştırmalar yapılmaktadır (Ekici ve Ercoşkun, 2007). Diyet lif üzerine yapılan birçok çalışmada, diyet lifi alımının artmasıyla, koroner kalp hastalığı, diyabet, obezite ve bazı kanser türlerinin riskinin azaltılmasına yönelik birçok sağlık yararları olduğu tespit edilmiştir (Mann ve Cummings, 2009). Son yıllarda birçok çalışma, doğal bileşiklerin glikasyon ürünleri

oluşumunun potansiyel olarak önemli inhibitörleri olduğunu ileri sürmüştür. Şu anda, antioksidan özelliklere sahip birçok doğal bileşik, glikasyon ürünleri oluşumuna karşı iyi bir önleyici aktivite göstermekte ve minimal toksik etkilere sahip görünmektedir. Yeni glikasyon inhibitörleri için doğal bileşiklerin taranması son yıllarda artan bir ilgi çekmektedir (Song vd., 2021).

Son yıllarda, kurabiyeler tüketime hazır olmaları, hoş lezzetleri ve uzun raf ömürleri nedeniyle oldukça tercih edilmektedir. Kurabiyeler genellikle yüksek karbonhidrat ve yağ içeriğine sahiptir ve bu özellikleri, gevrekliği ve dokusu üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Kurabiyenin pişirilmesi sırasında yüksek ısı etkisi altında glikasyon ürünleri gibi kimyasallar üretilmektedir. Literatür incelendiği zaman domates tozu ve/veya diyet lifinin gıdalara ilavesi ile glikasyon ürünleri üzerine etkileri hakkındaki çalışmalara rastlanılmamaktadır. Bu kapsamda, kurabiye örneklerine farklı oranlarda domates tozu ve/veya diyet lif ilavesinin glikasyon ürünlerini ne oranda etkileyeceği konusunda bir çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Özet olarak bu tez çalışmasının, domates tozu ve/veya diyet lifleri (selüloz, pektin, guar gum, narenciye lifi) ilave edilen kurabiyelerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası glikasyon ürünlerinin, antioksidan aktivitesinin ve fenolik maddeleri üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Sonuç olarak hem fonksiyonel bir ürün geliştirerek gıda alanına hemde literatüre katkıda bulunulması hedeflenmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Domates Meyvesi (*Solanum lycopersicum* L.)

Domates (*Solanum lycopersicum* L.), Solanaceae familyasına ait ve her yıl 4,85 milyon hektar alanda üretilen yaklaşık 182,3 milyon ton domates meyvesi ile patatesten (*Solanum tuberosum* L.) sonra ikinci sırada gelmektedir (Quinet vd., 2019; Kimura ve Sinha, 2008). İnsanlar için en önemli bitki familyalarından biri olarak kabul edilen Solanaceae familyası, gıda (patates, domates, patlıcan, biber), ilaç (tütün, belladonna) ve süs bitkilerinde (petunya, kadife dil) yaygın olarak kullanılmaktadır (Serio vd., 2006). Domates, ihracattan elde edilen gelir nedeniyle ticari tarımda üretilen en önemli sebzelerden biri olarak değerlendirilmektedir (Yegrem ve Ababele, 2022). Ayrıca hem çiğ meyve hem de işlenmiş ürün olarak dünyada en çok tüketilen sebzelerden biridir (Navarro-González vd., 2011).

Domates çok yıllık bir bitki olup, dünyanın her yerinde yetiştirilmektedir. Sağlığa sayısız faydası ve piyasada bulunan ürün çeşitliliği nedeniyle en popüler sebzelerden biridir (Bhatkar vd., 2021). Dünya domates üretimine bakıldığında zaman, 2021 yılında 189,1 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Çin 2021 yılında domates üretim ve ekim alanlarında ilk sırada yer almıştır. Türkiye ise 2021 yılında 13 milyon ton domates üretimiyle 3. Sırada yer almaktadır. Ayrıca Türkiye yaklaşık olarak dünya domates üretiminin %7'sini oluşturmaktadır (TEPGE, 2023; FAO, 2021). Domates, dünyada ihracata olan katkısından dolayı da önemli bir yere sahiptir (Durmuş ve Semirci, 2023).

Türkiye’de üretilen domates birçok şekilde kullanılmaktadır. Özellikle büyük bir oranı gıda sanayisine (%25-30) ve tüketime gitmektedir. İşlenen domatesin büyük bir miktarı salça üretimi (%80) için kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak ise domates, konserve domates, ketçap, kurutulmuş domates ve domates suyu gibi ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Engin ve Kuşçu, 2023).

Domates genellikle kırmızı veya sarıdırlar, ancak yeşil ve mor çeşitleri de mevcuttur ve şekilleri neredeyse küreselden ovale ve uzundan armut şekline kadar değişmektedir

(Ofori Ohenewa vd., 2020). Dünyada tüketiciler domatesi taze meyve tüketmenin yanı sıra kendisinden maksimum düzeyde yararlanmak için salçada, çorbada, meyve sularında, soslarda, salatalarda, turşularda, ketçaplarda, pürelerde, konservelerde, domates tozu ve daha birçok işlenmiş ürünlerde de kullanmaktadır (Quinet vd., 2019).

2.1.1. Domatesin Besin İçeriği

Domates, yüksek miktarda diyet lifi ve vitamin içeriği nedeniyle günlük beslenmede önemli bir rol oynamaktadır (Tan vd., 2021). Hem çözünür hem de çözünmeyen diyet lifleri bakımından zengin bir besin kaynağıdır. Selüloz, hemiselüloz ve pektinler gibi çeşitli lif türlerini içermesi nedeniyle, beslenme açısından önemli bir profil sunmaktadır (Ali vd., 2020). Ayrıca su, domates meyvesinin %94-95'ini oluşturmaya rağmen bileşim olarak domates benzersiz bir besin ve (fito) kimyasal profile sahiptir (Burton-Freeman ve Reimers, 2011; Hedges ve Lister, 2005). Domates, vitaminler (B grubu ve C vitaminleri), mineraller (potasyum, fosfor, magnezyum, kalsiyum, sodyum, çinko ve manganaz), karotenoidler ve fenolik bileşikler dahil olmak üzere sağlığı geliştiren birçok bileşik içermektedir (Quinet vd., 2019; USDA, 2020). Tablo 2.1'de domatese ait karotenoid değerleri ve Tablo 2.2'de domatesin bazı besin değerleri verilmiştir.

Tablo 2. 1: Çiğ domatesteki karotenoid değerleri

Karotenoid	mg/100 g
Likopen	9.25
Nörosporen	1.18
Fitofluen	0.80
Fitoen	1.86
Lutein	0.07
B-Karoten	0.41

Kaynak: Perveen vd., 2015.

Tablo 2. 2: Domatesin besin değeri

Besin	100 g Başına Değer
Su	94.78
Protein	1.167
Toplam lipitler	0.19
Karbonhidrat	3.18
Mineraller	mg/100g
Kalsiyum	5
Magnezyum	8
Fosfor	29
Potasyum	212
Sodyum	42
Çinko	0.14
Manganez	0.088
Toplam diyet	0.9
Vitaminler	mg/100g
C vitamini, toplam askorbik asit	16
Tiamin	0.046
Riboflavin	0.034
Niasin	0.059
Pantotenik asit	0.018
B-6 vitamini	0.06

Kaynak: Perveen vd., 2015.

Domates yüksek miktarda C vitamini içermekte ve insan beslenmesi için makul bir kaynak olarak kabul edilmektedir. Buna ek olarak domates beslenmemizdeki üçüncü

önemli C vitamini kaynağıdır. Aynı zamanda güçlü bir tiamin, riboflavin, niasin, pantotenik asit ve B6 vitamini profiline sahiptir. Domates ayrıca birçok kalp hastalığını önlemeye yardımcı olan eser miktarda doymuş, çoklu doymamış yağ asitleri ve serbest kolesterol içermektedir. Ayrıca tekli doymamış yağ asitlerinden, özellikle oleik asit ve linolenik asit içerirler. Bunlara ek olarak da domates suyunda yüksek miktarda glutamik asit ve aspartik asit bulunmaktadır (Perveen vd., 2015; Kumar, Paswan ve Srivastava, 2012; Sönmez ve Ellialtıoğlu, 2014).

Likopen ve β -karoten, karotenoidlerin ana kaynağını oluşturur ve ana kırmızı pigment olan likopen, bir domates meyvesindeki toplam karotenoid içeriğinin yaklaşık %80-90'ını temsil eder (Wójtowicz vd., 2018). Bu miktar, domatesin çeşidine ve olgunluk durumuna göre değişiklik göstermekle birlikte yapılan birçok çalışmada domatesin olgunlaşma süresinin likopen değerinde bir artışa sebep olduğu belirtilmiştir (Sönmez ve Ellialtıoğlu, 2014). Tablo 2.3.'de domates ve ürünlerinin içerdiği likopen miktarları verilmiştir (Hobson ve Grierson, 1996).

Tablo 2. 3: Domates ve domates ürünlerinin likopen içerikleri

Domates ve Domates Ürünleri	Likopen içeriği ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)
Taze Domates	8.8-42
Pişmiş Domates	37
Domates Sosu	62
Domates Salçası	54-1500
Domates Çorbası	79.9
Domates Tozu	1126-1264
Domates Suyu	50-116

Kaynak: Hobson ve Grierson, 1996

2.1.2. Domates Tozu

Kurutma, bilinen en eski gıda muhafaza yöntemlerinden biridir. Kurutmayla gıdanın su aktivitesi azalır ve bu sayede enzimlerin mikrobiyal gelişme ile çalışması engellenerek ürünün bozulmasının önüne geçilebilir (Engin ve Kuşçu, 2023).

İşlenmiş domates ürünlerinde domatesin ısıl işlemi, ısı etkisiyle hücre duvarlarını yıkar ve likopen açığa çıkar. Dolayısıyla ısıl işlem görmüş domates ürünlerindeki likopen konsantrasyonu taze domatese göre daha yüksektir (Türüt ve Arkun, 2017).

Kurutulmuş domates ürünleri (yani domates yarımaları, dilimleri ve tozları), mükemmel özelliklerinden dolayı diğer domates ürünlerine kıyasla yüksek tüketime sahiptir (Liu vd., 2010). Bu çeşitli kurutulmuş domates ürünleri arasında toz, özel bir pazara sahiptir. Domates tozu, zengin aroma kalitesi nedeniyle yiyecek ve içecek endüstrisinde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Çorba, sos ve ketçap başta olmak üzere birçok gıda ürününde domates tozu içerik maddesi olarak kullanılabilir (Yegrem ve Ababele, 2022; Ray vd., 2016).

Domates tozu, ambalajlama, taşıma ve farklı tüketime hazır gıda preparatlarında kullanım kolaylığı ve uzun saklama ömrü nedeniyle kolaylıkla kullanılmaktadır (Ray vd., 2016). Fast food ürünlerinde en çok öne çıkan içerik maddelerinden biri de domates tozudur. Tat verici bir bileşen olarak domates tozu bu ürünlerde giderek daha popüler hale gelmektedir (Yegrem ve Ababele, 2022).

Bunlara ek olarak kurutma işlemi, ürünün kalitesini olumsuz yönde etkileyecek bazı reaksiyonları hızlandırıcı etkiye sahip olduğundan kurutma koşulları, kurutulan ürünün kalite özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir (Engin ve Kuşçu, 2023). Kurutulan ürünün sıcaklık, hava hızı, havanın bağıl nemi gibi kuruma koşulları, yoğunluk, gözeneklilik gibi yapısal özelliklerini, renk, görünüm gibi optik özelliklerini, aroma, tat, koku gibi duysal özelliklerini ve su tutma kapasitesi ve rehidrasyon oranı gibi özelliklerini etkilemektedir (Demiray, 2009).

Domateslerin dehidrasyonunda güneşte kurutma, hava akımıyla kurutma, vakumla kurutma ve dondurarak kurutma gibi birçok geleneksel termal yöntem de kullanılmaktadır (Bashir vd., 2014). Domateslerin kurutulmasında kullanılan yöntemler arasında en yaygın olanı, güneşte kurutma yöntemidir. Ülkemizde domateslerin büyük bir miktarı bu yöntem ile kurutulmaktadır (Demiray ve Tulek, 2008). Mevcut kurutma yöntemleri arasında en ucuz ve en kolay olanıdır. Maalesef açık hava yöntemi olduğundan malzeme toza, kemirgenlere ve diğer kirletici maddelere maruz kalmaktadır ve kurutulmuş ürünün besin kalitesinin düşük olmasına neden olmaktadır (Bratte, Adeleye ve Emumejaye, 2017). Bunlara ek olarak hava koşulları ürünün kalitesine doğrudan etkilediğinden dolayı yüksek ve aynı kalitede

ürün elde edilmemektedir (Demiray ve Tulek, 2008). Kurutma yöntemleri arasında fırında kurutma ise genellikle uzun kuruma süresi ve yüksek sıcaklık nedeniyle besinlerin bozulmasına neden olmaktadır. Dondurarak kurutma, besin maddelerini korumanın benzer etkili bir yoludur. Ancak pahalı ve zaman alıcı bir kurutma işlemidir (Tan vd., 2021).

Şahin (2010) dört farklı kurutma yönteminin uygulandığı domatesleri karşılaştırmıştır. Bu kurutma yöntemleri güneşte kurutma, sıcak hava kabin tipi kurutma, vakumla kurutma ve dondurarak kurutmayı içermektedir. Kurutma uygulamaları hem ön işlemsiz hem de ön işlemde gerçekleştirilmiştir. Dondurarak kurutma birçok kriter açısından en iyi sonuçları vermiştir. Ayrıca bu yöntemle askorbik asit, potasyum ve likopen gibi en yüksek besin değerleri bulunmuştur. Sıcak havayla kurutmada sürenin uzaması ve kurutma sıcaklıklarının artması likopen miktarlarını azaltmıştır.

2.1.3. Domatesin Sağlık Üzerine Etkileri

Domatesin besinsel önemi büyük ölçüde vitaminler, karotenoidler ve fenolik bileşikler de dahil olmak üzere sağlığı teşvik eden çeşitli bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Bu biyoaktif bileşikler, antiinflamatuvar, anti-alerjik, antimikrobiyal, vazodilatör, antitrombotik, kardiyο-koruyucu, serum lipid seviyesini düşürme ve antioksidan etkiler dahil olmak üzere çok çeşitli fizyolojik özelliklere sahiptir (Quinet vd., 2019).

Domates açısından zengin bir diyet, antikanser özellikleri, kardiyovasküler, nörodejeneratif ve bağırsak hastalıkları riskinin azaltılması ve cilt sağlığının iyileştirilmesi, egzersiz iyileşmesi ve bağışıklık tepkisinin iyileştirilmesi de dahil olmak üzere çok çeşitli sağlık yararlarıyla ilişkilidir (Collins vd., 2022).

Domates hem çözünür hem de çözünmeyen diyet lifleri, yani selüloz, hemiselüloz ve pektinler açısından önemli bir besin kaynağıdır. Genel olarak, bu lifler kalın bağırsakta bağırsak sindirimine dirençlidir ve bağırsak bozukluklarını, kanseri, diyabeti ve obeziteyi iyileştirdiğine inanılmaktadır (Ali vd., 2020).

Domates tüketiminin en bilinen faydalarından biri de Likopen içeriğidir. Likopen, kanserli hücre oluşumunun yanı sıra diğer sağlık komplikasyonları ve hastalıklara karşı mücadelede yardımcı olan hayati bir antioksidandır (Kumar, Paswan ve Srivastava, 2012). Domates, belirli kanser türlerinin riskini azaltmadaki rolüne dair

çok güçlü epidemiyolojik kanıtlar göz önüne alındığında, fonksiyonel bir gıda statüsünü girmektedir (Serio vd., 2006). Yapılan çalışmalarda, araştırmacılar önceden var olan kanser hücreleri kültürlerine Likopen'i ekledikleri zaman, likopenin bu kültürlerin sürekli büyümesini engellediğini tespit edilmişlerdir (Kumar, Paswan ve Srivastava, 2012).

Karotenoid açısından zengin domates tüketiminin, A vitamini eksikliği bozukluklarına ve ışığa bağlı göz hasarı, katarakt gelişimi ve yaşa bağlı makula dejenerasyonu dahil diğer kronik hastalıklara karşı koruma sağladığı rapor edilmiştir (Ali vd., 2020). Sadece çiğ domates değil, aynı zamanda ketçap, sos ve salça gibi pişmiş veya işlenmiş domates ürünleri de hastalıklardan korunmanın iyi kaynakları arasında yer almaktadır (Burton-Freeman ve Reimers, 2011).

2.2. Diyet Lif

Diyet lifi terimi, ince bağırsak enzimleri tarafından parçalanmayan ve kalın bağırsağa (kolon) geçen ve burada enterik mikroorganizmalar tarafından kısmen veya tamamen fermente edilerek kısa zincirli yağ asitlerine dönüştürülen herhangi bir karbonhidratı ifade eder (İbrahim ve Menkovska, 2022). Basitçe tanımlanacak olursa diyet lifler genellikle bağırsak kanalında parçalanmayan, sindirilmeyen karbonhidratlar'dır (Perry ve Ying, 2016). Diyet lifi meyvelerde, sebzelerde, baklagillerde, odunsu bitkilerde, tohum kabuklarında, özellikle tahıllarda ve hububatlarında bulunmaktadır (Rodrı'guez vd., 2006; Fadaei ve Salehifar, 2012).

Diyet lif, suda çözünürlüğüne göre çözünür ve çözünmez diyet lif olarak sınıflandırılmaktadır. Çözünür ve çözünmez arasındaki oran, diyet lifinin fonksiyonel özellikleri üzerinde önemli bir faktördür (İbrahim ve Menkovska, 2022). Selüloz, hemiselüloz ve lignin suda çözünmezken, pektinler, gumlar ve müsilaajlar suda çözünür hale gelir (Dhingra vd., 2012). Çözünür lifler su ile birleştğinde jel oluştururken, çözünmeyen lifler daha çok (yaklaşık 20 katı kadar) su absorplamasına rağmen jel oluşturmamaktadırlar (Ekici ve Ercoşkun, 2007). Tablo 2.4.'de diyet lif çeşitleri ve kaynakları verilmiştir.

Tablo 2. 4: Diyet lif çeşitleri ve kaynakları

Çözünen Lif	Kaynak
Pektin	Tam tahıllar, elma, baklagiller, lahana ve kök sebzeler
Gam	Yulaf ezmesi, kuru fasulye baklagiller
Müsilaj	Gıda katkıları
Çözünmeyen Lif	Kaynak
Selüloz	Tam tahıllar, kepek, bezelye, kök sebzeler, fasulye ve elma
Hemiselüloz	Kepek ve tam tahıllılar
Lignin	Sebzeler ve un

Kaynak: Ekici ve Ercoşkun, 2007.

Diyet lifleri fonksiyonel özelliklerinin olmalarının yanı sıra ürünün tekstürel ve duyuşsal özelliklerini geliştirmesi üzerine araştırmalar yapılmaktadır (Ekici ve Ercoşkun, 2007). Yapılan çalışmalarda gıda ürünlerine (unlu mamuller, süt ürünleri, reçeller, etler, çorbalar) katılan diyet lifinin dokusal özellikleri değiştirebildiğini, sinerezi (büzülme nedeniyle sıvının jelden ayrılması) önleyebildiğini, yüksek yağlı gıda ve emülsiyonları stabilize edebildiğini ve raf ömrünü uzatabildiği belirtilmektedir (Elleuch vd., 2011). Aynı zamanda diyet lifinin gıdalara ilavesinde, su tutma kapasitesinin, yağ tutma kapasitesinin, emülsifikasyonun ve jel oluşumunun artırılması gibi fonksiyonel özellikler göstermektedirler (Wang, Wu ve Li, 2013).

Diyet lif üzerine yapılan birçok çalışmada, diyet lifi alımının artmasıyla, koroner kalp, felç, hipertansiyon, diyabet, bazı kanser türleri ve obezite riskinin azaltılmasına yönelik birçok sağlık yararları olduğu tespit edilmiştir (Mann ve Cummings, 2009). Ayrıca, diyet lif tüketiminin artmasıyla kan basıncında, kan şekeri kontrolünde iyileşme ve bağışıklık sistemini desteklediği görülmektedir (Anderson vd., 2009).

2.2.1. Selüloz

Selüloz (C₆H₁₀O₅)n gezegendeki en yaygın organik polimerlerden biridir. Yeşil bitkilerin birincil hücre duvarının, çeşitli yosun formları ve oomycetes'in önemli bir yapısal bileşenidir (Gupta vd., 2019). D-anhidroglikoz birimlerinin β-1,4-glioksidik bağlarla birbirine bağlanması sonucu oluşan doğrusal bir polimerdir (Eichhorn vd., 2001). Selüloz, bitkilerin yanı sıra algler, mantarlar, bakteriler gibi çok çeşitli canlı türlerinde ve hatta gömlekliler gibi bazı deniz hayvanlarında da mevcuttur (George ve Sabapathi, 2022).

Selüloz yüksek moleküler ağırlığa sahiptir. İnsan vücudunda selüloz enzimi üretilmediğinden dolayı sindirilmemektedir ve absorpsiyon yeteneğinden ötürü kendi ağırlığının birkaç katı kadar su tutabilme kapasitesine sahiptir (Arslan ve Erbaş, 2014). Selüloz suda çözünmeyen lif kategorisine aittir. Gözenekli ağ yapısı, biyoyumumluluk, yüksek en boy oranı ve hidroksil gruplarının bolluğu, selülozun fonksiyonel bir gıda bileşeni olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, gıda endüstrisinin yanı sıra kumaş ve kağıt üretiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Sabbaghi, 2022; Keshk, 2014).

Genel olarak selüloz türevlerinin gıda sistemlerine yönelik emülgatörler, stabilizatörler, kaplamalar, film üretimi, jel oluşumu, yapışkan oluşturma ve yapıları kalınlaştırma gibi çeşitli uygulamalarında kullanılır (Sabbaghi, 2022). Bunlara ek olarak selüloz, doku iyileştirmesi, hamur viskozitesinde artış, amilopektin retrogradasyonunun yavaşlaması, su tutulmasında artış ve glüten işlevselliğinin değiştirilmesi gibi çok sayıda spesifik fonksiyonel özelliğin sağlanması amacıyla tahıl ürünlerinin kalitesini arttırmak için büyük ölçüde kullanılmaktadır (Bousquières, Michon ve Bonazzi, 2017).

2.2.2. Narenciye Lifi

Narenciye meyvelerinden (portakal ve limon gibi) elde edilen bir diyet lifi olan Narenciye lifi, narenciye tüketme sürecinin bir yan ürünüdür (Zhang, Liao ve Qi, 2020). Diyet lifi, kurutulmuş limon yan ürünlerindeki ana bileşenlerdir (%77,34-81,71). Ayrıca limon posası birçok fitokimyasal (fenolik, karotenoid ve pektin) içermektedir. Bu nedenle limon posası gıda zenginleştirilmesi için iyi bir diyet lif ve fitokimyasal kaynağıdır (Fu, Chang ve Shiau, 2015). Önemli sağlıklı ve ekonomik

faydalar sağlayabilecek potansiyel fonksiyonel özellikleri ve besin değeri nedeniyle son yıllarda büyük ilgi görmüştür (Zhang, Liao ve Qi, 2020).

Meyve türevi diyet lifi genellikle unlu mamullerin potansiyel bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. Soya fasulyesi ve tahıllar gibi diğer kaynaklarla karşılaştırıldığında, narenciye kabuğundan elde edilen diyet lifi daha fazla suda çözünür fraksiyon içerir ve suda çözünür fraksiyon içeriği %30-50'ye ulaştığında ideal bir diyet lifi olarak kabul edilir. Narenciye lifi açısından zenginleştirilmiş fırın ürünleri arasında bisküviler, muffinler ve ekmek yer almaktadır (Korus vd., 2020; Huang vd., 2021).

Narenciye lifi yüksek su tutma kapasitesine sahiptir ve bu fırınlanmış ürünlerde, soslarda ve etlerde verimi artırmada ve nemi muhafaza etmede kullanılmaktadır. Bileşim açısından pektin, narenciye lifi bileşiminin yaklaşık %42'sini oluşturur; bu, lifin büyük ölçüde çözünmeyen doğası ve su tutma kapasitesi üzerindeki etkisi nedeniyle önemlidir (Lundberg vd., 2014). Aynı zamanda narenciye lifi hemiselüloz ve selüloz da içermektedir (Buljeta vd., 2021).

Sendra vd. (2010) portakal lifi ilavesinin yoğurdun viskoelastik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmış ve büyük lif parçacıklarına sahip yoğurtlarda viskozitenin daha küçük boyutlu olanlara göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Fu, Chang ve Shiau (2015) hamura limon lifi katmış ve lif ikamesi ile hamurun yapışkanlığının ve elastikiyetinin azaldığını bulmuşlardır. Çalışmalar ayrıca narenciye lifi ve stabilizatör/emülgatör kombinasyonunun arzu edilen dondurma özelliklerini ürettiğini de göstermiştir (Su vd., 2020). Lundberg vd. (2014)'e göre, %40'ın üzerinde pektin içeren narenciye lifleri, suyu emdikçe ve şiştikçe bireysel kimliklerini kaybediyor ve çözünebilir ve çözünmeyen liflerden oluşan jel benzeri ve birbirine bağlı bir ağ oluşturmaktadır.

2.2.3. Pektin

Pektin, esas olarak elma, portakal, limon ve benzeri meyvelerde bulunan bitki hücrelerinin birincil hücre duvarında ve hücre içi katmanında bulunan bir tür yapısal liftir (Mudgil, 2017). Pektin, galakturonik asit açısından zengin bir dizi polisakkariti kapsamaktadır (Willats vd., 2001). Esas olarak pektin, bir alfa-(1-4) zincirinde bulunan esterleştirilmiş D-galakturonik asitten oluşan kompleks bir polisakkarittir (Sharma vd., 2006).

Pektinler, farklı özelliklere ve farklı endüstriyel uygulamalara sahip olan yüksek dereceli esterleşme (HM) veya düşük dereceli esterleşme (LM) olarak sınıflandırılır. Pektinler, ortak özelliklerine rağmen, kaynağa ve ekstraksiyon yöntemine, yani moleküler kütleye ve dağılımlarına göre değişen farklı özellikler sergilemektedirler (Freitas vd., 2021).

Endüstriyel ölçekte pektin esas olarak narenciye kabuğundan (%85), elma posasından (%14) ve pancardan (%1) elde edilir. Mevcut çalışmalar, pektinin gıda endüstrisinin birçok yan ürününden elde edilebileceğini ve bu sayede tarımsal endüstriyel atıkların değerlendirilmesinin mümkün olduğunu bildirmektedir. Son yıllarda araştırılan yan ürünlerden bazıları çarkıfelek meyvesi kabuğu, mango kabukları, üzüm cıbresı, jackfruit kabukları, kivi kabukları, patates posası, kavun kabukları, karpuz kabukları, kahve posası, kakao kabukları, muz kabukları, nar kabukları, bamya kabukları, kabak kabukları ve papaya kabukları'dır (Freitas vd., 2021; Sundar Raj vd., 2012; Taşan ve Akpınar, 2020).

Yiyecek ve içecek endüstrisinde koyulaştırıcı madde, jelleştirici madde ve koloidal stabilizatör olarak kullanılmaktadır (Sundar Raj vd., 2012). Yapılan birçok araştırmada, mükemmel emülsifiye etme, jelleştirme, köpürtme ve film oluşturma özellikleri olduğu belirtilmiştir. Pektin hidrojeller oluşturur ve bu nedenle hidratlı ve viskoz gıdalarda yaygın olarak kullanılır. Reçellerde, meyve sularında, tatlılarda, süt ürünlerinde ve jölelerde kullanımı popüler olduğundan pektinin jelleştirici özellikleri iyi bilinmektedir (Freitas vd., 2021).

Diyette çözünebilir lif olarak pektin, dolaşımdaki kolesterol seviyelerinin azalması, yemek sonrası glikozdaki seviyesinin azalması ve enerji alımında azalmaya neden olan tokluk hissinin artması gibi sağlık yararları mevcuttur (Petkowicz ve Williams, 2020). Ayrıca yapılan çalışmalarda, pektinin kan kolesterol düzeylerini, özellikle de düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol fraksiyonlarını düşürdüğü ve koroner kalp hastalığı riskini azalttığı gösterilmiştir (Dasgupta ve Shah, 2020).

2.2.4. Guar Gam

Guar gum, Leguminosae familyasının bir üyesi olan kuraklığa dayanıklı bitki *Cyamopsis tetragonoloba*'nın tohumlarından elde edilen bir liftir (Mudgil, Barak ve Khatkar, 2014). Bir galaktomannan olan guar gum, galaktomannan adı verilen,

mannoz ve galaktoz olmak üzere iki monosakarit biriminden oluşan bir polimerdir (Tahmouzi vd., 2023).

Guar gum, su molekülleri ile hidrojen bağları oluşturma kabiliyeti nedeniyle çeşitli endüstriyel amaçlar için kullanılabilir. Guar gum diğer maddelerden (örneğin, diğer gamlar (Arap ve Kitre) veya mısır nişastasından) sekiz kat daha fazla, mükemmel bir su koyulaştırma kabiliyetine sahiptir ve yeterli viskoziteye ulaşmak için küçük bir miktara kullanılması yeterlidir (Tahmouzi vd., 2023).

Kalınlaştırıcı, emülsifiye edici, bağlayıcı ve jelleştirici özellikleri, soğuk suda hızlı çözünürlüğü, geniş pH stabilitesi, film oluşturma yeteneği ve biyolojik olarak parçalanabilirliği nedeniyle çok sayıda endüstride uygulama alanı bulmaktadır (Lal vd., 2021). Guar gum gıdalara, yumuşaklık, emülsifikasyon ve stabilizasyon kazandırmaktadır ve bunlara ek olarak da gıda ürünlerinde takviye olarak diyet lifi formunda kullanılmaktadır (Bogdanova Popov vd., 2017). Ayrıca, kalorisi düşük ve lif oranı yüksektir, bu da gıdalarda tokluk hissi vermeye yardımcı olmaktadır (Srinivasan, 2020).

Yapılan araştırmalarda guar gum, yoğurdu, sıvı peynir ürünlerini ve kefirı koyulaştırdığı ve ayrıca dondurmanın homojenliğini ve dokusunu korumaya yardımcı olduğu belirtilmiştir (Tahmouzi vd., 2023). Ayrıca, fırınlanmış ürünlerde hamur verimini ve dokusunu artırırken et ve et ürünlerinde bağlayıcı ve yağ ikame maddesi olarak kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak da salata soslarına, soslara (ketçap, hardal ve mayonez gibi) ve diğer hazır gıdalara ilavesi stabilize, doku ve görünüm sağlamaktadır (Wang vd., 2016; Ulu, 2006).

Guar gum diyet lifi etkisi nedeniyle diyabet, bağırsak hareketleri, kalp hastalıkları, düşük bağışıklık ve kolon kanseri gibi birçok sağlık sorununun kontrolünde de fayda sağlamaktadır. Bunlara ek olarak guar gum diyabet, kilo yönetimi ve hiperkolesteremi de önemli bir rol göstermiştir (Lal vd., 2021). Yapılan *in vitro* çalışmada, guar gumun varlığının nişastanın sindirimini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Nişasta ve nişastayı hidrolize eden enzimler arasında bariyer görevi gördüğü belirtilmiştir (Mudgil, Barak ve Khatkar, 2014). Guar gum jel oluşturuucu özelliğinden dolayı kolesterol ve glikozu düşürücü etkiler göstermektedir. Aynı zamanda kilo kaybına ve obezitenin önlenmesine de yardımcı olur. Guar gumda çözünen lifin jel oluşturma

kapasitesi nedeniyle mide boşalmasının yavaş olması nedeniyle artan doygunluk elde edilmektedir (Butt vd., 2007).

2.3. Glikasyon Ürünleri

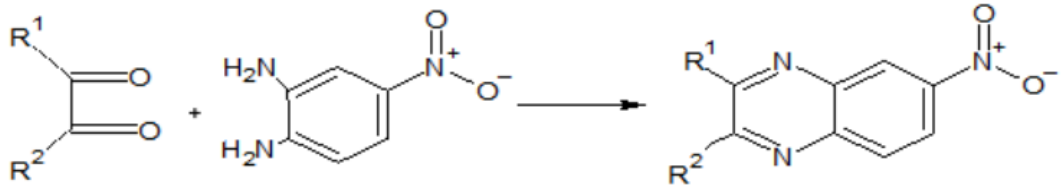
Isıl işlem sırasında, ticari olarak işlenmiş gıdaların çoğu, ısıtmanın etkisi altında serbest amino gruplarının (amino asitlerden veya proteinlerden türetilmiş) ve karbonil gruplarının (şekerlerden türetilmiş) karmaşık bir etkileşiminden oluşan kimyasal bir reaksiyon olan Maillard reaksiyonuna (MR) maruz kalırlar ve MR'ın son adımında glikasyon ürünleri meydana gelmektedir (Li vd., 2023). Glikasyon ürünleri, indirgeyici şekerler ile proteinlerin, lipidlerin veya nükleik asitlerin serbest amino grupları arasındaki enzimatik olmayan bir reaksiyon yoluyla oluşur (Ejtahed vd., 2016). Lipid peroksidasyonu, dikarbonil bileşenlerinin üretilmesine neden olarak, Maillard reaksiyonunu tetikleyerek ardından glikasyon ürünleri oluşumunu teşvik eder (Peppia, Uribarri ve Vlassara, 2004). Glikasyon ürünleri, proteinler arasında kovalent çapraz bağ oluşumu, bazı gıda ürünlerinin rengini sarı-kahverengi renklere dönüştürme etkisi ('esmerleşme' etkisi) ve floresan oluşumu gibi bazı ortak özellikleri paylaşan karmaşık ve heterojen moleküllerden oluşan bir gruptur (Inan-Eroglu, Ayaz ve Buyuktuncer, 2020).

Maillard reaksiyonuna dayanan glikasyon ürünleri üç aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşama glukoz, protein, lipit veya DNA'nın serbest bir amino asidine enzimatik olmayan bir yolla bağlanarak Schiff bazı oluşturur. İkinci aşamada ise Schiff bazı, Amadori ürünlerine (daha stabil ve geri dönüşümlü olan, erken glikasyon ürünleri olarak da bilinir) dönüşür. Üçüncü aşamada ise Amadori ürünleri bileşiklerin dehidrasyonu ve oksidasyonu ile haftalar veya aylar süren bir zamanda geri dönüşümü olmayan glikasyon ürünleri oluşur (Erim, 2021).

Yapısal olarak açıklanmış birçok glikasyon ürünü mevcuttur (Sharma vd., 2015). Maillard reaksiyonu sırasında meydana gelen glikasyon ürünleri öncüleri olan glioksal (GO) ve metilglioksal (MGO), protein ve yağ oksidasyonu ile oluşan toksik, heterojen bileşiklerdir (Çatak ve Balcı, 2022a). Özellikle önemli bir lezzet oluşturma reaksiyonu olan Strecker bozunmasında aroma ve renk bileşiklerinin öncüleri olarak önemli rol oynamaktadır (Wang ve Ho, 2012). Bunlara ek olarak, GO ve MGO, eksojen olarak şeker otooksidasyonu, Maillard reaksiyonu, lipit degradasyonu ve mikrobiyal fermentasyon süreçleri sonucunda meydana gelir (Hollnagel ve Kroh, 1998). Ayrıca

α -dikarbonil bileşikleride işlenmiş gıdalarda ve canlılarda oldukça rastlanmaktadır (Çatak ve Uçgun, 2022b).

Gıdalardaki GO, MGO ve dimetil glioksalın tespiti için, 4-Nitro-1,2-fenilendiamin (NPD), yüksek performanslı sıvı kromatografisinde (HPLC) photo diode array detektörü ile tespit edilmesinde kullanılmaktadır. NPD, glioksal ve metil glioksal gibi bileşiklerle reaksiyona girerek nitrokinoksalin bileşenlerini oluşturur (Şekil 2.1.). Bu bileşikler oluştuktan sonra oldukça stabildirler (Ozgolet vd., 2022; Cengiz vd., 2020).



Şekil 2. 1. Glioksal ve metilglioksalın 4-nitro-1,2 fenlendiamin ile reaksiyonu (R₁=R₂=H ise glioksal, R₁=HR₂=CH₃ ise metilglioksal, R₁=R₂=CH₃ ise dimetil glioksal)

Glikasyon ürünleri her ne kadar normal bir metabolizmanın parçası olsa da dokularda ve dolaşımda yüksek miktarda bulunmasından dolayı patojenik hale gelebilmektedir. Vücutta oluşan glikasyon ürünlerine ek olarak gıdalarda da glikasyon ürünleri mevcuttur (Uribarri vd., 2010). Sağlıklı bireyler ve böbrek hastalığı ve diyabet gibi kronik rahatsızlıkları olan bireyler için günlük 4000-24.000 kU/gün glikasyon ürünü alımı rapor edilmiştir (Çatak, 2020).

2.3.1. Diyetsetel Glikasyon Ürünleri Kaynakları

Mevcut araştırmalar, şeker, protein ve yağ gibi gıda bileşenlerinin, farklı saklama yöntemlerinin ve kızartma, fırınlama ve haşlama gibi farklı pişirme yöntemlerinin gıdalardaki glikasyon ürünlerinin oluşumunu etkilediğini bildirmektedir (Wei, Liu ve Sun, 2018). Ayrıca gıdalara ilave edilen çeşni ve gıda katkı maddeleri de glikasyon ürünleri oluşumunda etkilidir (Uribarri vd., 2010).

Glikasyon ürünleri çiğ hayvansal gıdalarda doğal olarak bulunur ve pişirme, bu gıdalarda yeni glikasyon ürünlerinin oluşmasına neden olur. Özellikle ızgara, kavurma, soteleme ve kızartma uygulamaları, yeni glikasyon ürünlerinin oluşumunu hızlandırır ve çoğaltır (Uribarri vd., 2010). Yapılan son çalışmalarda ise protein ve yağ içeriği yüksek besinlerde glikasyon ürünü miktarının daha yüksek olduğu

belirtilmiştir. Benzer şekilde hazırlanan besinler incelendiği zaman en yüksek diyetset glikasyon ürünleri sığır eti ve peynirlerde ardından da kümes hayvanları eti, balık ve yumurtanın olduğu belirtilmiştir. Diğer et ürünlerine göre en düşük glikasyon ürünleri düzeyi ise kuzu etinde tespit edilmiştir (Sharma vd., 2015).

Tam yağlı peynirler az yağlı peynirlere göre daha yüksek oranda diyetset glikasyon ürünleri içermektedir. Bunun sebebi, pastörizasyon ve oda sıcaklıklarında bekletme sürelerinin uzunluğu olarak ifade edilmektedir (kütleme veya olgunlaştırma süreçlerinde olduğu gibi) (Uribarri vd., 2010).

Karbonhidrat içeriği yüksek gıdalar incelediği zaman, en yüksek diyetset glikasyon ürünleri düzeyine sahip ürünler, yapım sürecinde kuru ısı uygulanan, kraker, kurabiye ve cips'tir. (Yılmaz ve Karabudak, 2016). Hammaddeler, içerikler, işlem süresi ve işlem sıcaklığı, tahıl ürünlerindeki glikasyon ürünleri içeriğini etkileyen ana faktörlerdir. Tahıl ürünlerindeki glikasyon ürünleri içeriği, protein, amino asitler, lipitler ve diyet lifi içeriğiyle bağlantılı olarak etkilenmektedir (Li vd., 2023).

2.3.2. Kurabiyeler ve Glikasyon Ürünleri

Kurabiyeler giderek artan bir trendle tüketilen tahıl bazlı unlu mamuller arasında yer almaktadır. Tüketime hazır olmaları, yüksek besin kaliteleri, çeşitli hoş tatlarda bulunabilmeleri ve uzun raf ömürleri nedeniyle ilgi çekmektedir (Kahraman vd., 2019). Bisküviler, kalsiyum, demir ve vitaminlerle zenginleştirilmiş, bebek, çocuk ve yaşlılar ile glutensiz gıdalar gibi özel ihtiyaçları olan kişiler için formüle edilmiş birçok fonksiyonel forma sahiptir (Davidson, 2018).

Kurabiyeler yüksek karbonhidrat ve yağ seviyeleri ile bilinmektedir. Ayrıca, yağ ve şeker, kurabiyelerin gevrekliği ve dokusu üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Kurabiyelerin pşirilmesi sırasında lipid oksidasyonu, karamelizasyon ve MR gibi termal reaksiyonlar meydana gelmektedir (Hu vd., 2022). Bunlara ek olarak da yapımları esnasında ilave edilen un, tereyağı, sıvıyağ, peynir, yumurta ve yağlı tohumlar MR kolaylıkla tetikleyebilir ve diyetset glikasyon ürünleri düzeyini önemli miktarda arttırabilir (Yılmaz ve Karabudak, 2016; Yaman vd., 2022).

Glikasyon ürünlerini etkileyen başlıca faktörler arasında yüksek sıcaklık, pişirme süresi, pH, nem, düşük su aktivitesi ve lipid peroksidasyonu mevcuttur (Arribas-Lorenzo ve Morales, 2010). Kurabiyein pişirilmesi esnasında esmerleşme, karamelleşme ve MR meydana gelmektedir ve bu faktörler (yüksek sıcaklık, düşük su

aktivitesi, nem, pişirme süresi) kurabiyelerde glikasyon ürünleri oluşumunu etkilemektedirler (Yaman vd., 2022).

Yapılan bir çalışmada farklı kurabiye türlerinde GO ve MGO düzeylerini sırasıyla 4,8 ila 26,0 ve 3,7 ila 81,4 mg/kg arasında bulmuştur. Ayrıca fruktozdan yapılan kurabiyelerin en yüksek MGO seviyelerine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Arribas-Lorenzo ve Morales, 2010).

2.3.3. Glikasyon Ürünü Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Gıdadaki glikasyon ürünleri seviyelerinin en önemli belirleyicisi pişirme yöntemi, özellikle de pişirme sıcaklığıdır. Elbette glikasyon ürünleri seviyeleri aynı zamanda proteinlerin, lipidlerin ve karbonhidratların içeriğine de bağlıdır. Bu nedenle, yüksek sıcaklıklarda ve kuru koşullarda pişirilen yemekler, özellikle de yüksek yağ içeriği varsa, en yüksek glikasyon ürünleri içeriğine sahiptir (Vlassara vd, 2008). Aynı şekilde reaksiyon süresi, işlem sıcaklığı, reaktan konsantrasyonu, su mevcudiyeti ve pH, MR'da önemli rol oynadıkları için diyetteki glikasyon ürünlerin oluşumunu da etkileyebilmektedir. Ayrıca depolama koşulları (zaman, sıcaklık, nem ve atmosfer paketlenme) gıdalardaki glikasyon ürünleri miktarını etkileyebilmektedir (Wei, Liu ve Sun, 2018). Bunlara ek olarak da meyve veya sebzelerin kurutma işlemi de glikasyon ürünleri miktarını arttırmaktadır (Uribarri vd., 2010).

Özellikle ızgara, kavurma, soteleme ve kızartma yeni glikasyon ürünleri oluşumunu hızlandırır ve çoğaltır (Uribarri vd., 2010). Mikrodalga fırının, kaynatarak pişirme yöntemlerine benzer şekilde glikasyon ürünleri içeriğini arttırdığı yapılan analizlerde gösterilmiştir (Goldberg vd., 2004).

Yapılan bir çalışmada nem seviyesi yüksek gıdaların (elma ve hamur gibi) düşük glikasyon ürünleri içeriğine sahip olduğunu, yüksek protein içeriğine sahip gıdaların (süt, süt tozu ve kızarmış tavuk gibi) daha yüksek olduğunu göstermişlerdir (Fang vd., 2014)

2.3.4. Glikasyon Ürünlerinin Sağlık Üzerine Etkileri

Glikasyon ürünleri vücutta metabolizmanın bir parçası olarak üretilmelerine rağmen besinlerle eksojen olarak da alınırlar ve glikasyon ürünlerin önemli bir kısmı gastrointestinal sistemden emilerek kana geçer. Sonuç olarak gıdalarla birlikte tüketilen glikasyon ürünlerinin çeşitli hastalıklar için risk faktörü olabileceği

varsayılmaktadır (Demirer ve Samur, 2023). Cips, kraker, kek ve bisküvi gibi atıştırılabilir ürünlerin glikasyon ürünleri miktarı et ürünlerine kıyasla düşük olsa bile, günlük hayatta oldukça fazla öğünde tüketildiği için birçok hastalığa zemin hazırlamaktadır (Çatak ve Balcı, 2022a).

Dokularda glikasyon ürünlerinin varlığı fizyolojik bir süreçtir; ancak aşırı üretim ve depolama patolojiktir ve iltihaba yol açmaktadır. Hareketsiz bir yaşam tarzı, hiperkalorik ve yüksek fruktozlu diyet ve işlenmiş gıdaların fazla tüketimi, enzimatik olmayan çok aşamalı glikasyon sürecinde oluşturulan bileşiklerin aşırı üretimine katkıda bulunmaktadır (Zawada vd., 2022). Vücuttaki yüksek seviyelerdeki glikasyon ürünleri birikimi oksidatif stresi artırır ve diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve bazı kanserler gibi birçok hastalığın ilerlemesine yol açmaktadır (Lin, Wu ve Yen, 2018).

Yapılan bazı çalışmalar glikasyon ürünlerinin amiloidoz ve Alzheimer hastalığı ile ilişkili protein agregasyonunda potansiyel bir role sahip olduğunu gösterilmiştir (Nie vd., 2022). Glikasyon içeriği yüksek diyetle beslenen sıçanlar üzerinde yapılan bir çalışmada, insülin salınımının bozulduğu ve beta hücre ölümünün gerçekleştiği rapor edilmiştir (Yılmaz ve Karabudak, 2018). Başka bir çalışmada yağ ve glikasyon ürün içeriği yüksek bir diyetin, farelerin insülin direncini ve tip 2 diyabeti tetiklediği belirtilmiştir (Sandu vd., 2005).

Hayvan modellerinde ve insanlarda yapılan çeşitli çalışmaların sonuçları, diyetteki glikasyon ürünlerinin azalmasının birçok olumlu etkilerinin (kardiyovasküler hastalıklar, yara iyileşmesi gibi) olduğunu göstermektedir. Ayrıca glikasyon ürünleri alımındaki azalmanın hayvan çalışmalarında yaşam süresini arttırdığı rapor edilmiştir (Luevano-Contreras ve Chapman-Novakofski, 2010).

2.3.5. Anti-Glikasyon Aktivite Gösteren Gıdalar

Glikasyon ürünü inhibitörleri sentetik bileşikler ve doğal ürünler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Glikasyon ürünleri inhibitörlerinin ana mekanizmaları esas olarak şekerin proteinlere bağlanmasını bloke etme, glikasyon sürecinde üretilen reaktif dikarboniller, serbest radikaller ve nitrojen türleri gibi bazı ara maddeleri yakalayıp veya temizleyerek glikooksidasyonu ve oksidatif stresi hafifletmek ve oluşan glikasyon ürünleri çapraz bağlarını parçalamaktır (Peng vd., 2011).

Çoğu sentetik inhibitör, glikasyonun geç aşamasında glikasyon ürünlerin oluşumunu önlemede önemli bir rol oynar; bu, esas olarak hem reaktif karboniller hem de

glukasyon sırasında oluşan radikaller üzerindeki temizleme yeteneklerine atfedilir veya ara Amadori rnlerinin oluşumunu bloke etmektedir (Peng vd., 2011).

Bazı sentetik bileşikler, glukasyon ürünlerin oluşumuna karşı veya in vivo Maillard reaksiyonunun neden olduğu protein çapraz bağlarının kırılmasında güçlü inhibitör aktiviter gösterse de bunlar aynı zamanda ciddi yan etkilere de yol açabilmektedir. Son yıllarda bazı bitki ekstraktlarının glukasyon ürünleri oluşumu üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Bu bitki ekstraktlarının çoğunun glukasyon ürünlerin oluşumu üzerindeki önleyici etkilerinin esas olarak içerdikleri büyük miktardaki fenolik antioksidanlardan kaynaklandığı belirtilmektedir. Serbest radikaller glukasyon ürünlerin oluşumunda rol oynadığından dolayı, fenolik antioksidanların glukasyon ürünlerin oluşumunu engelleyebileceğini düşünülmektedir (Sharma vd., 2015).

Peng vd. (2008) farklı solventlerle hazırlanan tarçın kabuğu ekstraktlarının anti-glukasyon aktivitesini analiz etti. Etil asetat ekstraktlarının en yüksek anti-glukasyon aktivitesini sergilediğini buldular.

Sarımsak ekstraktlarındaki üzerine yapılan *in vitro* alışmalar, yıllandırılmış sarımsak ekstraktlarının glukasyon ürünlerinin oluşumunu engelleyebildiğini ve içerdiği S-allilsisteinin ana aktif bileşen olduğunu göstermiştir (Ahmad ve Ahmed, 2006).

Dearlove vd. (2008) mutfaklarda yaygın olarak kullanılan 24 bitki ve baharatı analiz etti ve baharat ekstraktlarının genellikle bitki ekstraktlarından daha yüksek düzeyde anti-glukasyon aktivitesi sergilediğini gösterdi. Test edilen baharat ekstraktları arasında en güçlü glukasyon inhibitörleri karanfil ekstraktları, ğtlmş Jamaika yenibaharı ve tarındı; Test edilen bitki zleri arasında güçlü glukasyon inhibitörleri adaçayı, mercanköşk, tarhun ve biberiyeydi.

Domates salçası, önemli bir karotenoid olan likopen ve suda çözünür polifenol içeren yaygın, sağlıklı, işlenmiş bir gıdadır (Wu vd., 2011). Kiho vd. (2004) domates salçasının suda zneabilen ve düşük moleküler ağırlıklı bir fraksiyonunun glukasyonu inhibe etme konusunda güçlü bir yetenek gösterdiğini buldu.

Aynı şekilde, glukasyon ürünleri oluşumunun, limon suyu, sirke veya domates suyu gibi asidik bileşenlerin kullanılmasıyla azalmaktadır (Sharma vd., 2015). Yapılan bir çalışmada limonla birlikte haşlanan tavuğın toplam glukasyon ürünleri içeriğinin, limonsuz haşlanan tavuėėa göre %50 azaldığı görülmüştür (Erim, Ergene ve Hecer, 2022).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Kurabiye Örnekleri

Kurabiye örneklerinin formülasyonu Lopez-Ruiz vd. (2023) tarafından geliştirilen tarife dayanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan örnekler; Kontrol kurabiye, domates tozu eklenmiş kurabiye, selüloz eklenmiş kurabiye, pektin eklenmiş kurabiye, guar gum eklenmiş kurabiye, narenciye lifi eklenmiş kurabiye, domates tozu ve selüloz eklenmiş kurabiye, domates tozu ve pektin eklenmiş kurabiye, domates tozu ve guar gum eklenmiş kurabiye ve domates tozu ve narenciye lifi eklenmiş kurabiye olmak üzere 10 tanedir. Örneklerin hammaddelerinden buğday unu (Tellioğlu Çok Amaçlı Un), yağ (Yudum), tuz (Billur) ve toz şeker (Bal Küpü) yerel marketlerden temin edilmiştir. Domates tozu Çiftçianneden internet sitesinden temin edilmiştir. NH_4HCO_3 (Amonyum Bikarbonat) ve NaHCO_3 (Sodyum bikarbonat) Katkı dünyası internet sitesinden temin edilmiştir. Malt ekstraktı ve glikoz şurubu Hammaddeler internet sitesinden temin edilmiştir. Diyet lifler (pektin, selüloz, guar gum, narenciye lifi) ise ticari bir firmadan temin edilmiştir. Diyet liflerin elde edildikleri kaynaklar; pektin elmadan (Çin), selüloz buğdaydan (Hindistan), guar gum guar fasulyesi tohumundan (Pakistan) ve narenciye lifi ise narenciyeden elde edilmiştir.

Kontrol kurabiye örnekleri dışında, kurabiye örneklerine ayrı ayrı %5 oranında domates tozu ve diyet lifleri (selüloz, pektin, guar gum, narenciye lifi) ve yine her bir kurabiye örneklerine hem %2.5 oranında domates tozu hem de %2.5 oranında diyet lifleri (selüloz, pektin, guar gum, narenciye lifi) ilave edilerek hazırlanmıştır. Kurabiyelerin formülasyonu ve kodları Tablo 3.1’de ve Tablo 3.2’de verilmiştir.

Kurabiye örneklerinin formülasyonu Tablo 3.1.’de verilmiştir. Kurabiyelerin şekli (kurabiye başına yaklaşık 25 g hamur) tüm kurabiyelerin aynı boyutlarda (4 cm çap ve 1,5 cm yükseklik) olması için dairesel kalıp kullanılarak hazırlanmıştır (Şekil 3.2.). Ev tipi fırında 190 °C de 9 dakika pişirilmiştir. Piştikten sonra 3 saat oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır (Şekil 3.3.). Ardından da -80°C’de muhafaza edilmiştir.

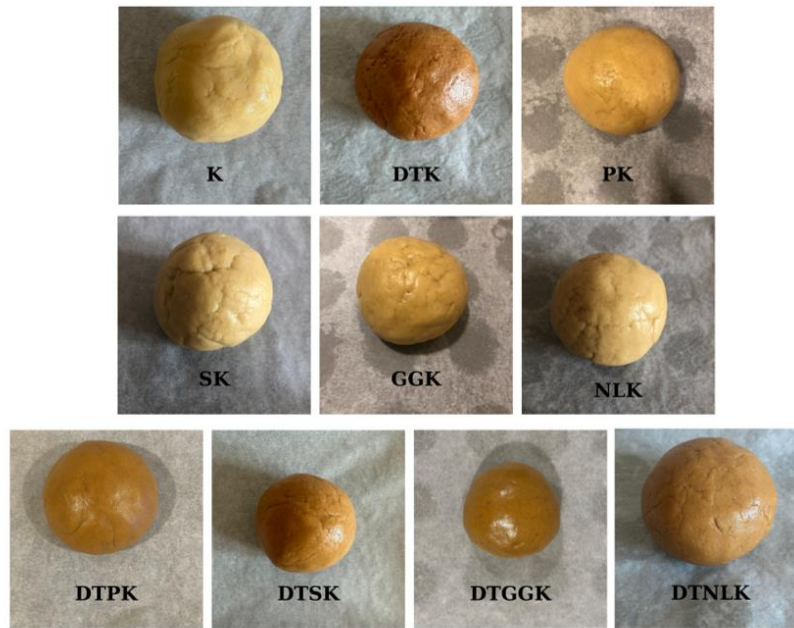
Tablo 3. 1: Kurabiye örneklerinin formülasyonları

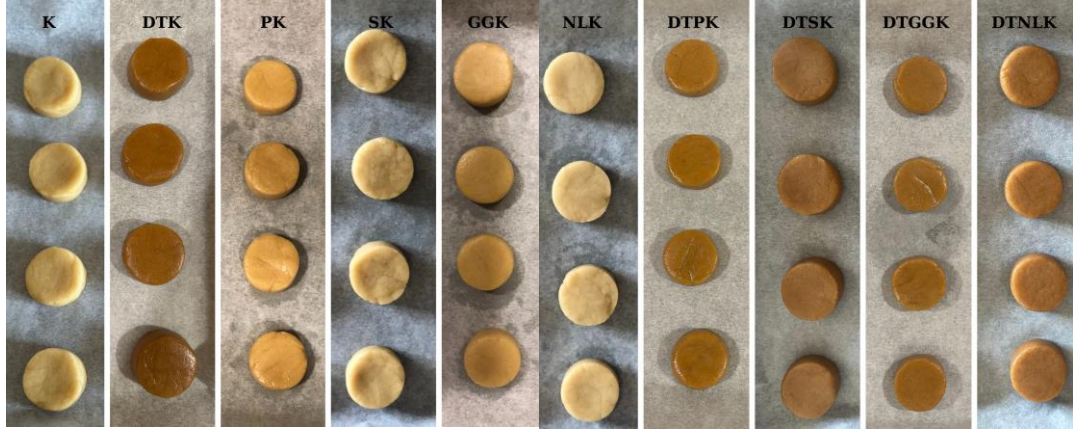
İçindekiler	Kontrol	Domates tozu içeren tarif	Diyet lif* içeren tarif	Diyet lif* ve domates tozlu tarif
Un	250 g	237,5 g	237,5 g	237,5 g
NH₄HCO₃ (Amonyum Bikarbonat)	1 g			
NaHCO₃ (Sodyum bikarbonat)	4,5 g			
Şeker	68 g			
Tuz	2 g			
Malt Ekstraktı	10 g			
Glikoz Şurubu	50 g			
Ayçiçek Yağı	58,5 g			
Su	37,5 g			
Domates Tozu	-	-	12,5 g	6,25 g
Diyet Lif*	-	12,5 g	-	6,25 g

*Selüloz, pektin, guar gum, narenciye lifi

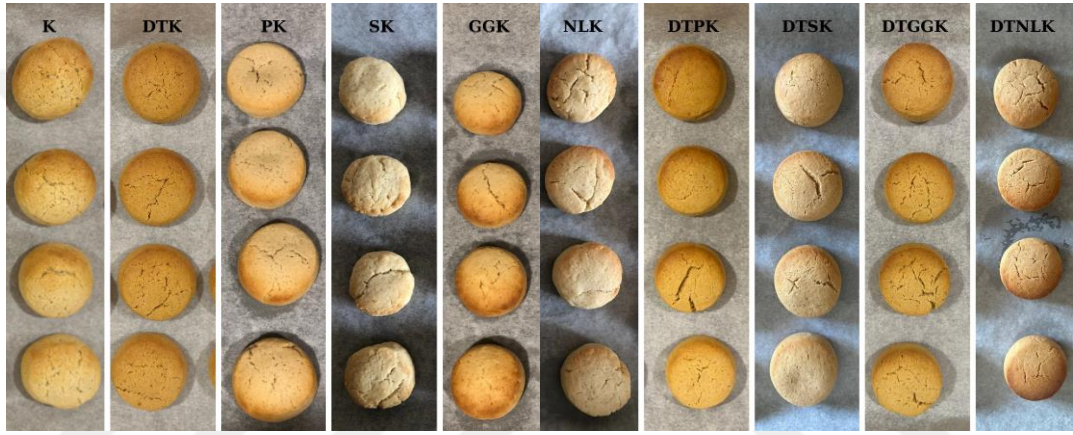
Tablo 3. 2: Numune kodları

Numune Adı	Numune Kodu
Kontrol Kurabiyesi	K
%5 Domates Tozu Eklenmiş Kurabiye	DTK
%5 Pektin Eklenmiş Kurabiye	PK
%5 Selüloz Eklenmiş Kurabiye	SK
%5 Guar Gum Eklenmiş Kurabiye	GGK
%5 Narenciye Lifi Eklenmiş Kurabiye	NLK
%2.5 Domates Tozu ve %2.5 Pektin Eklenmiş Kurabiye	DTPK
%2.5 Domates Tozu ve %2.5 Selüloz Eklenmiş Kurabiye	DTSK
%2.5 Domates Tozu ve %2.5 Guar Gum Eklenmiş Kurabiye	DTGGK
%2.5 Domates Tozu ve %2.5 Narenciye Lifi Eklenmiş Kurabiye	DTNLK

**Şekil 3. 1: Kurabiye hamuru**



Şekil 3. 2: Şekillenmiş kurabiye örnekleri



Şekil 3. 3. Pişmiş kurabiye örnekleri

3.2. Metot

3.2.1. DPPH Radikal Yaklama Aktivitesi

Kurabiye örneklerinin toplam antioksidan kapasitesi DPPH (1,1-difenil-2 pikrilhidrazil) yöntemi ile belirlenmiştir. Kumaran ve Joel Karunakaran (2006)'ın yöntemi kullanılmıştır. 12 mg DPPH tartılarak 300 ml metanolde çözündürülerek DPPH solüsyonu hazırlanmıştır. Sindirim öncesi ve sonrası kurabiye örnekleri ekstraksiyon çözeltisi (%0,1 formik asit, %75 metanol) ile ekstrakte edilmiştir ve santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen numuneden 0,1 ml alınarak üzerine 2 ml DPPH solüsyonu eklenmiştir. Numuneler oda sıcaklığında karanlık bir ortamda yarım saat inkübe edilmiştir. Ardından karışım 517 nm'de UV spektrofotometrede (Shimadzu UV-1700 UV-Vis, Japonya) okunmuştur. Sonuçlar Trolox eşdeğer antioksidan kapasitesi “mg TEAC/100 g” şeklinde ifade edilmiştir.

3.2.2 Toplam Fenolik Madde

Toplam Fenolik madde tayini Folin Ciocalteau metodu kullanılarak belirlenmiştir (Singleton ve Rossi, 1965). Sindirim öncesi ve sonrası kurabiye örnekleri ekstraksiyon çözeltisi (%0,1 formik asit, %75 metanol) ile ekstrakte edilmiştir ve santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen numuneden 0,1 ml alınarak üzerine 0,75 ml %6 oranında sodyum karbonat eklenmiştir ve daha sonra folin reaktifi eklenmiştir. Numuneler oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 90 dakika inkübe edilmiştir. Ardından reaksiyon sonucunda numuneler UV spektrofotometrede (Shimadzu UV-1700 UV-Vis, Japonya) 760 nm’de absorbans ölçülmüştür. Sonuçlar ise galik asit eşdeğeri şeklinde (mg GAE/100g) ifade edilmiştir.

3.2.3. Glikasyon Ürünleri (Glioksal, Metilglioksal) Tayini

10 adet farklı kurabiyelerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası glioksal ve metilglioksal miktarı HPLC cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Bu amaçla Yaman ve Mızrak (2019) tarafından açıklanan yöntem kullanılmıştır.

3.2.3.1. Kullanılan Kimyasal Malzemeler

GO, MGO, Hidroklorik asit, Glikoz, Fruktoz, Sükroz, Asetonitril, 4-nitro-1,2-Fenildiamin, Sodyum Asetat, Sodyum Hidroksit, Metanol, Saf su, Asetik Asit

3.2.3.2. Çözeltilerin Hazırlanışı

Sodyum asetat tampon (0,5 M) çözeltisinin hazırlanması: 1 L’lik balon jojenin içerisine 41,01 g sodyum asetat eklenerek üzeri saf su ile tamamlanmıştır. Ardından asetik asit eklenerek pH 3’e getirilmiştir.

4-Nitro-1,2-Fenildiamin çözeltisinin hazırlanması: 4-Nitro-1,2-Fenildiamin 50 mg tartılarak balon jojeye eklenerek 100 mL metanol ile çözdürülmüştür.

3.2.3.3. Analizin Yapılışı

10 farklı kurabiye örneği blenderda öğütülmüştür. Homojenize olmuş 2 g kurabiye örneği falkon tüplere aktarılmıştır. Ardından üzerine 25 ml metanol ilave edilerek ultra turraxda homojen hale getirilmiştir. Homajen hale gelen kurabiye örneği 15000 rpm’de 5 dakika santrifüj edilmiştir ve oluşan süpernatandan 0,5 ml alınarak cam tüplere aktarılmıştır. Sonrasında üzerine 2 ml sodyum asetat çözeltisi ve 0,5 ml 4-Nitro-1,2-Fenildiamin türevlendirme çözeltisi ilave edilmiştir. Örnekler su

banyosunda bekletilmiştir (70 °C, 20 dakika). Ardından selüloz asetat filtreden (0.45 mikron) geçirilerek filtrat HPLC cihazına verilmiştir.

3.2.3.4. HPLC Koşulları

Kolon: Zorbax C-18 (4.6 mm × 150 mm)

Mobil faz: Metanol/Su/Asetonitril (42/56/2) karışımında oluşur.

Dedektör: HPLC-UV

Dalga Boyu: 255 nm

Enjeksiyon Hacmi: 10 µl

Akış Hızı: 1 ml/dakika

3.2.4. In Vitro Gastrointestinal Sistem Analizi

Çalışmamızda kurabiyelerdeki biyoerişilebilirlik, *in vitro* ortamda insan sindirim sistemi (ağız, mide ve ince bağırsak) kullanılarak belirlendi. Bu amaçla Yaman ve Mızrak (2019) tarafından açıklanan yöntemi kullanılmıştır.

3.2.4.1. Ağız, Mide, İnce Bağırsak ve Safra Solüsyonları Hazırlanması

Ağız: 500 ml'lik erlene 1.7 ml NaCl (175.3 g/L), 15 g ürik asit, 8 ml üre (25 g/L), 280 mg α -amilaz ve 25 g müsin eklenmiştir. Ardından deiyonize su ile çözündürülüp ve 500 ml'ye tamamlanmıştır. Çözeltinin pH'sı HCl veya NaOH kullanılarak 6.8 ± 0.2 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Mide: 500 ml'lik erlen içerisine 6.5 HCl (37 g/L), 18 ml CaCl₂.H₂O (22 g/L), 1 g sığır serumu albümini, 2.5 g pepsin ve 3 g musin eklenmiştir. Ardından deiyonize su ile çözündürülüp 500 ml'ye tamamlanmıştır. Çözeltinin pH'sı HCl veya NaOH kullanılarak 1.5 ± 0.02 olacak şekilde ayarlanmıştır.

İnce bağırsak: 500 ml'lik erlen içerisine 6.3 ml KCl (89.6 g/L), 9 ml CaCl₂.H₂O (22 g/L), 2 g sığır serumu albümini, 1 g pankreatin ve 1.5 g lipaz eklenmiştir. Ardından deiyonize su ile çözündürülüp ve 500 ml'ye tamamlanmıştır. Çözeltinin pH'sı HCl veya NaOH kullanılarak 8.0 ± 0.2 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Safra: 500 ml'lik erlen içerisine 68.3 ml NaHCO₃ (84.7 g/L), 10 ml CaCl₂.H₂O (22 g/L), 1.8 g sığır serumu albümini ve 30 g safra eklenmiştir. Ardından deiyonize su ile

öz nd r l p ve 500 ml'ye tamamlanmıştır. Çözeltinin pH'sı HCl veya NaOH kullanılarak 7.0 ± 0.2 olacak şekilde ayarlanmıştır.

3.2.4.2. Analizin Yapılışı

Kurabiye örneklerinden 2 gram tartılarak 100 ml'lik behere alınmıştır. Ardından  zerine 5 ml ağız solüsyonu eklenerek karıştırılmıştır ve 30 saniye boyunca vorteks ile karıştırarak homojen hale getirilmıştir. Ardından karışım 37  C'de çalkalamalı su banyosunda 5 dakika süreyle inkübe edilmiştir. Daha sonra ağız ortamından alınan karışıma 12 ml mide solüsyonu eklenerek ve vorteks ile karıştırılmıştır. Karışım 2 saat süre ile 37  C'de çalkalamalı su banyosunda inkübe edilmiştir. Daha sonra mide fazından sonra elde edilen karışıma 10 ml ince bağırsak solüsyonu ve 5 ml safra solüsyonu eklenmiştir. Bu karışım çalkalamalı su banyosunda 37  C'de 2 saat inkübe edilmiştir. Sindirim işlemi tamamlandıktan sonra, son hacim, deiyonize su ile 50 mL'ye seyreltilmiştir. Daha sonra numuneler 8000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Ardından 0.22 mikron selüloz asetat filtreden s z lm şt r. Ardından  rnekler analiz edilmiştir.

Biyoerişilebilirlik, sindirimden sonraki değerlerin sindirimden önce elde edilen değerlere oranı ile belirlenmiştir.

(Biyoerişilebilirlik = Sindirim sonrası değer / Sindirim  ncesi değer x 100)

3.3. İstatiksel Analizler

Analiz sonuçlarında, istatistiksel bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla SPSS 18.0 versiyon yazılımını kullanarak analiz yapılmıştır. Fark gözlemlenmesi durumunda Duncan oklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlardan $p<0.05$ olanlar önemli kabul edilmiş ve tüm veriler $\pm$ standart hata olarak verilmiştir. Tüm analizler 3 tekrar ile çalışılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada domates tozu ve diyet lif (pektin, selüloz, gugar gum, narenciye lifi) ilave edilmiş kurabiye örneklerinde, *in vitro* sindirim sistemi öncesi ve sonrası olmak üzere DPPH radikal yakalama aktivitesi, toplam fenolik madde miktarı ve glikasyon ürünleri incelenmiştir.

4.1. DPPH Radikal Yakalama Aktivitesi

Kurabiye örneklerinin toplam antioksidan kapasitesi DPPH metoduyla belirlenmiş olup, trolox eşdeğer antioksidan kapasitesi “mg TEAC/100 g” şeklinde ifade edilmiştir. *In vitro* sindirim öncesi ve sonrası kurabiye örneklerinin antioksidan kapasiteleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4. 1: DPPH yöntemi ile örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri

Örnek Kodu	<i>In Vitro</i> Sindirim Öncesi Değeri (mg TEAC/100 g)	<i>In Vitro</i> Sindirim Sonrası Değeri (mg TEAC/100 g)
K	13,2 ± 0,6 ^{cdB}	19,6 ± 0,9 ^{aA}
DTK	16,0 ± 0,7 ^{bB}	20,4 ± 0,9 ^{aA}
PK	12,5 ± 0,6 ^{dB}	19,2 ± 0,9 ^{aA}
SK	15,8 ± 0,7 ^{bcB}	20,1 ± 0,9 ^{aA}
GGK	14,9 ± 0,7 ^{bcdB}	20,2 ± 0,9 ^{aA}
NLK	16,7 ± 0,8 ^{bA}	19,4 ± 0,9 ^{aA}
DTPK	14,8 ± 0,7 ^{bcdB}	20,1 ± 0,9 ^{aA}
DTSK	9,7 ± 0,4 ^{eB}	19,6 ± 0,9 ^{aA}
DTGGK	28,8 ± 1,3 ^{aA}	19,8 ± 0,9 ^{aB}
DTNLK	12,6 ± 0,6 ^{dB}	20,6 ± 0,9 ^{aA}

± standart sapmayı temsil etmektedir. Küçük harfler sütundaki farkı, büyük harfler ise satırdaki farklılıkları göstermektedir (p<0.05). K: Kontrol kurabiyesi, DTK: %5 Domates tozu eklenmiş kurabiye, PK: %5 Pektin eklenmiş kurabiye, SK: %5 Selüloz eklenmiş kurabiye, %5 Guar gum eklenmiş kurabiye, NLK: %5 Narenciye lifi eklenmiş kurabiye, DTPK: %2,5 domates tozu ve %2,5 pektin eklenmiş kurabiye, DTSK: %2,5 domates tozu ve %2,5 Selüloz eklenmiş kurabiye, DTGGK:

%2,5 domates tozu ve %2,5 guar gum eklenmiş kurabiye, DTNLK: %2,5 domates tozu ve %2,5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye.

Veriler incelendiğinde *in vitro* sindirim öncesi kurabiye örnekleri için elde edilen DPPH miktarları $9,7 \pm 0,4$ ila $28,8 \pm 51,3$ mg TEAC/100g arasında değişmektedir. En yüksek toplam antioksidan kapasitesi oranı domates tozu ve guar gum eklenmiş kurabiye örneğinde gözlemlenirken en düşük oran domates tozu ve selüloz eklenmiş kurabiyede gözlemlenmiştir. Bu iki örnek arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p < 0.05$). Diyet lif eklenmiş kurabiye örneklerinde, en yüksek %5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye örneğinde tespit edilirken, en düşük oran %5 pektin eklenmiş kurabiye örneğinde bulunmuştur ($p < 0.05$). Domates tozu ve diyet lif eklenmiş kurabiye örneklerinde, en yüksek %2.5 oranında domates tozu ve %2.5 oranında guar gum eklenmiş kurabiye örneğinde tespit edilirken, en düşük oran %2.5 oranında domates tozu ve %2.5 oranında selüloz eklenmiş kurabiye örneğinde bulunmuştur ($p < 0.05$).

In vitro sindirim öncesi toplam antioksidan kapasitelerinin örnekler arasında karşılaştırılması için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi bulgularına göre anlamlı farklılık bulunmayan gruplar ise kontrol, %5 selüloz eklenmiş, %5 guar gum eklenmiş ve %2.5 domates tozu ve %2.5 pektin eklenmiş kurabiye numuneleri olarak bulunmuştur. İkincisi ise %2.5 domates tozu ve %2.5 narenciye lifi eklenmiş, %2.5 domates tozu ve %2.5 pektin eklenmiş, %5 guar gum eklenmiş ve %5 pektin eklenmiş kurabiye numuneleri olduğu bulunmuştur ($p > 0.05$).

%5 oranında domates tozunun formülasyonuna eklenmesi kurabiye'nin toplam antioksidan kapasitesinde anlamlı bir artış ile sonuçlanmıştır. Yapılan bir çalışmada buğday ununu kısmen (%4, %8, %12) kurutulmuş domates posası unu ile ikamesi sonucunda antioksidan kapasitesinde önemli bir artışa yol açtığını ortaya koymuştur. (Işık ve Topkaya, 2016). Yapılan başka bir çalışmada domates tozu ve ham likopen ilavesinin tam buğday unundan hazırlanan kurabiyelerin antioksidan değerlerinde kontrole kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Bhat, Wani ve Hamdani, 2020). Domates posası büyük bir miktarı domates kabuğundan oluşmaktadır ve domates kabuğu yüksek miktarda likopen içermektedir. Likopen en yüksek antioksidan aktiviteye sahip karotenoidlerdir (Kamiloglu vd., 2014). Domates kabuğu ve tohumları ayrıca karotenoid olarak β -karoten ve C vitamini başta olmak üzere yüksek antioksidan aktiviteye sahip diğer bileşenleri de içermektedir (Işık ve Topkaya,

2016). Ayrıca antioksidan kapasitesinin artması olası nedeni, domateslerdeki kafeik ve klorojenik asit gibi fenolik antioksidanların varlığı olabilir (Takeoka vd., 2001).

Sakač vd. (2010) buğday unu yerine şeker pancarı diyet lifi (%0, 7, 9 ve 11) ilavesiyle hazırlanan kurabiyelerin antioksidan aktivitesi üzerine yaptığı çalışmada şeker pancarı diyet lifi ile zenginleştirilmiş kurabiyelerin antioksidan aktivitesini artırmadığını bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre nispeten yüksek yağ içeriğine sahip gıdalarda işlenmiş lif kullanılması tavsiye edilememektedir. Yapılan başka bir çalışmada ise kurabiye örnekleri elma, limon, buğday ve buğday kepeğinden elde edilen lif (%0-30) ikame ederek buğday unuyla hazırlandı. Liflerin eklenmesi üzerine numunelerin toplam antioksidan kapasitesinde küçük ama anlamlı derecede farklı bir artış olduğu belirtilmiştir (Bilgiçli, İbanoğlu ve Herken, 2007). Vitali, Dragojević ve Šebečić (2009) buğday ununa inülin (Raftilin) (%10,5), soya unu, amaranth, keçiyoynuzu (%24,5), elma lifi ve yulaf lifi (%16,5) ikamesi ile hazırlanan bisküvilerde keçiyoynuzu unu, soya unu ve elma lif eklenen bisküvilerin antioksidan aktivitesinde bir artış olduğu belirtilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise yulaf, karabuğday ve karışık yulaf/karabuğday ekmeklerinin antioksidan kapasitesinin her formülasyonda arttığı ancak en yüksek değerin ise karabuğday ilave edilen ekmeklerde olduğu saptanmıştır (Bączek vd., 2020). Bu bağlamda diyet liflerin antioksidan değeri üzerine etkisi hakkında daha fazla çalışma yapılmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

In vitro sindirim sonrasında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, DPPH miktarları $19,2 \pm 0.9$ ila $20,6 \pm 0.9$ mg TEAC/100g arasında değişmektedir. Numuneler arasında karşılaştırılması amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi bulgularına göre, numunelerdeki antioksidan kapasitelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$)

Çalışmamızda sindirim sonrasında toplam antioksidan kapasitesinde sindirim öncesine kıyasla %2.5 domates tozu ve %2.5 guar gum eklenmiş kurabiye haricinde bir artış gözlemlenmiştir. Literatür incelendiğinde, lif açısından zengin ve fenolik bileşiklerle zenginleştirilmiş fonksiyonel gıdaların üretilmesinin, antioksidanların emiliminde kayıpla sonuçlanabileceği, çünkü lifin antioksidan molekülleri hapsederek önerilen gıda işlevselliğini azaltabileceği belirtilmiştir. Diyet lifi, gastrointestinal sindirim sırasında gıda matrisinde bulunan antioksidanlarla etkileşime girebilir ve bağlanabilir. Bu etkileşimler hidrojen bağları, güçlü (kovalent) etkileşimler veya diyet lifinin uyguladığı fizikokimyasal tuzaklanma olabileceği belirtilmiştir (Quirós-

Sauceda vd., 2014). Yapılan bir çalışmada çavdar, buğday, arpa ve yulafla zenginleştirilmiş ekmeklerin DPPH temizleme kapasiteleri birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir ve sonuç olarak da tahılların ekmeğin antioksidan özelliklerini artırma potansiyelini sahip olduğu belirtilmiştir (Ragae vd., 2011). Biyoaktif bileşikler ve gıda bileşenleri arasındaki olası etkileşimler ve luminal faktörlerin (pH ve enzimler dahil), gıda hazırlamanın ve gıda matrisinin doğasının etkileri, biyoaktif bileşiklerin kimyasal yapısını, biyoaktivitelerini ve olası faydalı etkilerini etkileyerek değiştirebilir (Pavez-Guajardo vd., 2020). Yapılan bir çalışmada domates posası ilave edilmiş atıştırmalıklarda sindirim sonrası örnekler sindirim öncesine kıyasla daha yüksek antioksidan değerine sahip olduğunu ve bunun sebebinin ise enzimatik hidroliz sonucunda bağlı bileşiklerin gıda matrisinden salınması ile açıklanabileceği belirtilmiştir (Yagci vd., 2022).

4.2. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Kurabiye örneklerinin toplam fenolik madde miktarları *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası değerleri Tablo 4.2’de gösterilmektedir.

Tablo 4. 2: *In vitro* sindirim öncesi ve sonrası toplam fenolik madde miktarları

Örnek Kodu	<i>In Vitro</i> Sindirim Öncesi Değeri (mg GAE/100 g)	<i>In Vitro</i> Sindirim Sonrası Değeri (mg GAE/100 g)
K	9,7 ± 0,4 ^{fB}	33,4 ± 1,5 ^{cA}
DTK	19,1 ± 0,9 ^{cB}	36,1 ± 1,6 ^{cA}
PK	15,4 ± 0,7 ^{deB}	40,1 ± 1,8 ^{abcA}
SK	13,6 ± 0,6 ^{eB}	35,4 ± 1,6 ^{cA}
GGK	17,4 ± 0,8 ^{cdB}	43,9 ± 2,0 ^{abA}
NLK	14,6 ± 0,7 ^{deB}	38,6 ± 1,7 ^{abcA}
DTPK	22,4 ± 1,0 ^{bB}	38,7 ± 1,7 ^{abcA}
DTSK	22,1 ± 1,0 ^{bB}	37,2 ± 1,7 ^{bcA}
DTGGK	12,6 ± 0,6 ^{efB}	39,7 ± 1,8 ^{abcA}
DTNLK	27,6 ± 1,2 ^{aB}	45,0 ± 2,0 ^{aA}

± standart sapmayı temsil etmektedir. Küçük harfler sütundaki farkı, büyük harfler ise satırdaki farklılıkları göstermektedir (p<0.05). K: Kontrol kurabiyesi, DTK: %5 Domates tozu eklenmiş

kurabiye, PK: %5 Pektin eklenmiş kurabiye, SK: %5 Selüloz eklenmiş kurabiye, %5 Guar gum eklenmiş kurabiye, NLK: %5 Narenciye lifi eklenmiş kurabiye, DTPK: %2,5 domates tozu ve %2,5 pektin eklenmiş kurabiye, DTSK: %2,5 domates tozu ve %2,5 Selüloz eklenmiş kurabiye, DTGGK: %2,5 domates tozu ve %2,5 guar gum eklenmiş kurabiye, DTNLK: %2,5 domates tozu ve %2,5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye.

Tablo 4.2 incelendiğinde kurabiye örneklerinde *in vitro* sindirim öncesi toplam fenolik madde miktarı $9,7 \pm 0,4$ ila $27,6 \pm 1,2$ mg GAE/100 g kuru madde arasında değişmektedir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı %2,5 domates tozu ve %2,5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye örneğinde gözlemlenirken en düşük miktar kontrol kurabiye örneğinde tespit edilmiştir. Örneklerin arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p < 0.05$). Sadece diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek toplam fenolik madde %5 guar gum ilave edilmiş kurabiye örneğinde gözlemlenirken, en düşük oran %5 selüloz eklenmiş kurabiye örneğinde tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Domates tozu ve diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek toplam fenolik madde %2,5 domates tozu ve %2,5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye örneğinde tespit edilirken, en düşük oran %2,5 domates tozu ve %2,5 guar gum eklenmiş kurabiye örneğinde bulunmuştur ($p < 0.05$).

In vitro sindirim öncesi toplam fenolik madde miktarlarının numuneler arasında karşılaştırılması için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre %5 Pektin, %5 guar gum ve %5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye numunelerinde fenolik madde değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Kontrol numunesi ile %2,5 domates tozu ve %2,5 guar gum eklenmiş kurabiye numuneleri arasında *in vitro* sindirim öncesi fenolik madde değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$).

Çalışmamızın sonuçlarını incelediğimiz zaman domates tozu ilavesinin kontrol kurabiyesine kıyasla kurabiye örneklerinde *in vitro* sindirim öncesi fenolik madde miktarında bir artışa sebep olduğu saptanmıştır. Literatür incelendiğinde yapılan bir çalışmada buğday ununun yerini kısmen (%10 ve %20) hem elma posası tozu hem de domates posası tozu ikamesiyle yapılan atıştırılmalıklarda toplam fenolik madde içeriğinde bir artışa sebep olduğunu ve bu artışın ikame yüzdesi ile orantılı olduğunu belirtmişlerdir (El-Araby, 2022). Yapılan başka bir çalışmada buğday unu kısmen (%4, %8, %12) kurutulmuş domates posası unu ile ikamesinin kraker örneklerinde toplam fenolik madde içeriğinde önemli bir artışa sebep olduğunu belirtmişlerdir (Isik ve Topkaya, 2016). Salem (2020) yaptığı çalışmada buğday ununa %2,5, 5,0, 7,5 ve

10 oranında domates posası tozu, mango çekirdeği tozu ve nar kabuğu tozu ikamesinin bisküvilerin toplam fenolik ve flavonoid içeriğini arttırdığını ve en yüksek toplam fenolik madde içeriğinin domates posası tozu eklenen bisküvilerde olduğunu belirtmişleridir. Bizim sonuçlarımızda literatürü destekler niteliktedir.

Literatür incelendiğinde, domates sosundaki toplam fenolik madde miktarı diyet lif (inülin) ilave (%5 ve 10) edilmesiyle önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir (Tomas vd., 2018). Yapılan başka bir çalışmada ise buğday ununu elma, limon, buğday ve buğday kepeğinden elde edilen lifler (%0-30) ikame edilerek kurabiye örnekleri hazırlandı. Limon ve buğday lifini eklenen kurabiyelerde toplam fenolik madde miktarında bir düşüş gözlemlendiği belirtilmiştir. Ancak buğday kepeği lifi ilavesinin artması ile fenolik madde miktarında da bir artış olduğu saptanmıştır (Bilgiçli, İbanoğlu ve Herken, 2007). Yapılan başka bir çalışmada ise elma posası (%25) lif kaynağı olarak keklerde kullanımının toplam fenolik madde miktarında kontrol kekine kıyasla bir artış gözlemlendiği belirtilmiştir (Sudha, Bakaran ve Leelavathi, 2007). Araştırmamızda elde ettiğimiz bulguları incelediğimiz zaman diyet lif ilavesinin kurabiye örneklerinde kontrol örneği ile karşılaştırıldığı zaman toplam fenolik madde miktarında bir artışa sebep olduğu saptanmıştır. Ancak bu konu hakkında literatürde daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Kurabiye örneklerinde *in vitro* sindirim sonrası toplam fenolik miktarları $33.4 \pm 1,5$ ila 45 ± 2 mg GAE/100 g kuru madde arasında değişmektedir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı %2.5 domates tozu ve %2.5 narenciye lifi eklenmiş kurabiyede gözlemlenirken en düşük oran kontrol kurabiyesinde gözlemlenmiştir. Bu iki örnek arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p < 0.05$). Sadece diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek toplam fenolik madde %5 guar gum eklenmiş kurabiye örneğinde tespit edilirken, en düşük oran %5 selüloz eklenmiş kurabiye örneğinde bulunmuştur ($p < 0.05$). Domates tozu ve diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek toplam fenolik madde %2.5 domates tozu ve %2.5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye tespit edilirken, en düşük oran %2.5 domates tozu ve %2.5 selüloz eklenmiş kurabiye ($p < 0.05$).

In vitro sindirim sonrası toplam fenolik madde miktarlarının numuneler arasında karşılaştırılması amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi bulgularına göre %2,5 domates tozu ve %2,5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye numunesinin en yüksek

değer aldığı ve kontrol, domates tozu eklenmiş ve selüloz eklenmiş kurabiye numunelerinden anlamlı düzeyde farklı olduğu sonucu elde edilmiştir ($p<0.05$).

Genel olarak domates posası ve diyet lif eklenmiş kurabiyeler için *in vitro* sindirim sonrasında, sindirim öncesi kurabiyelere kıyasla daha yüksek toplam fenolik madde miktarı saptanmıştır ($p<0.05$). Fenolik bileşikler ince bağırsaktaki hafif alkali koşullara karşı oldukça hassastır. Bu nedenle, bu bileşikler başka bilinmeyen veya tespit edilemeyen yapısal formlara dönüştürülebilir ve bu da farklı biyoerişilebilirlik değerleri ve biyolojik aktivitelerle sonuçlanabilir (Yagci vd., 2022). Literatür incelendiğinde fenolik bileşiklerin biyoyararlanımı ve biyoerişilebilirliği, diyet lifi ve gıda matrisi arasındaki moleküler etkileşimlerden etkilenebileceği belirtilmiştir (Tomas vd., 2020). Yapılan bir çalışmada %5, 10, 15 ve %20 oranlarında domates posası tozu ile zenginleştirilmiş atıştırmalıklarda domates posası oranının artması ile sindirim öncesi ve sonrası toplam fenolik madde miktarının arttığı saptanmıştır (Yagci vd., 2022). Yapılan başka bir çalışmada ise yulaf, karabuğday ve karışık yulaf/karabuğday ekmeklerinin sindirim sonrası fenolik madde miktarı sindirim öncesi ile karşılaştırıldığında önemli bir artış gözlemlendiği belirtilmiştir (Bączek vd., 2020). Bunun açıklaması ise, *in vitro* sindirim enzimlerinin (amilaz, pepsin, pankreatin) karmaşık gıda matrisindeki bağlı fenoliklerin salınımını kolaylaştırması olabilir (Yagci vd., 2022). Bu bağlamda çalışmamız literatürü destekler niteliktedir.

4.3. Glikasyon Ürünleri

4.3.1. Glioksal (GO) Değerleri

Kurabiye örneklerinin GO değerleri *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası Tablo 4.3'te gösterilmektedir.

Tablo 4. 3: *In vitro* sindirim öncesi ve sonrası GO değerleri

Örnek Kodu	<i>In Vitro</i> Sindirim Öncesi Değeri GO ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	<i>In Vitro</i> Sindirim Sonrası Değeri GO ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
K	32 ± 1^{deB}	180 ± 8^{bA}
DTK	96 ± 4^{bA}	12 ± 1^{gB}
PK	29 ± 1^{eB}	44 ± 2^{fA}

SK	26 ± 1^{eB}	90 ± 4^{eA}
GGK	32 ± 1^{deB}	149 ± 7^{cA}
NLK	29 ± 1^{eB}	91 ± 4^{eA}
DTPK	46 ± 2^{cB}	115 ± 5^{dA}
DTSK	31 ± 1^{deB}	159 ± 7^{cA}
DTGGK	111 ± 5^{aB}	207 ± 9^{aA}
DTNLK	39 ± 2^{cdB}	143 ± 6^{cA}

± standart sapmayı temsil etmektedir. Küçük harfler sütundaki farkı, büyük harfler ise satırdaki farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$). K: Kontrol kurabiyesi, DTK: %5 Domates tozu eklenmiş kurabiye, PK: %5 Pektin eklenmiş kurabiye, SK: %5 Selüloz eklenmiş kurabiye, %5 Guar gum eklenmiş kurabiye, NLK: %5 Narenciye lifi eklenmiş kurabiye, DTPK: %2,5 domates tozu ve %2,5 pektin eklenmiş kurabiye, DTSK: %2,5 domates tozu ve %2,5 Selüloz eklenmiş kurabiye, DTGGK: %2,5 domates tozu ve %2,5 guar gum eklenmiş kurabiye, DTNLK: %2,5 domates tozu ve %2,5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye.

Tablo 4.3 incelendiğinde *in vitro* sindirim öncesi GO değerleri, 26 ± 1 ila 111 ± 5 µg/100g arasında değişmektedir. En yüksek glikosal değeri %2.5 domates tozu ve %2.5 guar gum eklenmiş kurabiyede gözlemlenirken en düşük oran %5 selüloz eklenmiş kurabiyesinde gözlemlenmiştir. Örnekler arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p < 0.05$). %5 oranında domates tozunun formülasyonuna eklenmesi kurabiyenin glikosal değerinde bir artış ile sonuçlanmıştır ve kontrol kurabiyesine kıyasla yaklaşık 3 kat artış gözlemlenmiştir. Sadece diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek glikosal değer %5 guar gum eklenmiş kurabiye örneğinde saptanırken en düşük oran %5 selüloz eklenmiş kurabiyesinde gözlemlenmiştir ($p > 0.05$). Domates tozu ve diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek glikosal değer %2.5 domates tozu ve %2.5 guar gum eklenmiş kurabiyede gözlemlenirken en düşük oran %2.5 domates tozu ve %2.5 selüloz eklenmiş kurabiyede gözlemlenmiştir ($p < 0.05$).

Değerlerin arasındaki farkların karşılaştırılması amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmış ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır ($p < 0.05$). Kontrol, %5 guar gum eklenmiş, %2,5 domates tozu ve %2,5 selüloz eklenmiş, %5 selüloz eklenmiş, %2,5 domates tozu ve %2,5 narenciye lifi eklenmiş ve %5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye numunelerindeki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptanmıştır ($p > 0.05$).

Çalışmamızı incelediğimiz zaman *in vitro* sindirim öncesi gliksal miktarları 26 ve 111 µg/100g arasında değişmektedir. Kurabiye pişirme sırasında esmerleşme, karamelleşme ve Maillard reaksiyonları meydana gelir. Maillard reaksiyonları sıcaklık 50 °C'nin üzerinde veya pH 4 ile 7 arasında olduğunda meydana gelir. Karamelizasyon daha yüksek ısı koşulları (120 °C'nin üzerinde), pH <3 veya pH >9 ve düşük su aktivitesi gerektirir. Yüksek sıcaklık, düşük su aktivitesi, pişirme süresi, nem, pH ve lipid peroksidasyonu kurabiyelerde glikasyon ürünleri oluşumunu etkileyen başlıca faktörlerdir (Chevallier vd., 2000;Yaman vd., 2022). Hull vd. (2012) yaptıkları çalışmada ekmek ve kurabiyeler için glikasyon ürünleri değerini 178 mg/kg olarak bildirmiştir. Yapılan başka bir çalışmada makarna ve erişte örneklerinin GO değerleri 0,112-2,607 µg/100g arasında olduğu bildirilmiştir (Öztürk ve Garipoğlu, 2022). Yaman (2021) biskivilerin GO değerlerini 81-169 µg/100g olarak belirlemiştir. Aynı çalışmada kahvaltılık gevrek ve cip örneklerinin GO değerlerini sırası ile 142-169 µg/100g ve 135-145 µg/100g olarak belirlemiştir. Yapılan başka bir çalışmada bisküvilerin GO değerleri 35-224 µg/100g olarak belirlenmiştir (Çintesan vd., 2022). İlgili çalışmalar ile kıyaslandığında bizim çalışmamızda elde edilen GO miktarının düşük olduğu görülmektedir.

Çalışmamızdaki kurabiye örneklerin formülasyonunda amonyum bikarbonat, sodyum bikarbonat, glikoz şurubu ve malt ekstraktı mevcuttur. Literatür incelendiğinde fruktoz, amonyum bikarbonat ve karamel şurubu içeren kurabiye örneklerinin yüksek seviyede dikarbonil seviyelerine sahip olabileceğini belirtmişlerdir (Maasen vd., 2021). Ancak çalışmamızdaki kurabiye örnekleri incelendiğinde literatürdeki değerlere göre daha düşük çıkmıştır.

Kurabiyelere ilave edilen diyet liflerin pişirme sırasında su aktivitesini azaltarak MR teşvik edebileceği belirtilmiştir (Boz, 2023). Yapılan bir çalışmada buğday ununun %7 oranında üç farklı türde diyet lifi (selüloz, kitosan ve bezelye lifi) ile değiştirilmesiyle elde edilen kurabiyelerde kontrole göre daha yüksek MR ürünü konsantrasyonu gösterdiği belirtilmiştir (Palermo, Fiore ve Fogliano, 2012). Ancak çalışmamızda kontrol kurabiyesine kıyasla %5 pektin, %5 guar gum, %5 selüloz ve %5 naranciye lifi içeren kurabiye örneklerinde glikosal miktarlarında anlamlı bir artış saptanmamıştır.

Sonuçlar incelendiğinde tüm örnekler arasında %2,5 domates tozu ve %2,5 guar gum içeren kurabiye örneği en yüksek gliksal miktarına sahip olduğuna ulaşılmıştır. Ancak literatürde bu sonucu destekler nitelikte bir sonuca rastlanmamıştır.

In vitro sindirim sonrası GO değerleri 12 ± 1 ila 207 ± 9 $\mu\text{g}/100\text{g}$ olarak saptanmıştır. En yüksek glikosal değeri %2.5 domates tozu ve %2.5 guar gum eklenmiş kurabiyede gözlemlenirken en düşük oran %5 domates tozu eklenmiş kurabiyede gözlemlenmiştir. Örnekler arasındaki fark istatistiksel bakımdan anlamlıdır ($p < 0.05$). Sadece diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek glikosal değer %5 guar gum eklenmiş kurabiye örneğinde saptanırken en düşük oran %5 pektin eklenmiş kurabiyesinde gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Domates tozu ve diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek glikosal değer %2.5 domates tozu ve %2.5 guar gum eklenmiş kurabiyede gözlemlenirken en düşük oran %2.5 domates tozu ve %2.5 pektin eklenmiş kurabiyede gözlemlenmiştir ($p < 0.05$).

Çalışmamızı incelediğimiz zaman *in vitro* sindirim sonrası GO miktarları 12 ve 207 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında değişim göstermektedir. Literatür incelendiğinde, bisküvilerde sindirim sonrası GO değerinin 52 ila 202 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında saptanmıştır (Yaman, 2021). Yapılan bir çalışmada, makarna ve erişte örneklerinde sindirim sonrası GO değerinin 0,847 ila 6,624 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında saptanmıştır (Öztürk ve Garipoğlu, 2022). Yapılan başka bir çalışmada ise kurabiyelerde sindirim sonrası GO değerinin 179,4 ila 570,1 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında değiştiği belirtilmiştir (Yaman vd., 2022). Kurbaiye üzerine yapılan çalışma ile kıyaslandığında çalışmamızda elde edilen GO değerleri daha düşük miktarda olduğu gözlemleniyor.

Sindirim sonrası en düşük GO değerine sahip %5 domates tozu eklenmiş kurabiye örneği olarak tespit edilmiştir. Domates vitaminler, mineraller, karotenoidler, aminoasitler ve fenolik bileşikler açısından zengin bir antioksidan kaynağıdır (Quinet vd., 2019). Glikasyon ürünleri oluşumunu oksidatif stres arttırdığı için antioksidanlar bu olayı önleyebilmektedir (Fu ve ark., 1994). Antioksidanlar lipid oksidasyonunun hızını yavaşlatmak için etkili olan yöntemlerden bir tanesidir (Shahidi ve Ambigaipalan, 2015). Ayrıca yapılan bir çalışmada yağ ve tuz içeren gıdaların antioksidanlarla birlikte tüketilmesinin, *in vitro* koşullarda α -dikarbonil bileşiklerinin oluşumunu engelleyebileceği belirtilmiştir (Yaman, 2021). Bu bağlamda literatür sonucumuzu destekler niteliktedir.

Diğer düşük GO değeri ise %5 pektin eklenmiş kurabiye örneğinde tespit edilmiştir. Literatür incelendiğinde lif ilaveli ürünlerdeki pH genellikle kullanılan lifin pH'ından, lifin türü veya kaynağından ve eklenen diyet lifi miktarından etkilendiği belirtilmektedir (Mishra vd., 2023). Ayrıca meyve ve sebze liflerinin pişirme sırasında üründe yağ tutma özelliği gösterdiği belirtilmiştir. Gamların ise yağ tutucu özelliklerinin olmadığı belirtilmiştir (Serdaroğlu ve Turp, 2004). Yapılan bir çalışmada, yulaf içeren kurabiyenin *in vitro* sindirim sonrasında düşük glikasyon ürünü değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bunun, sebebinin ise çözünür bir lif olan yulaf türevi β -glukanın emilen şekerleri azaltma yeteneği ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Yaman vd., 2022). Kurabiye örneğine ilave edilen pektinin yağ tutma ve şekeri azaltma özelliği gösterdiğini ve buna bağlı olarakda GO değerini düşürdüğü düşünülmektedir.

Sonuçlarımız incelendiğinde sindirim sistemi ortamında kurabiye örneklerinde %5 domates tozu eklenmiş kurabiye haricinde bir artış olduğunu ortaya koydu ($p < 0.05$). Kurabiyelerde glikasyon ürünleri öncülerinin *in vitro* oluşumuna, MR, sindirim sistemi koşulları (pH, mineraller ve sıcaklık) ve lipid oksidasyonu katkıda bulunmaktadır (Nursten, 2005). Yapılan bir çalışmada, bizim çalışmamıza benzer şekilde MR ürünlerinin *in vitro* sindirim sistemi koşullarında arttığı bildirilmiştir (Martinez-Seaz vd., 2019). Yapılan başka bir çalışmada ise cips ve kahvaltılık gevreklerde sindirim sonrası GO içeriklerinin arttığı bildirilmiştir (Yaman, 2021). Farklı mayalarla yapılan ekmek örneklerinde sindirim sonrası GO değerlerinde bir artış saptanmıştır. Bunun sebebinin ise sindirim süreci esnasında açığa çıkan serbest şeker miktarının sindirim sisteminde glikasyon ürünleri öncülerinin artışına sebep olacağından kaynaklandığı belirtilmiştir (Ozgolet vd., 2022). Ayrıca gıdaların yağ kompozisyonu lipid peroksidasyonu üzerinde belirleyici bir faktördür. Bununla birlikte, gastrointestinal sistemdeki prooksidan koşulların varlığının sindirim sonrası lipid peroksidasyonunu artırabileceği belirtilmiştir. Sindirim sonrası artışın, ürünlerin içerdikleri şeker miktarı ve lipid peroksidasyonu ile ilişkilendirilebileceği ve ileri lipoksidasyon son ürünlerinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Çintesan vd., 2022). Baika bir çalışmada makarna ve erişte örneklerinde sindirim sonrası GO değerlerinde bir artış gözlemlenmiştir (Öztürk ve Garipoğlu, 2022). Mevcut çalışmada, sindirim sonrası GO değerlerinin yüksek olması, diyet lif, yüksek karbonhidrat içeriği, yüksek yağ içeriği, yüksek sıcaklık ve düşük nemde pişirme koşullarına bağlı olabileceği ve

sindirim sisteminde glikasyon ürünleri oluşumunun gıdanın içeriğine ve işleme yöntemine göre değişiklik gösterebileceği düşünülmektedir.

4.3.2. Metilglioksal (MGO) Değerleri

Kurabiye örneklerinin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası Metilglioksal değerleri Tablo 4.4'te gösterilmektedir.

Tablo 4. 4: *In vitro* sindirim öncesi ve sonrası MGO değerleri

Örnek Kodu	<i>In vitro</i> sindirim öncesi değeri	<i>In vitro</i> sindirim sonrası değeri
	MGO (µg/100g)	MGO (µg/100g)
K	266 ± 12 ^{cdB}	333 ± 15 ^{aA}
DTK	366 ± 17 ^{abA}	17 ± 1 ^{dB}
PK	360 ± 16 ^{bA}	212 ± 10 ^{cB}
SK	220 ± 10 ^{dA}	32 ± 1 ^{dB}
GGK	373 ± 17 ^{abA}	254 ± 11 ^{bB}
NLK	292 ± 13 ^{cA}	206 ± 9 ^{cB}
DTPK	418 ± 19 ^{aA}	212 ± 10 ^{cB}
DTSK	320 ± 14 ^{bCA}	207 ± 9 ^{cB}
DTGGK	317 ± 14 ^{bCA}	300 ± 14 ^{aB}
DTNLK	367 ± 17 ^{abA}	232 ± 10 ^{bcB}

± standart sapmayı temsil etmektedir. Küçük harfler sütundaki farkı, büyük harfler ise satırdaki farklılıkları göstermektedir (p<0.05). K: Kontrol kurabiyesi, DTK: %5 Domates tozu eklenmiş kurabiye, PK: %5 Pektin eklenmiş kurabiye, SK: %5 Selüloz eklenmiş kurabiye, %5 Guar gum eklenmiş kurabiye, NLK: %5 Narenciye lifi eklenmiş kurabiye, DTPK: %2,5 domates tozu ve %2,5 pektin eklenmiş kurabiye, DTSK: %2,5 domates tozu ve %2,5 Selüloz eklenmiş kurabiye, DTGGK: %2,5 domates tozu ve %2,5 guar gum eklenmiş kurabiye, DTNLK: %2,5 domates tozu ve %2,5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye.

In vitro sindirim öncesi MGO değerleri 220±10 ila 418±19 µg/100g arasında değişmektedir. En yüksek MGO değeri %2.5 domates tozu ve %2.5 pektin eklenmiş kurabiyede gözlemlenirken en düşük oran %5 selüloz eklenmiş kurabiyede gözlemlenmiştir. Örnekler arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlıdır (p<0.05). Sadece diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek metilglioksal değer %5 guar

gum eklenmiş kurabiye örneğinde saptanırken en düşük oran %5 selüloz eklenmiş kurabiyesinde gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Domates tozu ve diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek glikosal değer %2.5 domates tozu ve %2.5 pektin eklenmiş kurabiyede gözlemlenirken en düşük oran %2.5 domates tozu ve %2.5 guar gum eklenmiş kurabiyede gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

In vitro sindirim öncesi MGO değerleri incelendiğinde, numunelerin karşılaştırılması için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda %5 domates tozu eklenmiş kurabiye, %2.5 domates tozu ve %2.5 pektin eklenmiş kurabiye, %2.5 domates tozu ve %2.5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye ve %5 guar gum eklenmiş kurabiye değerlerinin arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$). Aynı şekilde, %5 pektin eklenmiş kurabiye, %5 guar gum eklenmiş kurabiye, %2.5 domates tozu ve %2.5 selüloz eklenmiş kurabiye, %2.5 domates tozu ve %2.5 guar gum eklenmiş kurabiye, %2.5 domates tozu ve %2.5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye numuneleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$).

Çalışmamızı incelediğimiz zaman *in vitro* sindirim öncesi MGO miktarları 220 ila 418 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında değişmektedir. Literatür incelendiğinde, yapılan bir çalışmada kurabiye numunelerinin *in vitro* sindirim öncesi MGO miktarları 22,9 ila 507,3 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında olduğu saptanmıştır (Kurt, 2021). Yaman (2021) bisküvilerde yaptığı çalışmada MGO değerlerini 55-607 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında değiştiği belirtilmiştir. Degen, Hellwig ve Henle (2012) yaptığı çalışmada kurabiye örneklerinin MGO değerlerini 1,8-68 mg / 100 g arasında olduğunu belirtmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise ekmek ve benzeri unlu mamullerin sindirim öncesi MGO miktarları 45,8-220,3 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında değiştiği belirtilmiştir (Serdar, 2022). Çalışmalar incelendiğinde, çalışmamızdaki kurabiye örneklerinin MGO değerleri yüksek olduğu tespit edilmiştir.

En yüksek MGO miktarı %2.5 domates tozu ve %2.5 pektin eklenmiş kurabiye olduğu saptanmıştır. Bunun sebebi içerdiği pektinden ve domates tozundan olduğu düşünülmektedir. Çünkü domates tozu kurutma işleminden geçtiği için nem içeriği düşük olduğundan ve diyet liflerin ise pişirme sırasında su aktivitesini azaltarak Maillard reaksiyonuna teşvik edebileceğinden dolayı böyle bir artış gözlemlendiği düşünülmektedir.

Yüksek miktarda çoklu doymamış yağ asitleri gıdalarda MGO oluşumuna ve lipid oksidasyonuna sebep olmaktadır. Oksidasyona duyarlı hale gelmesi doymamışlık

derecesinin ne kadar yüksek olduğuna işaretler (Vercellotti, Angelo ve Spanier, 1992). Başka bir çalışmada ise proteinlerin ve çoklu doymamış yağ asitlerin oksidasyonu sonucu MGO oluşabileceği ve böylece lipid oksidasyonunda glikasyon ürünleri oluşumunda rol oynayabileceği belirtilmiştir (Singh vd., 2001). Ayçiçek yağı, hızlı oksidatif işlemlere duyarlı, zengin konsantrasyonda yaklaşık %66 oranında çoklu doymamış yağ asitleri (özellikle oleik ve linoleik asitler) içermektedir (Ghendov-Mosanu vd., 2023). Ayrıca, gıdalardaki yağ içeriği, lipid oksidasyonundan MGO gibi lipid türevi reaktif α -dikarbonil bileşiklerin oluşumu yoluyla MR ürünlerinin oluşumunu teşvik edebilmektedir (Yaman vd., 2022). Yılmaz (2021) yaptığı bir çalışmada, bisküvilerin bileşiminde en yüksek oranda MGO miktarı ve akrilamid seviyesi özellikle amonyum bikarbonat veya fruktoz ile hazırlanmış olan bisküvilerde tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise amonyum bikarbonat ile sodyum bikarbonat karşılaştırılmıştır. Amonyum bikarbonatın daha fazla dikarbonil bileşiği oluşumuna ve fruktoz varlığında bu oluşumun daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Kalousova vd., 2004). Çalışmamızdaki kurabiye örnekleri amonyum bikarbonat, ayçiçek yağı ve yüksek şeker oranına sahip olduğundan dolayı sindirim öncesi MGO değerlerinin yüksek çıkması bundan kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir.

MGO değerlerinin domates tozu eklenmiş numunelerde artış gösterdiği anlaşılmaktadır. Fakat literatür tarandığında çalışmanın sonucunu destekleyecek bulgulara rastlanılmamaktadır. Ancak kurutulmuş ürünlerin kurutma yöntemleri, düşük nem içerikleri ve şeker içeriklerinin GO değerinde bir artışa sebep olduğu düşünülmektedir.

In vitro sindirim sonrası MGO 17 ± 1 ila 333 ± 15 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında değişmektedir. En yüksek MGO değeri kontrol kurabiyesinde gözlemlenirken en düşük oran %5 domates tozu eklenmiş kurabiyede gözlemlenmiştir. Örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$). Sadece diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek MGO değeri %5 guar gum eklenmiş kurabiye örneğinde saptanırken en düşük oran %5 selüloz eklenmiş kurabiyesinde gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Domates tozu ve diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek MGO değeri %2.5 domates tozu ve %2.5 guar gum eklenmiş kurabiyede gözlemlenirken en düşük oran %2.5 domates tozu ve %2.5 selüloz eklenmiş kurabiyede gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Numuneler arasında MGO değerlerinin incelenmesi için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi bulgularına göre, %5 pektin eklenmiş kurabiye, %5 guar gum

eklenmiş kurabiye, %5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye, %2.5 domates tozu ve %2.5 selüloz eklenmiş kurabiye, %2.5 domates tozu ve %2.5 pektin eklenmiş kurabiye ve %2.5 domates tozu ve %2.5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye numunelerinin kendi aralarında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık göstermediği saptanmıştır ($p>0.05$).

Bizim çalışmamızda kurabiye örneklerinin sindirim sonrası MGO değerleri 17 ila 333 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında bulunmuştur. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, bisküvilerde sindirim sonrası MGO değerleri 59 ila 220 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında saptanmıştır (Yaman, 2021). Başka bir çalışmada ise kurabiyelerde sindirim sonrası MGO değerleri 155,5 ila 717,6 $\mu\text{g}/100\text{g}$ arasında saptanmıştır (Yaman vd., 2022).

En yüksek diyetel glikasyon ürünleri içeriğinde tereyağı, sıvı yağ, peynir, yumurta ve fındık gibi gıda katkı maddelerinin bulunduğu ve kuru ısı ile işlenmiş gıdalarda (cips, kraker ve kurabiye gibi) tespit edilmiştir (Cengiz vd., 2020). Sindirim sistemi koşulları (PH, mineraller, sıcaklık gibi) da glikasyon ürünlerinin oluşumunu etkileyebilmektedir. Sindirim sistemi gıda matrisinin zarar görüp ve farklı reaktif gıda bileşenlerinin aynı aynada salınması ile oluşur. Dolayısıyla sindirim sürecinde glikasyon ürünleri reaksiyonları meydana gelir ve sindirim sisteminin farklı bölümlerinde glikasyon ürünlerinin artmasına veya azalmasına yol açmaktadır (Yaman vd., 2022). Bunların dışında sindirim sistemi aşamaları gibi pro oksidan koşullar lipidlerin oksidasyon sürecini de hızlandırabilmektedir (Nieva-Echevarría, Goicoechea ve Guillén, 2020).

Veriler incelendiğinde en düşük MGO değerine sahip %5 domates tozu eklenmiş kurabiye örneği olarak tespit edilmiştir. Domates vitaminler, mineraller, karotenoidler, aminoasitler ve fenolik bileşikler açısından zengin bir antioksidan kaynağıdır (Quinet vd., 2019). Polifenoller, A, E ve C vitaminleri, tiamin ve B6 vitamini gibi besinler, azalan glikasyon ürünleri düzeyleriyle ilişkilidir (Cengiz vd., 2020). Ayrıca, C vitamini DNA'yı, proteinleri ve lipidleri korur ve oksidasyon hasarını azaltır. C vitamini, proteinlere rekabetçi bir şekilde bağlanıp fizyolojik yapılarını koruyabilir. Böylece askorbik asit, *in vitro* glikasyon ürünleri oluşumunu azaltabilmektedir (Song vd., 2021). Ayrıca, yapılan bir çalışmada farklı kaynaklardan elde edilen bazı fenolik bileşiklerin, fruktoz ve glikoz içeren belirli gıdalarda yüksek oranda glikasyon inhibisyonu etkisi gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu fenolik bileşikler, glikasyon reaksiyonlarını engelleyerek veya azaltarak, gıdalardaki karbonhidratların proteinlerle

etkileşimini sınırlandırabilirler (Abdallah vd., 2016). Bu doğrultuda, elde ettiğimiz sonuçlar da literatürü destekler niteliktedir.

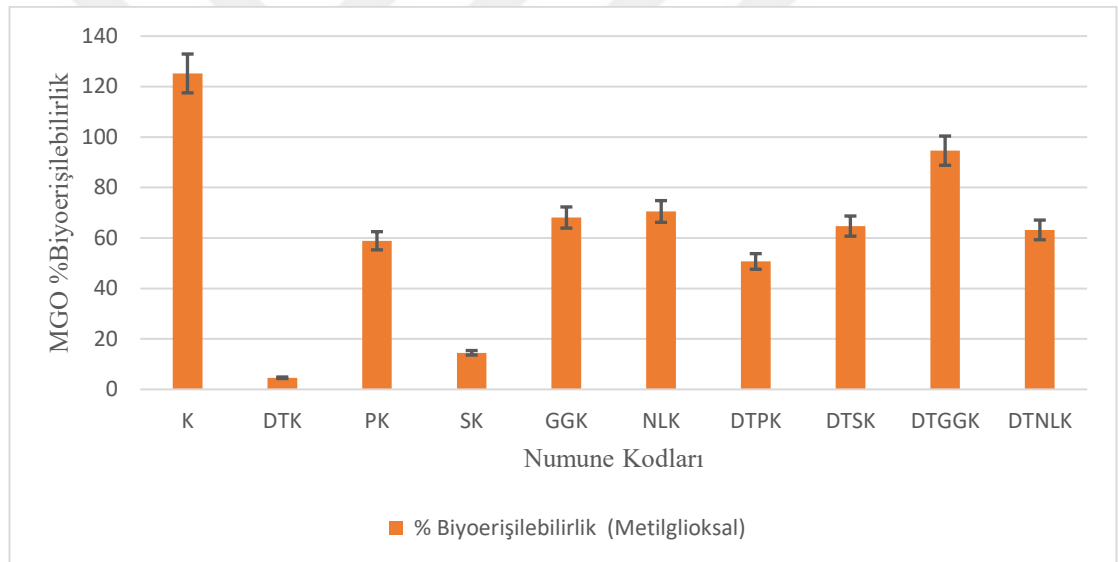
Diğer düşük MGO değerine sahip kurabiye ise %5 selüloz eklenmiş örnekte tespit edilmiştir. Selüloz çözünmez diyet lif katagorisindedir. Çözünmeyen lifler, ağırlıklarının beş katına kadar yağı tutabilme özelliğine sahiptir. Bu özellik, pişirme sürecinde üründen uzaklaşan yağ miktarını azaltarak yüksek yağ absorbe etme kapasitesine işaret etmektedir. Diyet lifinin yağı absorbe etme kapasitesi, partikül büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Partikül büyüklüğü arttıkça, absorbe edilen yağ miktarı da artmaktadır (Serdaroğlu ve Turp, 2004). Literatür incelendiğinde, selüloz türevlerinin bisküvilerde yağ ikame maddeleri olarak başarıyla kullanıldığı belirtilmiştir (Sanz vd., 2017). Yapılan bir çalışmada portakal liflerinin 1.3 g yağ tuttuğu belirtilmiştir (Serdaroğlu ve Turp, 2004). Yapılan başka bir çalışmada diyet lifi (selüloz) içeren donutların yağ içeriğinin azaldığı belirtilmiştir (Thebaudin vd., 1997). Sonuç olarak selülozun kurabiyede yağ oranını düşürdüğü ve buna bağlı olarakda MGO değerinde düşüşe sebep olduğu düşünülmektedir. Ancak, literatür incelendiğinde çalışmanın sonucunu destekleyecek yeterli bulgulara rastlanılmamaktadır.

Bizim çalışmamızda kontrol kurabiyesi haricindeki kurabiye örneklerinde *in vitro* sindirim sonrası MGO değerinde bir azalma mevcuttu ($p<0.05$). Gastrointestinal sindirim koşulları gıdalardaki α -dikarbonilleri artırabilmekte veya azaltabilmektedir (Andaç Öztürk vd., 2022). Literatür incelendiğinde yapılan bir çalışmada bizim çalışmamızı destekler nitelikte bisküvilerde sindirimin ilerlemesiyle MGO konsantrasyonlarının azaldığını bildirmişlerdir. Bu azalmanın, reaktif α -dikarbonil bileşiklerin sindirim sürecinde biriken amino asitlerle etkileşimi ile ilişkili olabileceğini öne sürmüşlerdir (Hamzalıoğlu ve Gökmen, 2016). Ayrıca, yağ ve tuz içeren gıdaların antioksidanlarla birlikte tüketilmesinin, α -dikarbonil bileşiklerinin *in vitro* ortamda oluşumunu engelleyebileceği belirtilmiştir (Yaman, 2021). Yapılan başka bir çalışmada zencefil ve tarçın içeren kurabiyelerin içerdikleri polifenollerin Maillard reaksiyonlarını yavaşlatma etkisi olabileceğini ve fenolik bileşiklerin içerdikleri antioksidan bileşikler nedeniyle glikasyon ürünleri oluşumunu engelleyici etkiye sahip olacağı belirtilmiştir. Aynı çalışmada yulaf içeren kurabiyelerin sindirim sistemi koşullarında en düşük MGO değeri gösterdiği belirtilmiştir. Bunun sebebinin ise içerdiği lifin şekeri azaltma yeteneğiyle ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Yaman

vd., 2022). Yapılan başka bir çalışmada, farklı polifenollerin kurabiyelerdeki MGO miktarı üzerindeki etkisini araştırmışlardır ve kurabiyelere rosmarinik asit, resveratrol ve epikateşin eklenmesinin MGO düzeyini azaltabileceğini bildirmişlerdir (Ou vd., 2018). Bunun aksine başka bir çalışmada bisküvilerde gastrointestinal sistemdeki glikasyon ürünlerinin varlığının %400'den fazla arttığını bulmuşlardır (van der Lugt vd., 2020). Mevcut çalışmada, sindirim sonrası MGO değerlerinde düşüş olması kurabiyenin içerdiği diyet lifinin, yağ ve şeker oranında bir azalmaya sebep olduğu ve domates tozunun içerdiği antioksidanların glikasyon ürünleri oluşumunu engelleyici etki gösterdiği düşünülmektedir.

4.3.3. Metilglioksalın % Biyoerişilebilirliği

Kurabiye örneklerinin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası metilglioksalın % biyoerişilebilirlik değerleri Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4. 1: Metilglioksalın % Biyoerişilebilirliği

Kurabiye örneklerinin MGO biyoerişilebilirlik değerleri kontrol kurabiyesi, %5 domates tozu eklenmiş kurabiye, %5 pektin eklenmiş kurabiye, %5 selüloz eklenmiş kurabiye, %5 guar gum eklenmiş kurabiye, %5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye, %2.5 domates tozu ve %2.5 pektin eklenmiş kurabiye, %2.5 domates tozu ve %2.5 selüloz eklenmiş kurabiye, %2.5 domates tozu ve %2.5 guar gum eklenmiş kurabiye ve %2.5 domates tozu ve %2.5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye örnekleri için sırasıyla %125, %4,6, %58,9, %14,5, %68,1, %70,5, %50,7, %64,7, %94,6 ve %63,2 olarak saptanmıştır.

Sadece diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek MGO biyoerişilebilirlik değeri %5 narenciye lifi eklenmiş kurabiye örneğinde saptanırken en düşük oran %5 selüloz eklenmiş kurabiyesinde gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Domates tozu ve diyet lif eklenmiş örnekler arasında en yüksek metilglukosil değer %2.5 domates tozu ve %2.5 guar gum eklenmiş kurabiyede gözlemlenirken en düşük oran %2.5 domates tozu ve %2.5 pektin eklenmiş kurabiyede gözlemlenmiştir ($p < 0.05$).

Biyoerişilebilirlik değerlerinin incelenmesi için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi bulgularına göre, tüm numunelerin değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). En yüksek yüzdelik kontrol kurabiyesinde gözlemlenirken, en düşük yüzdelik %5 domates tozu eklenmiş kurabiye numunesinde gözlemlenmiştir ($p < 0.05$).

Gıdaların sindirim sonrası GO ve MGO seviyeleri ve biyoerişilebilirliği, gıdanın bileşimi ve nişasta yapısından etkilenir. Gıda işleme sırasında uygulanan ısı işlem de sindirilebilirliğin belirlenmesinde rol oynamaktadır (Serin, Akbulut ve Yaman, 2023). *In vitro* koşullarda yağların oksidasyonu, çeşitli α -dikarbonil bileşiklerinin oluşumuna yol açmaktadır. Bu bileşikler, yağların peroksidasyonu ve diğer oksidatif reaksiyonlar sonucunda ortaya çıkan reaktif türlerin etkileşimiyle türemektedir (Yaman, 2021).

Sonuçlar incelendiği zaman, kurabiye örneklerinde MGO'nun biyoerişilebilirliği %4,6 ila %125,2 arasında bulunmuştur. Görüldüğü gibi kontrol kurabiyesi haricinde %100'ün altındaydı. Literatür incelendiği zaman yapılan bir çalışmada kurabiye örneklerindeki MGO biyoerişilebilirliği %114,6 ila %698 arasında bulunmuştur (Yaman vd., 2022). Yapılan başka bir çalışmada ise galeta ve çubuk kraker örneklerinde *in vitro* sindirim sonrası MGO biyoerişilebilirliği %145,8 ila %1351,8 arasında değişim gösterirken ekmek örneklerinde ise bu oran %149 ila %281 arasında değişmektedir (Serdar, 2022). Yaman (2021) bisküvilerin MGO'nun biyoerişilebilirliği %40 ila %114 arasında bulunurken cips örneklerinin ise %213 ila %392 arasında bulmuştur. Bu bağlamda çalışmamızdaki MGO biyoerişilebilirliği daha düşük bulunmuştur.

Genel olarak kurabiyelere diyet lif eklenmesi, kontrol kurabiyesine kıyasla MGO'nun biyoerişilebilirliği azalttığı bulunmuştur (%125,2'ye kıyasla %14,5-94,6). Ayrıca %5 domates tozu eklenmiş kurabiyede kontrol kurabiyesine kıyasla MGO'nun biyoerişilebilirliğini oldukça azalttığı bulunmuştur (%125,2'ye kıyasla %4,6). Mevcut

Çalışmada, kurabiyelere eklenen domates tozu ve diyet lif sindirim sırasında bir MGO bağlayıcı görevi gördüğü ve kontrolle kıyasla MGO'nun biyoerişilebilirliğinde bir azalma sağladığı düşünülmektedir.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda işlenmiş gıdaların tüketiminde önemli bir artış vardır ve buna bağlı olarak beslenme alışkanlıklarında da değişiklikler meydana gelmektedir. Özellikle gündelik hayatımızda çok fazla tükettiğimiz gıdaları fonksiyonelliği açısından geliştirmek ve sağlığa yararlı hale getirmek üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla tez kapsamında domates tozu ve diyet lifinin farklı miktarlarda ve kombinasyonda kurabiye örneklerine eklenmesinin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası toplam antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde ve glikasyon ürünleri incelenmiştir.

Toplam antioksidan aktivite değerleri DPPH metodu ile belirlenmiştir. Kurabiye örnekleri incelendiğinde *in vitro* sindirim öncesi %5 domates tozu eklenmiş kurabiyede ve %2,5 domates tozu ve %2,5 narenciye lif eklenmiş kurabiyede anlamlı artış gözlemlenmiştir. *In vitro* sindirim sonrası antioksidan aktivitelerini incelediğimiz zaman sindirim öncesine kıyasla artış gözlemlenmiştir. Ancak kurabiye örneklerinin sindirim sonrası antioksidan aktivitelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır.

Toplam fenolik madde miktarı incelendiğinde, *in vitro* sindirim öncesi özellikle %2,5 domates tozu ve %2,5 narenciye lifi eklenmiş kurabiyenin kontrol kurabiyesine kıyasla yaklaşık 2.8 kat daha çok fenolik madde miktarına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca domates tozu ve diyet lifinin kurabiyelere eklenmesi sindirim öncesi değerlerde bir artış ile sonuçlanmıştır. *In vitro* sindirim sonrası örnekler, *in vitro* sindirim öncesindeki örnekler ile karşılaştırıldığında zaman zaman toplam fenolik madde miktarında artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Çalışmamızda GO değerlerini incelendiğinde, özellikle %2,5 domates tozu ve %2,5 guar gum eklenmiş kurabiyenin kontrol kurabiyesine kıyasla yaklaşık 3.4 kat fazla GO değerine sahip olduğu görülmektedir. Buna ek olarak, %5 domates tozu eklenmiş kurabiyenin kontrol kurabiyesine kıyasla 3 kat fazla GO değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. *In vitro* sindirim sonrası örneklerde, *in vitro* sindirim öncesindeki örnekler ile karşılaştırıldığında %5 domates tozu eklenmiş kurabiye hariç GO miktarlarında bir artış gözlemlenmiştir.

Çalışmamızda MGO değerlerini incelendiğinde, %2,5 domates tozu ve %2,5 pektin eklenmiş kurabiye'nin kontrol kurabiyesine kıyasla yaklaşık 1.5 kat fazla MGO değerine sahip olduğu görülmektedir. *In vitro* sindirim sonrası örnekler, *in vitro* sindirim öncesindeki örnekler ile karşılaştırıldığında kontrol kurabiyesi hariç MGO miktarlarında bir azalma gözlemlenmiştir.

%5 oranında domates tozunun formülasyonuna eklenmesi kurabiye'nin *in vitro* sindirim öncesi GO ve MGO değerinde bir artış ile sonuçlanmıştır ancak sindirim sonrasında oldukça düşüş göstermiştir.

MGO'nun biyoerişilebilirliği incelendiğinde, %5 domates tozu eklenmiş kurabiye ve %5 selüloz eklenmiş kurabiye MGO'nun biyoerişilebilirliğini oldukça azalttığı gözlemlenmiştir. Bunlara ek olarak, kurabiyelere eklenen domates tozu ve diyet lifi sindirim sırasında bir MGO bağlayıcı görevi görmüştür ve kontrolle kıyasla MGO'nun biyoerişilebilirliğinde bir azalmayı sağladığı gözlemlenmiştir.

Fonksiyonel olarak birçok üründe kullanımı yaygınlaşmaya başlayan domates tozu ve diyet lif eklenmesiyle gıda sektörüne yeni bir ürün katılabilir. Bildiğimiz kadarıyla, literatürde kurabiye örneklerine sebze ve meyve tozlarının ve farklı diyet lif ilavesinin glikasyon ürünleri üzerindeki etkisini araştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla özellikle diyet liflerinin glikasyon ürünleri üzerindeki etkileşimleri üzerine daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu kapsamda çalışmamızda domates tozu ve farklı diyet lif ilavesinin kurabiyelerdeki toplam fenolik madde, toplam antioksidan kapasite ve glikasyon ürünleri üzerindeki etkiyi açıklığa kavuşturmayı amaçlanmıştır. Ancak, literatürde bu kapsamda çalışmalar olmayışı nedeni ile glikasyon ürünlerinde gözlemlenen artış veya azalış nedenleri açıklanamamıştır. Bu nedenle, diyet lif ve biyoaktif maddelerce zengin meyve sebze tozlarının glikasyon ürünleri üzerine etkilerini ayrıntılı olarak *in vitro* ve *in vivo* ile araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdallah, H. M., El-Bassossy, H., Mohamed, G. A., El-Halawany, A. M., Alshali, K. Z., & Banjar, Z. M. (2016). Phenolics from garcinia mangostana inhibit advanced glycation endproducts formation: effect on amadori products, cross-linked structures and protein thiols. *Molecules*, 21(2), 251.
- Ahmad, M. S., & Ahmed, N. (2006). Antiglycation properties of aged garlic extract: possible role in prevention of diabetic complications. *The Journal of nutrition*, 136(3), 796S-799S.
- Ali, M. Y., Sina, A. A. I., Khandker, S. S., Neesa, L., Tanvir, E. M., Kabir, A., ... & Gan, S. H. (2020). Nutritional composition and bioactive compounds in tomatoes and their impact on human health and disease: A review. *Foods*, 10(1), 45.
- Anda Öztürk, S., Çintesun, E. E., Demirci, M., Garipoğlu, G., Mızrak, Ö. F., & Yaman, M. (2022). Assessment of bioaccessibility of precursors of advanced glycation end products in puddings under in vitro digestive system. *Journal of Characterization*.
- Anderson, J. W., Baird, P., Davis Jr, R. H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., ... & Williams, C. L. (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition reviews*, 67(4), 188-205.
- Arribas-Lorenzo, G., & Morales, F. J. (2010). Analysis, distribution, and dietary exposure of glyoxal and methylglyoxal in cookies and their relationship with other heat-induced contaminants. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(5), 2966-2972.
- Arslan, S., & Erbaş, M. (2014). Selüloz ve selüloz türevi diyet liflerin özellikleri ve fırın ürünlerinde kullanım imkânları. *Gıda*, 39(4), 243-250.
- Bączek, N., Jarmułowicz, A., Wronkowska, M., & Haros, C. M. (2020). Assessment of the glycaemic index, content of bioactive compounds, and their in vitro bioaccessibility in oat-buckwheat breads. *Food chemistry*, 330, 127199.
- Bashir, N., Bhat, M. A., Dar, B. N., & Shah, M. A. (2014). Effect of different drying methods on the quality of tomatoes. *Advances in Food Sciences*, 36(2), 65-69.
- Bhat, N. A., Wani, I. A., & Hamdani, A. M. (2020). Tomato powder and crude lycopene as a source of natural antioxidants in whole wheat flour cookies. *Heliyon*, 6(1).
- Bhatkar, N. S., Shirkole, S. S., Mujumdar, A. S., & Thorat, B. N. (2021). Drying of tomatoes and tomato processing waste: a critical review of the quality aspects. *Drying Technology*, 39(11), 1720-1744.
- Bilgiçli, N., İbanog˘lu, Ş., & Herken, E. N. (2007). Effect of dietary fibre addition on the selected nutritional properties of cookies. *Journal of food engineering*, 78(1), 86-89.

- Bogdanova Popov, B., Karapetkovska-Hristova, V., Ahmad, M. A., & Shariati, M. A. (2017). An overview on applications of guar gum in food systems to modify structural properties. *Saudi J. Med. Pharm. Sci.*, 3(5), 373-376.
- Bousquière, J., Michon, C., & Bonazzi, C. (2017). Functional properties of cellulose derivatives to tailor a model sponge cake using rheology and cellular structure analysis. *Food hydrocolloids*, 70, 304-312.
- Boz, H. (2023). Nε-(carboxymethyl) lysine in bakery products: A review. *Journal of Food Science*, 88(3), 901-908.
- Bratte, A. G., Adeleye, A. S., & Emumejaye, P. (2017, October). Effects of drying methods on quality and rehydration characteristics of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) slices. In *Proceedings of the 18th International Conference and 38th Annual General Meeting of the Nigerian Institution of Agricultural Engineers (NIAE), Umudike*.
- Buljeta, I., Pichler, A., Šimunović, J., & Kopjar, M. (2021). Polyphenols and antioxidant activity of citrus fiber/blackberry juice complexes. *Molecules*, 26(15), 4400.
- Erim. B. (2021). Üniversite Öğrencilerinde İleri Glikasyon Son Ürünleri Alım Düzeyinin Belirlenmesi. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 6(3), 75-79.
- Burton-Freeman, B., & Reimers, K. (2011). Tomato consumption and health: emerging benefits. *American journal of lifestyle medicine*, 5(2), 182-191.
- Butt, M. S., Shahzadi, N., Sharif, M. K., & Nasir, M. (2007). Guar gum: a miracle therapy for hypercholesterolemia, hyperglycemia and obesity. *Critical reviews in food science and nutrition*, 47(4), 389-396.
- Cengiz, S., Kişmiroğlu, C., Cebi, N., Çatak, J., & Yaman, M. (2020). Determination of the most potent precursors of advanced glycation end products (AGEs) in chips, crackers, and breakfast cereals by high performance liquid chromatography (HPLC) using precolumn derivatization with 4-nitro-1, 2-phenylenediamine. *Microchemical Journal*, 158, 105170.
- Chevallier, S., Colonna, P., Della Valle, G., & Lourdin, D. (2000). Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *Journal of Cereal Science*, 31(3), 241-252.
- Çintesan, E. E., Tanyildiz, S. N., Yildirim, H., Mizrak, O. F., & Yaman, M. (2022). Investigation of the alpha-dicarbonyl compounds in some snack foods by HPLC using precolumn derivatization with 4-Nitro-1, 2-Phenylenediamine. *Biointerface Research in Applied Chemistry*.
- Collins, E. J., Bowyer, C., Tsouza, A., & Chopra, M. (2022). Tomatoes: An extensive review of the associated health impacts of tomatoes and factors that can affect their cultivation. *Biology*, 11(2), 239.

- Çatak, J. (2020). Quantitative analyses of glyoxal and methylglyoxal compounds in frenchfry samples by HPLC Using 4-Nitro-1, 2-Phenlenediamine as a derivatizing reagent. *International Journal of Innovative Research and Reviews*, 4(1), 20-24.
- Çatak, J., & BALCI, E. (2022b). Paketli Keklerde İleri Glikasyon Son Ürünleri Öncüllerinin HPLC ile Tespiti ve Değerlendirilmesi. *JOURNAL OF CHARACTERIZATION*, 2(1), 82-90.
- Çatak, J., & Uçgun, E. N. (2022a). Hazır soslardaki ileri glikasyon son ürünleri (AGEs) öncüllerinin biyoerişilebilirliklerinin in vitro gastrointestinal sistem ile belirlenmesi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, (28), 47-56.
- Çintesan, E. E., Yaman, M., Aslan, R., Mızrak, Ö. F., Tanyıldız, S. N., Yıldırım, H., ... & Uçan, B. (2022). Effects of different herbal teas on reducing the bioaccessibility of methylglyoxal in crackers under stimulated gastrointestinal digestive system. *Letters in applied Nanobioscience*.
- D’cunha, N. M., Sergi, D., Lane, M. M., Naumovski, N., Gamage, E., Rajendran, A., ... & Travica, N. (2022). The effects of dietary advanced glycation End-products on neurocognitive and mental disorders. *Nutrients*, 14(12), 2421.
- Dasgupta, S., & Shah, A. A Comparative Study of Functional Properties of Pectin Isolated from Different Fruit and Vegetable Sources.
- Davidson, I. (2018). Biscuit, cookie and cracker production: process, production and packaging equipment. Academic Press.
- Dearlove, R. P., Greenspan, P., Hartle, D. K., Swanson, R. B., & Hargrove, J. L. (2008). Inhibition of protein glycation by extracts of culinary herbs and spices. *Journal of medicinal food*, 11(2), 275-281.
- Degen, J., Hellwig, M., & Henle, T. (2012). 1, 2-Dicarbonyl compounds in commonly consumed foods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(28), 7071-7079.
- Demiray, E. (2009). *Kurutma işleminde domatesin likopen, β-karoten, askorbik asit ve renk değişim kinetiğinin belirlenmesi* (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Demiray, E., & Tülek, Y. (2008). Domates kurutma teknolojisi ve kurutma işleminin domatesteki bazı antioksidan bileşiklere etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, (3), 9, 20.
- Demirer, B., & Samur, G. (2023). Possible effects of dietary advanced glycation end products on maternal and fetal health: a review. *Nutrition Reviews*, 81(7), 844-856.
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., & Patil, R. T. (2012). Dietary fibre in foods: a review. *Journal of food science and technology*, 49, 255-266

- Durmuş, E., & Semerci, A. (2023). Sofralık Domates Üretiminde Gelir, Verim ve Maliyet Faktörlerinin Farklılık Analizleri: Çanakkale İli Örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1), 46-57.
- Eichhorn, S. J., Baillie, C. A., Zafeiropoulos, N., Mwaikambo, L. Y., Ansell, M. P., Dufresne, A., ... & Wild, P. M. (2001). Current international research into cellulosic fibres and composites. *Journal of materials Science*, 36, 2107-2131.
- Ejtahed, H. S., Angoorani, P., Asghari, G., Mirmiran, P., & Azizi, F. (2016). Dietary advanced glycation end products and risk of chronic kidney disease. *Journal of Renal Nutrition*, 26(5), 308-314.
- Ekici, L., & Ercoşkun, H. (2007). Et ürünlerinde diyet lif kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 83-90.
- El-Araby, G. M. (2022). Processing untraditional formula from snacks using apple and tomato pomace powder as a source of dietary fiber and antioxidants. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 13(4), 59-64.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food chemistry*, 124(2), 411-421.
- Engin, A. S., & Kuşçu, A. (2023). The Effect of Different Drying Processes on Some Nutritional and Quality Criteria in Tomato Powder. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 12(1), 194-204.
- Erim, B., Ergene, E., & Hecer, C. (2022). Besin Hazırlama Ve Pişirme Yöntemlerinin İleri Glikasyon Son Ürünleri Üzerine Etkisi. *Aydın Gastronomy*, 6(2), 275-281.
- Fadaei, V., & Salehifar, M. (2012). Some chemical and functional characteristics of dietary fiber from five fiber sources. *European Journal of Experimental Biology*, 2(3), 525-528.
- Fang, H., Wang, L., Zhang, S., Liu, H., & Li, J. (2014). Advanced glycation end products (AGEs) formation in high protein foods processing model system. *J. Chinese Inst. Food Sci. Technol*, 14, 28-34.
- FAO, 2021. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, Türkiye’de domates üretim miktarı ve ihracatı. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> , [18.08.2023]
- Freitas, C. M. P., Coimbra, J. S. R., Souza, V. G. L., & Sousa, R. C. S. (2021). Structure and applications of pectin in food, biomedical, and pharmaceutical industry: A review. *Coatings*, 11(8), 922.
- Fu, J. T., Chang, Y. H., & Shiau, S. Y. (2015). Rheological, antioxidative and sensory properties of dough and Mantou (steamed bread) enriched with lemon fiber. *LWT-Food Science and Technology*, 61(1), 56-62.

- Fu, M. X., Wells-Knecht, K. J., Blackledge, J. A., Lyons, T. J., Thorpe, S. R., & Baynes, J. W. (1994). Glycation, glycooxidation, and cross-linking of collagen by glucose: kinetics, mechanisms, and inhibition of late stages of the Maillard reaction. *Diabetes*, 43(5), 676-683.
- George, J., & Sabapathi, S. N. (2015). Cellulose nanocrystals: synthesis, functional properties, and applications. *Nanotechnology, science and applications*, 45-54.
- Ghendov-Mosanu, A., Popovici, V., Constantinescu, C. G., Deseatnicova, O., Siminiuc, R., Subotin, I., ... & Sturza, R. (2023). Stabilization of Sunflower Oil with Biologically Active Compounds from Berries. *Molecules*, 28(8), 3596.
- Goldberg, T., Cai, W., Peppas, M., Dardaine, V., Baliga, B. S., Uribarri, J., & Vlassara, H. (2004). Advanced glycooxidation end products in commonly consumed foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 104(8), 1287-1291.
- Gupta, P. K., Raghunath, S. S., Prasanna, D. V., Venkat, P., Shree, V., Chithananthan, C., ... & Geetha, K. (2019). An update on overview of cellulose, its structure and applications. *Cellulose*, 201(9), 84727.
- Hamzalıoğlu, A., & Gökmen, V. (2020). Potential reactions of thermal process contaminants during digestion. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 198-208.
- Hedges, L. J., & Lister, C. E. (2005). Nutritional attributes of tomatoes. *Crop & Food Research Confidential Report No*, 1391.
- Hobson, G. and Grierson, D., 1996, Tomato In Biochemistry of Fruit Ripening (G.B. Seymour, J.E. Taylor and G.A. Tucker, eds) Chapman and Hall, London, U.K., 405–442 pp.
- Hollnagel, A., & Kroh, L. W. (1998). Formation of α -dicarbonyl fragments from mono- and disaccharides under caramelization and Maillard reaction conditions. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 207, 50-54.
- Hu, H., Wang, Y., Shen, M., Huang, Y., Li, C., Nie, S., & Xie, M. (2022). Effects of baking factors and recipes on the quality of butter cookies and the formation of advanced glycation end products (AGEs) and 5-hydroxymethylfurfural (HMF). *Current Research in Food Science*, 5, 940-948.
- Huang, J. Y., Liao, J. S., Qi, J. R., Jiang, W. X., & Yang, X. Q. (2021). Structural and physicochemical properties of pectin-rich dietary fiber prepared from citrus peel. *Food Hydrocolloids*, 110, 106140.
- Hull, G. L., Woodside, J. V., Ames, J. M., & Cuskelly, G. J. (2012). N ϵ -(carboxymethyl) lysine content of foods commonly consumed in a Western style diet. *Food Chemistry*, 131(1), 170-174.

- Ibrahim, O., & Menkovska, M. (2022). Dietary Fibers-Classification, Properties, Analysis and Function: A Review. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 13(12), 527-544.
- Inan-Eroglu, E., Ayaz, A., & Buyuktuncer, Z. (2020). Formation of advanced glycation endproducts in foods during cooking process and underlying mechanisms: a comprehensive review of experimental studies. *Nutrition research reviews*, 33(1), 77-89.
- Isik, F., & Topkaya, C. (2016). Effects of tomato pomace supplementation on chemical and nutritional properties of crackers. *Italian Journal of Food Science*, 28(3), 525.
- Kahraman, K., Aktas-Akyildiz, E., Ozturk, S., & Koksel, H. (2019). Effect of different resistant starch sources and wheat bran on dietary fibre content and in vitro glycaemic index values of cookies. *Journal of Cereal Science*, 90, 102851.
- Kalousova, M., Zima, T., Tesař, V., Štípek, S., & Sulkova, S. (2004). Advanced glycation end products in clinical nephrology. *Kidney and Blood Pressure Research*, 27(1), 18-28.
- Kamiloglu, S., Demirci, M., Selen, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., & Capanoglu, E. (2014). Home processing of tomatoes (*Solanum lycopersicum*): effects on in vitro bioaccessibility of total lycopene, phenolics, flavonoids, and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(11), 2225-2233.
- Keshk, S. M. (2014). Bacterial cellulose production and its industrial applications. *J Bioprocess Biotech*, 4(2), 150.
- Kiho, T., Usui, S., Hirano, K., Aizawa, K., & Inakuma, T. (2004). Tomato paste fraction inhibiting the formation of advanced glycation end-products. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 68(1), 200-205.
- Kimura, S., & Sinha, N. (2008). Tomato (*Solanum lycopersicum*): a model fruit-bearing crop. *Cold Spring Harbor Protocols*, 2008(11), pdb-emo105.
- Korus, J., Juszczak, L., Witczak, M., & Ziobro, R. (2020). Effect of citrus fiber on the rheological properties of dough and quality of the gluten-free bread. *Applied Sciences*, 10(19), 6633.
- Kumar, K. S., Paswan, S., & Srivastava, S. (2012). Tomato-a natural medicine and its health benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(1), 33-43.
- Kumaran, A. ve Joel Karunakaran, R. (2006). Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry*, 97(1), 109-114. doi:10.1016/J.FOODCHEM.2005.03.032
- Kurt, E. (2021). Diyabetik komplikasyonlara neden olan ileri glikasyon son ürünlerinin öncüllerinin farklı kurabiye çeşitlerinde in vitro gastrointestinal sistem ile incelenmesi (Master's thesis, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi).

- Lal, G., Shekhawat, N., Yadav, S., Choudhary, M. K., & Bhatiya, M. (2021). Guar gum valuable for pharmacological and pharmaceutical conscious: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(1), 07-13.
- Li, L., Zhuang, Y., Zou, X., Chen, M., Cui, B., Jiao, Y., & Cheng, Y. (2023). Advanced Glycation End Products: A Comprehensive Review of Their Detection and Occurrence in Food. *Foods*, 12(11), 2103.
- Lin, J. A., Wu, C. H., & Yen, G. C. (2018). Perspective of advanced glycation end products on human health. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(9), 2065-2070.
- Liu, F., Cao, X., Wang, H., & Liao, X. (2010). Changes of tomato powder qualities during storage. *Powder Technology*, 204(1), 159-166.
- López-Ruiz, R., Marin-Saez, J., Cunha, S. C., Fernandes, A., de Freitas, V., Viegas, O., & Ferreira, I. M. (2023). Fibre enrichment of cookies to mitigate acrylamide formation and gastrointestinal bioaccessibility. *LWT*, 182, 114835.
- Luevano-Contreras, C., & Chapman-Novakofski, K. (2010). Dietary advanced glycation end products and aging. *Nutrients*, 2(12), 1247-1265.
- Lundberg, B., Pan, X., White, A., Chau, H., & Hotchkiss, A. (2014). Rheology and composition of citrus fiber. *Journal of Food Engineering*, 125, 97-104.
- Maasen, K., Scheijen, J. L., Opperhuizen, A., Stehouwer, C. D., Van Greevenbroek, M. M., & Schalkwijk, C. G. (2021). Quantification of dicarbonyl compounds in commonly consumed foods and drinks; presentation of a food composition database for dicarbonyls. *Food chemistry*, 339, 128063.
- Mann, J. I., & Cummings, J. H. (2009). Possible implications for health of the different definitions of dietary fibre. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 19(3), 226-229.
- Martinez-Saez, N., Fernandez-Gomez, B., Cai, W., Uribarri, J., & Del Castillo, M. D. (2019). In vitro formation of Maillard reaction products during simulated digestion of meal-resembling systems. *Food Research International*, 118, 72-80.
- Mishra, B. P., Mishra, J., Paital, B., Rath, P. K., Jena, M. K., Reddy, B. V., ... & Sahoo, D. K. (2023). Properties and physiological effects of dietary fiber-enriched meat products: a review. *Frontiers in Nutrition*, 10.
- Mudgil, D. (2017). The interaction between insoluble and soluble fiber. In *Dietary fiber for the prevention of cardiovascular disease* (pp. 35-59). Academic Press.
- Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2014). Guar gum: processing, properties and food applications—a review. *Journal of food science and technology*, 51, 409-418.

- Navarro-González, I., García-Valverde, V., García-Alonso, J., & Periago, M. J. (2011). Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. *Food Research International*, 44(5), 1528-1535.
- Nie, C., Li, Y., Qian, H., Ying, H., & Wang, L. (2022). Advanced glycation end products in food and their effects on intestinal tract. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(11), 3103-3115.
- Nieva-Echevarría, B., Goicoechea, E., & Guillén, M. D. (2020). Food lipid oxidation under gastrointestinal digestion conditions: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(3), 461-478.
- Nursten, H. E. (2005). *The Maillard reaction: chemistry, biochemistry and implications*. Royal Society of Chemistry.
- Nursten, H. E. (2005). *The Maillard reaction: chemistry, biochemistry and implications*. Royal Society of Chemistry.
- Ofori Ohenewa, V., Walden, F., Gadabor, J., Afriyie Sarkodie, J., Augustine, Y., & Arthur, J. (2020). Microbial Quality of Tomatoes (*Solanum Lycopersicum*) Sold in Selected Markets within the Kumasi Metropolis. *Francisca and Gadabor, Justina and Afriyie Sarkodie, Jahlove and Augustine, Yeboah and Arthur Fosu, Joseph, Microbial Quality of Tomatoes (Solanum Lycopersicum) Sold in Selected Markets within the Kumasi Metropolis (March 26, 2020)*.
- Ou, J., Teng, J., El-Nezami, H. S., & Wang, M. (2018). Impact of resveratrol, epicatechin and rosmarinic acid on fluorescent AGEs and cytotoxicity of cookies. *Journal of Functional Foods*, 40, 44-50.
- Ozgolet, M., Yaman, M., Durak, M. Z., & Karasu, S. (2022). The effect of five different sourdough on the formation of glyoxal and methylglyoxal in bread and influence of in vitro digestion. *Food Chemistry*, 371, 131141.
- Öztürk, S. A., & GARİPOĞLU, G. (2022). Makarna ve Erişte Çeşitlerinde Glioksal ve Metilglioksal biyoerişilebilirliklerinin İn vitro Sindirim Metodu ile Belirlenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 964-976.
- Palermo, M., Fiore, A., & Fogliano, V. (2012). Okara promoted acrylamide and carboxymethyl-lysine formation in bakery products. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(40), 10141-10146.
- Pavez-Guajardo, C., Ferreira, S. R., Mazzutti, S., Guerra-Valle, M. E., Sáez-Trautmann, G., & Moreno, J. (2020). Influence of in vitro digestion on antioxidant activity of enriched apple snacks with grape juice. *Foods*, 9(11), 1681.
- Peng, X., Cheng, K. W., Ma, J., Chen, B., Ho, C. T., Lo, C., ... & Wang, M. (2008). Cinnamon bark proanthocyanidins as reactive carbonyl scavengers to prevent the formation of advanced glycation endproducts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(6), 1907-1911.

- Peng, X., Ma, J., Chen, F., & Wang, M. (2011). Naturally occurring inhibitors against the formation of advanced glycation end-products. *Food & function*, 2(6), 289-301.
- Peppas, M., Uribarri, J., & Vlassara, H. (2004). The role of advanced glycation end products in the development of atherosclerosis. *Current Diabetes Reports*, 4(1), 31-36.
- Perry, J. R., & Ying, W. (2016). *Journal of Nutrition & Food Sciences*.
- Perveen, R., Suleria, H. A. R., Anjum, F. M., Butt, M. S., Pasha, I., & Ahmad, S. (2015). Tomato (*Solanum lycopersicum*) carotenoids and lycopenes chemistry; metabolism, absorption, nutrition, and allied health claims—A comprehensive review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 55(7), 919-929.
- Petkowicz, C. L., & Williams, P. A. (2020). Pectins from food waste: Characterization and functional properties of a pectin extracted from broccoli stalk. *Food Hydrocolloids*, 107, 105930.
- Quinet, M., Angosto, T., Yuste-Lisbona, F. J., Blanchard-Gros, R., Bigot, S., Martinez, J. P., & Lutts, S. (2019). Tomato fruit development and metabolism. *Frontiers in plant science*, 10, 1554.
- Quirós-Sauceda, A. E., Palafox-Carlos, H., Sáyago-Ayerdi, S. G., Ayala-Zavala, J. F., Bello-Perez, L. A., Alvarez-Parrilla, E., ... & González-Aguilar, G. A. (2014). Dietary fiber and phenolic compounds as functional ingredients: interaction and possible effect after ingestion. *Food & function*, 5(6), 1063-1072.
- Ragaei, S., Guzar, I., Dhull, N., & Seetharaman, K. (2011). Effects of fiber addition on antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread. *LWT-Food Science and Technology*, 44(10), 2147-2153.
- Ray, S., Saha, R., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2016). Different quality characteristics of tomato (*Solanum Lycopersicum*) as a fortifying ingredient in food products: A review. *Technical Sciences/University of Warmia and Mazury in Olsztyn*, (19 (3)), 199-213.
- Rodríguez, R., Jimenez, A., Fernández-Bolanos, J., Guillen, R., & Heredia, A. (2006). Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in food science & technology*, 17(1), 3-15.
- Sabbaghi, H. (2023). Perspective Chapter: Cellulose in Food Production-Principles and Innovations.
- Sakač, M. B., Gyura, J. F., Mišan, A. C., Šereš, Z. I., Pajin, B. S., & Šoronja-Simovic, D. M. (2011). Antioxidant activity of cookies supplemented with sugar beet dietary fiber. *Sugar Ind*, 136, 151-157.
- Salem, B. R. (2020). Use of tomato pomace, mango seeds kernel and pomegranate peels powders for the production of functional biscuits. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 47(4), 1011-1023.

- Sanz, T., Quiles, A., Salvador, A., & Hernando, I. (2017). Structural changes in biscuits made with cellulose emulsions as fat replacers. *Food science and technology international*, 23(6), 480-489.
- Sandu, O., Song, K., Cai, W., Zheng, F., Uribarri, J., & Vlassara, H. (2005). Insulin resistance and type 2 diabetes in high-fat-fed mice are linked to high glycotoxin intake. *Diabetes*, 54(8), 2314-2319.
- Sendra, E., Kuri, V., Fernández-López, J., Sayas-Barbera, E., Navarro, C., & Pérez-Alvarez, J. A. (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. *LWT-Food Science and Technology*, 43(4), 708-714.
- Serdaroğlu, M., & Turp, G. Y. (2004). Diyet lifi ve et ürünlerinde diyet lifi kullanılması. *Akademik Gıda*, 2(4), 18-21.
- Serdar, E. (2022). İleri glikasyon son ürünlerinin öncüllerinin farklı ekmek çeşitlerinde in vitro gastrointestinal sistem ile incelenmesi (Master's thesis, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi).
- Serin, Y., Akbulut, G., & Yaman, M. (2023). Investigating Bioaccessibility of Advanced Glycation Product Precursors in Gluten-Free Foods Using In Vitro Gastrointestinal System. *Medicina*, 59(9), 1578.
- Serio, F., Ayala, O., Bonasia, A., & Santamaria, P. (2006). Antioxidant Properties and Health Benefits of Tomato. In *Recent progress in medicinal plants. Search for natural drugs* (Vol. 13, pp. 159-179).
- Shahidi, F. ve Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897. doi:10.1016/J.JFF.2015.06.018
- Sharma, B. R., Naresh, L., Dhuldhoya, N. C., Merchant, S. U., & Merchant, U. C. (2006). An overview on pectins. *Times Food Processing Journal*, 23(2), 44-51.
- Sharma, C., Kaur, A., Thind, S. S., Singh, B., & Raina, S. (2015). Advanced glycation End-products (AGEs): an emerging concern for processed food industries. *Journal of food science and technology*, 52, 7561-7576.
- Singh, R. B. A. M., Barden, A., Mori, T., & Beilin, L. (2001). Advanced glycation end-products: a review. *Diabetologia*, 44, 129-146.
- Singleton, V. L. ve Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3)
- Song, Q., Liu, J., Dong, L., Wang, X., & Zhang, X. (2021). Novel advances in inhibiting advanced glycation end product formation using natural compounds. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 140, 111750.

- Sönmez, K., & Ellialtıoğlu, Ş. (2014). Domates, karotenoidler ve bunları etkileyen faktörler üzerine bir inceleme. *Derim*, 31(2), 107-130.
- Su, D., Zhu, X., Wang, Y., Li, D., & Wang, L. (2020). Effect of high-pressure homogenization on rheological properties of citrus fiber. *LWT*, 127, 109366.
- Sudha, M. L., Baskaran, V., & Leelavathi, K. (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food chemistry*, 104(2), 686-692.
- Sundar Raj, A. A., Rubila, S., Jayabalan, R., & Ranganathan, T. V. (2012). A Review on Pectin: Chemistry due to General Properties of Pectin and its Pharmaceutical Uses. 1: 550 doi: 10.4172/scientificreports. 550 Page 2 of 4 Volume 1• Issue 12• 2012 in a chain-like configuration; this corresponds to average molecular weights from about 50,000 to 150,000 daltons. *Large differences may exist between samples and between molecules within a sample and estimates may differ between methods of measurement*.
- Şahin, F. H. (2010). Domates kurutmada farklı yöntemlerin karşılaştırılması.
- Tahmouzi, S., Meftahizadeh, H., Eyshi, S., Mahmoudzadeh, A., Alizadeh, B., Mollakhalili-Meybodi, N., & Hatami, M. (2023). Application of guar (Cyamopsis tetragonoloba L.) gum in food technologies: A review of properties and mechanisms of action. *Food Science & Nutrition*.
- Takeoka, G. R., Dao, L., Flessa, S., Gillespie, D. M., Jewell, W. T., Huebner, B., ... & Ebeler, S. E. (2001). Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 3713-3717.
- Tan, S., Ke, Z., Chai, D., Miao, Y., Luo, K., & Li, W. (2021). Lycopene, polyphenols and antioxidant activities of three characteristic tomato cultivars subjected to two drying methods. *Food Chemistry*, 338, 128062.
- Taşan, N. T., & Akpınar, Ö. (2020). Greyfurt Kabuklarından Mikrodalga Destekli Pektin Ekstraksiyonu ve Ekstraksiyon Koşullarının Optimizasyonu. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(7), 1528-1535.
- TEPGE. (2023). Tarım Ürünleri Piyasaları. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2023-Temmuz%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/DOMATES%20T%C3%9CP%20HAZ%C4%B0RAN%202023-TEPGE.pdf>, [18.08.2023]
- Tomas, M., Beekwilder, J., Hall, R. D., Simon, C. D., Sagdic, O., & Capanoglu, E. (2018). Effect of dietary fiber (inulin) addition on phenolics and in vitro bioaccessibility of tomato sauce. *Food Research International*, 106, 129-135.
- Tomas, M., Rocchetti, G., Ghisoni, S., Giuberti, G., Capanoglu, E., & Lucini, L. (2020). Effect of different soluble dietary fibres on the phenolic profile of

- blackberry puree subjected to in vitro gastrointestinal digestion and large intestine fermentation. *Food Research International*, 130, 108954.
- Türüt, N., & Arkun, G. (2017). The Effect Of Processing Technologies On Lycopene In Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* L.). *International Journal of Food Engineering Research*, 3(1), 17-22.
- Thebaudin, J. Y., Lefebvre, A. C., Harrington, M., & Bourgeois, C. M. (1997). Dietary fibres: nutritional and technological interest. *Trends in Food Science & Technology*, 8(2), 41-48.
- Ulu, H. (2006). Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. *Food Chemistry*, 95(4), 600-605.
- Uribarri, J., Woodruff, S., Goodman, S., Cai, W., Chen, X. U. E., Pyzik, R., ... & Vlassara, H. (2010). Advanced glycation end products in foods and a practical guide to their reduction in the diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(6), 911-916.
- USDA. (2020). U.S. Department Of Agriculture. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170457/nutrients> , [18.08.2023]
- van der Lugt, T., Venema, K., van Leeuwen, S., Vrolijk, M. F., Opperhuizen, A., & Bast, A. (2020). Gastrointestinal digestion of dietary advanced glycation endproducts using an in vitro model of the gastrointestinal tract (TIM-1). *Food & Function*, 11(7), 6297-6307.
- Vercellotti, J. R., St. Angelo, A. J., & Spanier, A. M. (1992). Lipid oxidation in foods: An overview.
- Vitali, D., Dragojević, I. V., & Šebečić, B. (2009). Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. *Food chemistry*, 114(4), 1462-1469.
- Vlassara, H., Uribarri, J., Cai, W., & Striker, G. (2008). Advanced glycation end product homeostasis: exogenous oxidants and innate defenses. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1126(1), 46-52.
- Wang, A., Wu, L., & Li, X. (2013). Optimization of ultrasonic-assisted preparation of dietary fiber from corn pericarp using response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(12), 2922-2926.
- Wang, T., Zhang, M., Fang, Z., Liu, Y., & Gao, Z. (2016). Rheological, textural and flavour properties of yellow mustard sauce as affected by modified starch, xanthan and guar gum. *Food and Bioprocess Technology*, 9, 849-858.
- Wang, Y., & Ho, C. T. (2012). Flavour chemistry of methylglyoxal and glyoxal. *Chemical Society Reviews*, 41(11), 4140-4149.
- Wei, Q., Liu, T., & Sun, D. W. (2018). Advanced glycation end-products (AGEs) in foods and their detecting techniques and methods: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 82, 32-45.

- Willats, W. G., McCartney, L., Mackie, W., & Knox, J. P. (2001). Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant molecular biology*, 47, 9-27.
- Wójtowicz, A., Zalewska-Korona, M., Jablonska-Rys, E., Skalicka-Wozniak, K., & Oniszczyk, A. (2018). Chemical characteristics and physical properties of functional snacks enriched with powdered tomato. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 68(3).
- Wu, C. H., Huang, S. M., Lin, J. A., & Yen, G. C. (2011). Inhibition of advanced glycation endproduct formation by foodstuffs. *Food & function*, 2(5), 224-234.
- Yagci, S., Caliskan, R., Gunes, Z. S., Capanoglu, E., & Tomas, M. (2022). Impact of tomato pomace powder added to extruded snacks on the in vitro gastrointestinal behaviour and stability of bioactive compounds. *Food Chemistry*, 368, 130847.
- Yaman, M. ve Mızrak, Ö. F. (2019). Determination and evaluation of in vitro bioaccessibility of the pyridoxal, pyridoxine, and pyridoxamine forms of vitamin B6 in cereal-based baby foods. *Food Chemistry*, 298(June). doi:10.1016/j.foodchem.2019.125042
- Yaman, M. (2021). İleri glikasyon son ürünlerinin (ages) öncüllerinin in Vitro biyoerişilebilirliklerinin bazı gıdalarda belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 598-604.
- Yaman, M., Demirci, M., Ede-Cintesun, E., Kurt, E., & Mızrak, Ö. F. (2022). Investigation of formation of well-known AGEs precursors in cookies using an in vitro simulated gastrointestinal digestive system. *Food Chemistry*, 373, 131451.
- Yegrem, L., & Ababele, L. (2022). Pretreatments, dehydration methods and packaging materials: effects on the nutritional quality of tomato powder. *Austin J. Nutri Food Sci*, 102, 1167.
- Yılmaz, B., & Karabudak, E. (2016). Besinlerdeki ileri glikasyon son ürünleri ve azaltma yöntemleri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 44(3), 280-288.
- Yılmaz, B., & Karabudak, E. (2018). Diyet kaynaklı ileri glikasyon son ürünleri ve sağlık üzerine etkileri. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, (4), 349-356.
- Yılmaz, T. (2021). Farklı Bisküvi Çeşitlerinde İleri Glikasyon Son Ürünlerinin Öncüllerinin Hplc İle Belirlenmesi (Master's thesis, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi).
- Zawada, A., Machowiak, A., Rychter, A. M., Ratajczak, A. E., Szymczak-Tomczak, A., Dobrowolska, A., & Krela-Kaźmierczak, I. (2022). Accumulation of advanced glycation end-products in the body and dietary habits. *Nutrients*, 14(19), 3982.

Zhang, Y., Liao, J., & Qi, J. (2020). Functional and structural properties of dietary fiber from citrus peel affected by the alkali combined with high-speed homogenization treatment. *Lwt*, 128, 109397.



ÖZGEÇMİŞ

A. KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Esranur SEYYAR

Yabancı Dili: İngilizce, Arapça

B. EĞİTİM

Yüksek Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, 2020

Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Gıda Mühendisliği (İng.), 2015

C. Bildiriler

1. Seyyar, E., Tomas, M. (2023). “Biyoaktif bileşiklerin glikasyon ürünleri üzerine etkisi”, 6th International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences, 11-13 Mart 2023, Ankara, Türkiye