

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ISIL İŞLEM UYGULAMALARININ SOĞANDA MAİLLARD
REAKSİYONU ÜRÜNLERİNİN OLUŞUMUNA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hatice YETİŞ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gökhan DURMAZ

OCAK 2022

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ISIL İŞLEM UYGULAMALARININ SOĞANDA MAİLLARD
REAKSİYONU ÜRÜNLERİNİN OLUŞUMUNA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hatice YETİŞ
(36183620006)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gökhan DURMAZ

OCAK 2022

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Lisansüstü eğitimim ve tez çalışmamın her aşamasında kıymetli görüş ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim değerli danışmanım Sayın Prof.Dr. Gökhan DURMAZ'a;

Tez kapsamında serbest amino asit, akrilamid ve furozin analizlerinin yürütülmesinde desteklerini esirgemeyen başta Dr.Öğr.Üyesi Tolgahan KOCADAĞLI ve Prof.Dr. Vural GÖKMEN olmak üzere Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne;

Tez süreci boyunca tecrübelerini paylaşarak desteğini esirgemeyen Doç. Dr. Sibel ULUATA, Dr.Öğr.Üyesi Tuğçe BİLENLER ve Öğr. Gör. Tamer ARSLAN'a;

Tez süreci boyunca desteklerini hep hissettiğim değerli çalışma arkadaşlarım Arş. Gör. Fatma BOZANOĞLU, Zeynep Merve ABACI, Yunus İZCİ, Bahar ER, Şeyma GÜL ve Muayid ALMUHAMMED'e;

Eğitim hayatım boyunca daima beni destekleyen, bu süreçte bana sonsuz bir sabır gösteren ve hayatımın her anında yanımda oldukları için kendimi çok şanslı hissettiğim canım AİLEM ve sevgili KUZENLERİM'e

Ayrıca bu tez çalışmasını FYL-2020-2041 kodlu proje ile destekleyen İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne

Tüm içtenliğimle teşekkür ediyorum.

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Farklı Isıl İşlem Uygulamalarının Soğanda Maillard Reaksiyonu Ürünlerinin Oluşumuna Etkisinin Araştırılması” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Hatice YETİŞ



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER	3
2.1 Soğanın Bileşimsel Özellikleri ve Sınıflandırılması.....	3
2.2 Gıdalara Uygulanan Isıl İşlemler	7
2.2.1 Maillard reaksiyonları.....	8
2.2.2 Karamelizasyon	9
2.3 Isıl İşlem Bulaşanları	9
2.3.1 HMF.....	9
2.3.2 Akrilamid	11
2.3.3 Furozin	13
3. KAYNAK ÖZETLERİ	15
4. MATERYAL VE YÖNTEM	17
4.1 Materyal	17
4.1.1 Kullanılan kimyasallar	17
4.1.2 Kullanılan alet ekipman ve cihazlar	17
4.2 Yöntem.....	18
4.2.1 Soğan örneklerinin hazırlanması	18
4.2.2 Yağ analizi	18
4.2.3 Toplam kuru madde analizi	18
4.2.4 pH ölçümü	18
4.2.5 Serbest amino asit analizi	18
4.2.6 Şeker analizi.....	19
4.2.7 Akrilamid analizi	20
4.2.8 Furozin analizi	20
4.2.9 HMF ve furanik bileşen analizi	20
4.2.10 Kuersetin ve kuersetin glikozitlerinin belirlenmesi	21
4.3 İstatistiksel Analiz.....	21
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	23
5.1 Örneklerin Hazırlanması.....	23
5.2 Yağ Miktarı.....	25
5.3 Kuru Madde Miktarı	26
5.4 pH Değeri.....	27
5.5 Serbest Amino Asit Profili.....	27
5.6 Şeker Analizi.....	32
5.7 Akrilamid	40
5.8 Furozin	43
5.9 HMF ve Furanik Bileşenler	48
5.10 Kuersetin ve Kuersetin Glikozitlerinin Belirlenmesi.....	53
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR.....	64
EKLER	73



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 : Soğanın bileşim özellikleri (100 g çiğ).....	5
Çizelge 5.1 : Isıl işlem uygulama süresi ve ısıtım düzeyleri.	23
Çizelge 5.2 : Kızartma işlemi uygulanan örneklerin % yağ değerleri.	25
Çizelge 5.3 : Örneklerin % KM değerleri.	26



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 : Soğan çeşitleri.....	3
Şekil 2.2 : Dünyada yıllara göre soğan üretimi ve ekim alanı.	3
Şekil 2.3 : Türkiyede yıllara göre soğan üretimi ve ekim alanı.	4
Şekil 2.4 : Kuersetin ve kuersetin glikozitleri.....	6
Şekil 2.5 : Maillard reaksiyonlarının şematik gösterimi.	8
Şekil 2.6 : HMF'nin kimyasal yapısı.	10
Şekil 2.7 : HMF oluşumu.....	10
Şekil 2.8 : Akrilamid'in kimyasal yapısı.	12
Şekil 2.9 : Akrilamid oluşum mekanizması.	12
Şekil 2.10 : Furozin'in kimyasal yapısı.	13
Şekil 2.11 : Furozin oluşum mekanizması.	13
Şekil 5.1 : Çiğ mor soğan ve farklı ısı işlem uygulanan mor soğan örnekleri.....	23
Şekil 5.2 : Çiğ sarı soğan ve farklı ısı işlem uygulanan sarı soğan örnekleri.	24
Şekil 5.3 : Çiğ beyaz soğan ve farklı ısı işlem uygulanan sarı soğan örnekleri.....	24
Şekil 5.4 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısı işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde asparajin içeriğinin değişimi.	28
Şekil 5.5 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısı işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde lizin içeriğinin değişimi.....	29
Şekil 5.6 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısı işlemler uygulaması sonrası asparajin içeriğinin değişimi.	30
Şekil 5.7 : Beyaz(A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısı işlemler uygulaması sonrası lizin içeriğinin değişimi.....	31
Şekil 5.8 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısı işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde fruktoz içeriğinin değişimi.	33
Şekil 5.9 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısı işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde glukoz içeriğinin değişimi.....	34
Şekil 5.10 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısı işlemler uygulaması sonrası fruktoz içeriğinin değişimi.....	35
Şekil 5.11 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısı işlemler uygulaması sonrası glukoz içeriğinin değişimi.....	36
Şekil 5.12 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısı işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde sakkaroz içeriğinin değişimi.....	37
Şekil 5.13 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısı işlemler uygulaması sonrası sakkaroz içeriğinin değişimi.	38
Şekil 5.14 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısı işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde akrilamid içeriğinin değişimi.	41
Şekil 5.15 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısı işlemler uygulaması sonrası akrilamid içeriğinin değişimi.	42
Şekil 5.16 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısı işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde furozin içeriğinin değişimi.	44
Şekil 5.17 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısı işlemler uygulaması sonrası furozin içeriğinin değişimi.....	46
Şekil 5.18 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısı işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde HMF içeriğinin değişimi.	49
Şekil 5. 19 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısı işlem uygulaması sonrası HMF içeriğinin değişimi.	50
Şekil 5. 20 : Fırınlanan sarı soğan örneklerinde HMF içeriğinin değişimi.....	51
Şekil 5. 21 : Sarı (A) ve beyaz (C) soğan örneklerine ait kromotogram.....	54

Şekil 5.22 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısıt işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde QMG içeriğinin değışimi.	55
Şekil 5.23 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısıt işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde QDG içeriğinin değışimi.	56
Şekil 5.24 : Sarı (A-C) ve mor soğan (B-D) örneklerine farklı ısıt işlem uygulaması sonrası QMG ve QDG içeriğinin değışimi.	57
Şekil 5.25 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısıt işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde Q içeriğinin değışimi.	58
Şekil 5.26 : Sarı (A) ve mor soğan (B) farklı ısıt işlem uygulaması sonrası Q içeriğinin değışimi.....	59



SEMBOLLER VE KISALTMALAR

TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
% KM	: Yüzde Kuru Madde
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (High Performance Liquid Chromatography)
LC-MS/MS	: Sıvı Kromatografisi / Kütle Spektrometresi/ Kütle Spektrometresi
rpm	: Dakikada devir sayısı (revolution per minute)
µg	: Mikrogram
µl	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre
KZ	: Kızartma
F	: Fırınlama
MD	: Mikrodalga
ACR	: Akrilamid
TFA	: Trifloroasetik asit
HMF	: 5-hidroksimetilfurfural
2-AF	: 2-Acetylfuran
2-FC	: 2-Furoic acid
5-MF	: 5-Methylfurfural
Asn	: Asparajin
Lys	: Lizin
Q	: Kuersetin
QMG	: Kuersetin 4'-glikozit (Quercetin 4'-glucoside)
QDG	: Kuersetin 3,4'-diglikozit (Quercetin 3,4'-diglucoside)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI ISIL İŞLEM UYGULAMALARININ SOĞANDA MAİLLARD REAKSİYONU ÜRÜNLERİNİN OLUŞUMUNA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Hatice YETİŞ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

76+X sayfa

2022

Danışman: Prof. Dr. Gökhan DURMAZ

Maillard ve karamelizasyon reaksiyonları, gıdaların farklı şekillerde işlenmesi sırasında en sık görülen reaksiyonlar olarak kabul edilmektedir. 5-Hidroksimetilfurfural (HMF) ve akrilamid gibi bu reaksiyonlar sırasında ortaya çıkan ve sağlığa olumsuz etkileri olduğu bilinen bileşikler ısıl işlem indikatörü olarak kabul edilmektedir. Bu tez kapsamında sarı, mor ve beyaz soğan örneklerine mikrodalga ısıtma (3, 5, 7 dk), fırınlama (20, 30, 40 dk) ve kızartma (3, 7, 9 dk) işlemleri uygulanmış ve HMF, 2-asetilfuran (2-AF), 2-furoik asit (2-FC), 5-metilfurfural (5-MF), furfural, akrilamid ve furozin oluşumu üzerine etkileri araştırılmıştır. Numunelerin kuersetin (Q), kuersetin 3,4'-diglikozit (QDG), kuersetin 4'-glikozit (QMG), şeker (sakkaroz, glukoz ve fruktoz) ve serbest amino asit (20 çeşit) içeriklerindeki değişimler de belirlenmiştir.

Isıl işlem süresi arttıkça tüm örneklerde şeker ve amino asit içeriği azalmıştır. Hemen hemen tüm ısıl işlem görmüş numunelerde HMF ve akrilamid tespit edilmiş ve bu bileşiklerin miktarı ısıl işlem süresinin artmasına paralel olarak artmıştır. Furfural, yüksek düzeyde fırınlanan ve mikrodalga uygulanan tüm numunelerde tespit edilirken, 5-MF ise bunların yalnızca bazılarında tespit edilmiştir. 2-AF ve 2-FC ise örneklerin hiçbirinde tespit edilememiştir. Furozin içeriği genel olarak ısıl işlem süresi arttıkça artış göstermesine rağmen, ısıl işlemlerin ileri aşamalarında azaldığı gözlenmiştir. Soğan örneklerinin Q, QDG ve QMG miktarlarının ısıl işlem düzeyine bağlı olarak arttığı ancak ileri düzeyde ısıl işlem ile Q, QDG ve QMG bir miktar azaldığı görülmüştür.

Sonuç olarak, bu çalışma ile soğan örneklerinin pişirilmesi sırasında önemli miktarda ısıl işlem bulaşanının oluşabileceği gözlemlenmiştir. Soğan çeşidi ile birlikte ısıl işlemin tür ve süresinin, bu bileşiklerin mevcudiyetinde ve konsantrasyonunda etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Soğan, Isıl işlem, Akrilamid, 5-Hidroksimetilfurfural, Furozin,

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT HEAT TREATMENTS ON THE FORMATION OF MAILLARD REACTION PRODUCTS IN ONION

Hatice YETİŞ

Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

76+X page

2022

Supervisor: Prof. Dr. Gökhan DURMAZ

Maillard and caramelization reactions are considered to be the most common side reactions during the processing of foods in various ways. Compounds such as 5-hydroxymethylfurfural (HMF), acrylamide, which appear in the course of those reactions have negative effects on health, are recognized as heat treatment indicators. Within the scope of this thesis, microwave heating (3, 5, 7 min), baking (20, 30, 40 min) and frying (3, 7, 9 min) processes were applied to yellow, purple and white onion bulb samples and The formation of HMF, 2-acetylfuran (2-AF), 2-furoic acid (2-FC), 5-methylfurfural (5-MF), furfural, acrylamide and furosine was studied. The changes in the quercetin (Q), quercetin 3,4'-diglycoside (QDG), quercetin 4'-glycoside (QMG), sugar and free amino acid contents of the samples were also determined.

As the heat treatment time increased, the sugar and amino acid content decreased in all samples. HMF and acrylamide were detected in almost all heat treated samples and the content of these compounds was increased with increase in the intensity of the heat treatment. Furfural was detected in all intensely heat-treated samples, while 5-MF was detected just in some of those samples. On the other hand 2-AF and 2-FC could not be detected in any of the samples. Although the furosine content generally increased as the heat treatment time increased, it was observed that it decreased during advance stages of the heat treatments. It was observed that the Q, QDG and QMG contents of onion samples increased as the heat treatment intensity increased, while the contents decreased with further heat treatment.

As a result, with this study it was observed that significant amount of thermal process contaminant could be formed during onion bulb cooking. The type of the heat process and time along with onion cultivar are all effective in the presence and concentration of those compounds.

Keywords: Onion, Heat treatment, Acrylamide, 5-hydroxymethylfurfural, Furosine

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun ateşi keşfetmesinden bu yana farklı pişirme teknikleri, beslenme kültürünün ayrılmaz bir parçası olmuştur. Haşlama, közleme, fırınlama, kızartma gibi birçok farklı ısıtma işlem türü, gıdalarda bazen aroma, tekstür ve rengin gelişimini sağlamak, tüketilebilirliği arttırmak bazen de su miktarını azaltarak dayanımını arttırmak gibi amaçlarla uygulanmaktadır. Uygulanan ısıtma işlemleri sonucunda, istenen özelliklerin gıdalara kazandırılması sırasında istenmeyen bazı bileşikler de ortaya çıkabilmektedir. Isıtma işlemi sonrası oluşabilecek bileşiklere HMF ve akrilamid örnek olarak verilebilir.

Soğan (*Allium cepa* L.), Alinaceae familyasının ekonomik olarak oldukça önemli bir türü olup besinsel kaynak olarak kullanılmasının yanı sıra içerdiği bileşenler nedeniyle tıbbi ve fonksiyonel özellikleri de olan önemli bir sebzedir (Rodríguez Galdón ve diğ., 2009). Soğanın bileşiminde su (%89,1), karbonhidrat (%9,3), protein (%1,1), yağ (%0,1) vitamin, mineral ve kükürtlü bileşikler bulunmaktadır. Bunun yanı sıra soğan flavonoidler bakımından oldukça zengin bir kaynak olup soğandaki başlıca flavonoidler kuersetin, mirisetin ve kampferol olarak sıralanabilir (Nile ve Park, 2014).

Soğan tüm dünya mutfaklarının olduğu gibi Türk mutfağının da vazgeçilmez öğelerinden biridir. Soğan yemeklerde bileşen olarak yoğun kullanılmasının yanı sıra endüstride çorba ve soslarda aroma verici olarak da kullanılmaktadır. Tüketim amacına göre kızartma, fırınlama, közleme vb. ısıtma işlemleri uygulanmaktadır.

Pişirme sırasında sebzelerdeki karbonil grupları (C vitamini, oksitlenmiş lipidler, vb.) veya indirgen bir şekerin karbonil grupları ile bir protein, amino asit veya peptidin serbest amino grubu reaksiyona girdiği için, Maillard reaksiyonunun duyuşal olduğu kadar bileşimsel değişikliği de neden olduğu kabul edilir (Perez-Burillo ve diğ., 2019a). Isıtma işlemleri ve depolama sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonunun gelişimini kontrol etmek için farklı kimyasal göstergeler kullanılmıştır (Rada Mendoza ve Garci, 2004). Furozin, Amadori bileşiklerinin asidik hidrolizinin bir ürünüdür ve organoleptik değişikliklerin henüz meydana gelmediği Maillard reaksiyonunun ilk aşamalarının bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Öte yandan, 5-hidroksimetilfurfural (HMF), Maillard reaksiyonunun ara aşamalarında oluştuğundan orta düzeyde gelişmiş Maillard reaksiyonunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Rufian-Henares ve Cueva, 2008).

Melanoidinler ise ileri düzey Maillard reaksiyonu göstergesi bileşiklerdir ve renk esmerleşmesinden birinci dereceden sorumludurlar (Starowicz ve Zieliński, 2019).

Soğan önemli düzeyde inülin içermekte ve fruktoz polimeri olan inülinin çeşitli nedenlerle parçalanması sonucu serbest fruktoz ve diğer kısa zincirli fruktooligosakkaritlerin oluştuğu düşünülmektedir. Soğanın çeşitli pişirilme işlemleri sırasında yapısında bulundurduğu şekerlerin ve aminoasitlerin Maillard reaksiyonları vermesi veya karamelizasyon reaksiyonları sonucu şekerlerin su kaybetmesi yoluyla çeşitli furanik bileşiklerin oluşabileceği öngörülmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı temelde HMF başta olmak üzere furanik bileşikler ve akrilamid oluşumunda soğan çeşidi, ısıtma işlemi ve ısıtma süresinin etkisini belirlemektir. Bu amaçla sarı, mor ve beyaz soğan örneklerine mikrodalga, fırınlama ve kızartma işlemleri üç farklı süre boyunca uygulanarak oluşan bileşiklere etkisi incelenmiştir. Hazırlanan örnekler ve çiğ soğan örneklerinin kuru madde (KM) içeriği % olarak belirlenmiş, analiz sonuçları toplam KM üzerinden verilmiştir. Örneklerin HMF akrilamid, furozin içeriği, serbest amino asit ve şeker profili, kuersetin ve kuersetin glikozit içeriği kromatografik metotlarla belirlenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

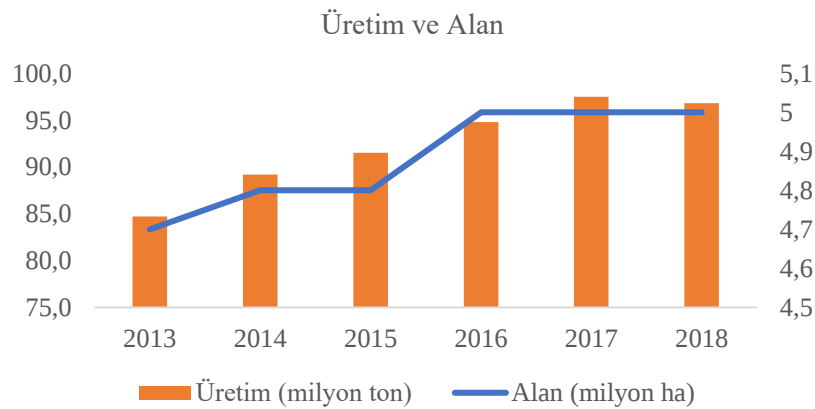
2.1 Soğanın Bileşimsel Özellikleri ve Sınıflandırılması

Soğan, *Amaryllidaceae* ailesinin *Allium* cinsinin bir üyesi olup yakın akrabaları arasında sarımsak, frenk soğanı (şiniklav) ve pırasa bulunmaktadır (Bernaert ve diğ, 2013; García-Herrera ve diğ, 2014; Sidhu ve diğ, 2019).

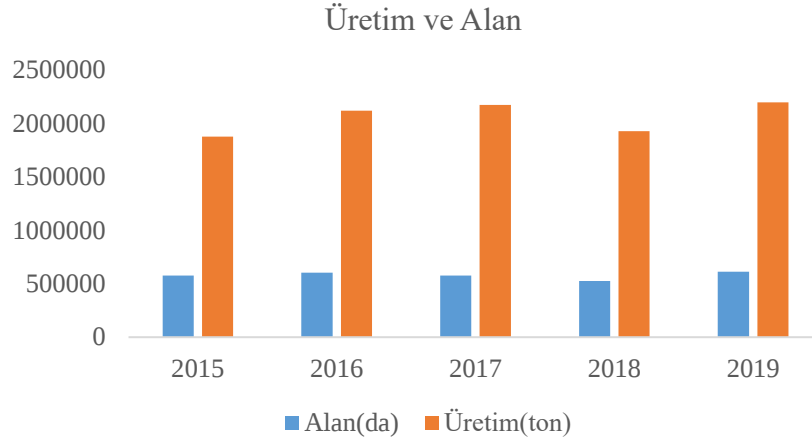


Şekil 2.1 : Soğan çeşitleri.

Soğan (*Allium cepa* L.), 4000 yıldan daha eskiye dayanan ekim kayıtları ile bilinen eski kültür bitkilerinden biridir. Yılda 66–85,7 milyon ton civarında tahmini toplam üretimle, dünya çapında domatesten sonra en çok yetiştirilen ikinci sebzedir ve ülkemizin de yer aldığı 170'den fazla ülkede ticari olarak yetiştirilmektedir (Bahram-Parvar ve Lim, 2018); Petropoulos ve diğ, 2017; Campone ve diğ, 2018).



Şekil 2.2 : Dünyada yıllara göre soğan üretimi ve ekim alanı (Anonim¹).



Şekil 2.3 : Türkiyede yıllara göre soğan üretimi ve ekim alanı (Anonim¹).

Dünya çapında soğan üretiminde Çin %25,56, Hindistan %21,93, ABD %3,58 Mısır %2,84, İran %2,39, Rusya Federasyonu %2,25, Türkiye %2,02, Pakistan %1,97 Brezilya %1,87 ve Hollanda %1,56’lık üretim payına sahiptir. Bu ülkeler 58,35 milyon ton kuru soğan üreterek dünya soğan üretimine %65,97 oranında katkıda bulunurken soğanın %90’dan fazlası üretim yapılan ülkelerde tüketilmektedir (K.Khokhar, 2019). TÜİK 2018-2019 verilerine göre ülkemizde yaygın olarak tüketilen sebzelerin başında gelen soğanın kişi başı yıllık tüketimi 21,7 kg’dır (Anonim¹).

Dünya çapındaki gen bankalarında yaklaşık 13.000 soğan çeşidinin kayıtlı olduğu bildirilmiştir (Böttcher ve diğ, 2018). Soğan çeşitleri, depolama ömrü, kabuk rengi ve bileşim özellikleri bakımından farklılık göstermektedir. Türkiye’de yetiştirilen başlıca soğan çeşitlerine; Çorum, Akgün 12 ve Kantartopu örnek olarak verilebilir (Pareek ve diğ, 2017).

Yaygın olarak üretilen soğan çeşitleri genel olarak kırmızı/mor, sarı/kahverengi ve beyaz olmak üzere üç grupta toplanabilir (Ferioli ve Antuono, 2016; Bahram-Parvar ve Lim, 2018).

Çizelge 2.1 : Soğanın bileşim özellikleri (100 g çiğ) (USDA, 2019).

Bileşen	Miktar	Birim	Bileşen	Miktar	Birim
Su	89,11	g	Triptofan	0,014	g
Enerji	166	kJ	Treonin	0,021	g
Protein	1,1	g	Izölosin	0,014	g
Toplam lipid	0,1	g	Lösin	0,025	g
Kül	0,35	g	Lizin	0,039	g
Karbonhidrat	9,34	g	Metionin	0,002	g
Lif, toplam diyet	1,7	g	Sistein	0,004	g
Sakkaroz	0,99	g	Fenilalanin	0,025	g
Glukoz	1,97	g	Tirozin	0,014	g
Fruktoz	1,29	g	Valin	0,021	g
Kalsiyum	23	mg	Arjinin	0,104	g
Demir	0,21	mg	Histidin	0,014	g
Magnezyum	10	mg	Alanin	0,021	g
Fosfor	29	mg	Aspartik asit	0,091	g
Potasyum	146	mg	Glutamik asit	0,258	g
Sodyum	4	mg	Glisin	0,025	g
Çinko	0,17	mg	Prolin	0,012	g
Bakır	0,039	mg	Serin	0,021	g
Selenyum	0,5	µg			
Vitamin C	7,4	mg			

Şekerler, sebzelere tat ve lezzet veren bileşenlerdendir. Soğandaki toplam şeker içeriği %5,2-%9,0 aralığında değişmektedir. Soğanın iç kısımları fruktanlar, glukoz ve fruktoz bakımından zenginken, kabuk kısmı galaktoz ve arabinoz açısından zengindir (Fredotović ve diğ, 2020). Mor soğan çeşitlerinin daha yüksek fruktoz ve glukoz içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Rodrigues A S ve diğ, 2003). Soğandaki şeker içeriği sakkaroz, fruktoz ve glukozun üretim ve tüketimine ek olarak fruktanların dönüşümüne ve çeşitli metabolik faaliyetlerde kullanılan mono ve disakkaritlerin metabolik dönüşümlerine bağlı olarak değişebilmektedir (Malik ve diğ, 2020). Soğanın kuru maddesinin yaklaşık %65-80'i yapısal olmayan karbonhidratlardan ve fruktanlardan oluşmaktadır. Fruktooligosakkaritler (FOS) olarak da bilinen fruktanlar, soğanın ana karbonhidrat içeriğini oluşturan çeşitli moleküler boyutta polifruktozil sükrozlardır. Soğandaki fruktan polimerizasyon derecesi ise (DP) çoğunlukla 3-15 arasındadır (Ansar ve diğ, 2015).

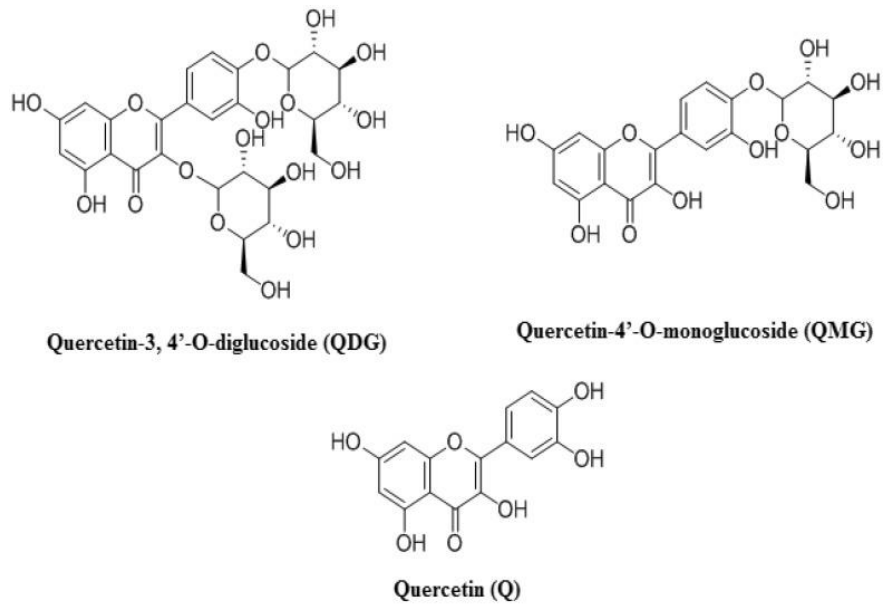
Soğan yapısındaki amino asitlerin duyuşsal tepkiye ve 'umami' adı verilen karakteristik tada katkıda bulunduğu bilinirken soğan sınırlı sayıda amino asit içeriğine sahiptir. Serbest amino asitler sadece protein oluşumunda yer almaz, aynı zamanda *Allium*

türlerinin besin değerine katkıda bulunan önemli bir azot kaynağıdır (Fredotović ve diğ, 2020). Soğanda serbest amino asit içeriği farklılık göstermekle beraber glutamik asit ve arjinin en bol bulunan iki amino asittir (Hansen, 2001; E. J. Lee ve diğ, 2009). Metionin ve sistein ise soğandaki minör amino asitlerdir (Sami ve diğ, 2021).

Soğan flavonoidlerce zengin kaynaklardan biri olup flavonoidlerin alımına büyük ölçüde katkıda bulunur. Soğandaki flavonoidler başlıca; bazı çeşitlere kırmızıdan mora kadar renk veren antosiyaninler ve farklı çeşitlerin sarı ve kahverengi kabuklarından sorumlu kuersetin ve türevleri olarak iki alt grupta toplanabilir (Griffiths ve diğ, 2002).

Antosiyaninler, suda çözünür pigmentlerin en büyük grubu olup meyve, sebze, çiçek ve diğer bitki doku veya ürünlerinin kırmızı, mavi ve mor renklerinin çoğundan sorumludurlar (Mazza ve diğ, 2004). Kırmızı soğanda en az 25 farklı antosiyanin tanımlanmış olup antosiyanin içeriğinin ise toplam flavonoid içeriğinin yaklaşık %10'u veya taze ağırlığın 39-240 mg/kg'ı olduğu bildirilmiştir (E. J. Lee ve diğ, 2015).

Kuersetin 3,4'-diglikozit (QDG) ve kuersetin 4'-glikozit (QMG) literatürde başlıca soğan flavonoidleri olarak bildirilirken, bu flavonoidler aynı zamanda farklı Allium türlerindeki toplam içeriğin yaklaşık %90'ını temsil etmektedir (Bonaccorsi ve diğ, 2008). Mor soğan çeşitlerinin daha yüksek kuersetin ve kuersetin glikozit içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (A. Nile ve diğ, 2021; Cattivelli vd., 2021).



Şekil 2.4 : Kuersetin ve kuersetin glikozitleri.

Soğanın antioksidan, antimikrobiyal ve antidiyabetik aktivite gibi farklı biyolojik özellikleri de bildirilmiştir (Marrelli ve diğ, 2019). Soğan içerdiği fitokimyasalların tüketimi ile çeşitli dokularda kanser görülme sıklığının azaltılması, vasküler ve kalp hastalıklarının önlenmesi, nörodejeneratif bozukluklar ve katarakt oluşumunun azaltılmasında rol oynamaktadır (Kaur ve diğ, 2009). Soğanın sağlık yararı olan fitokimyasalları arasında, flavonoidler, fruktanlar ve organosülfürlü bileşikler en önemli gruplardır (Albishi ve diğ, 2013).

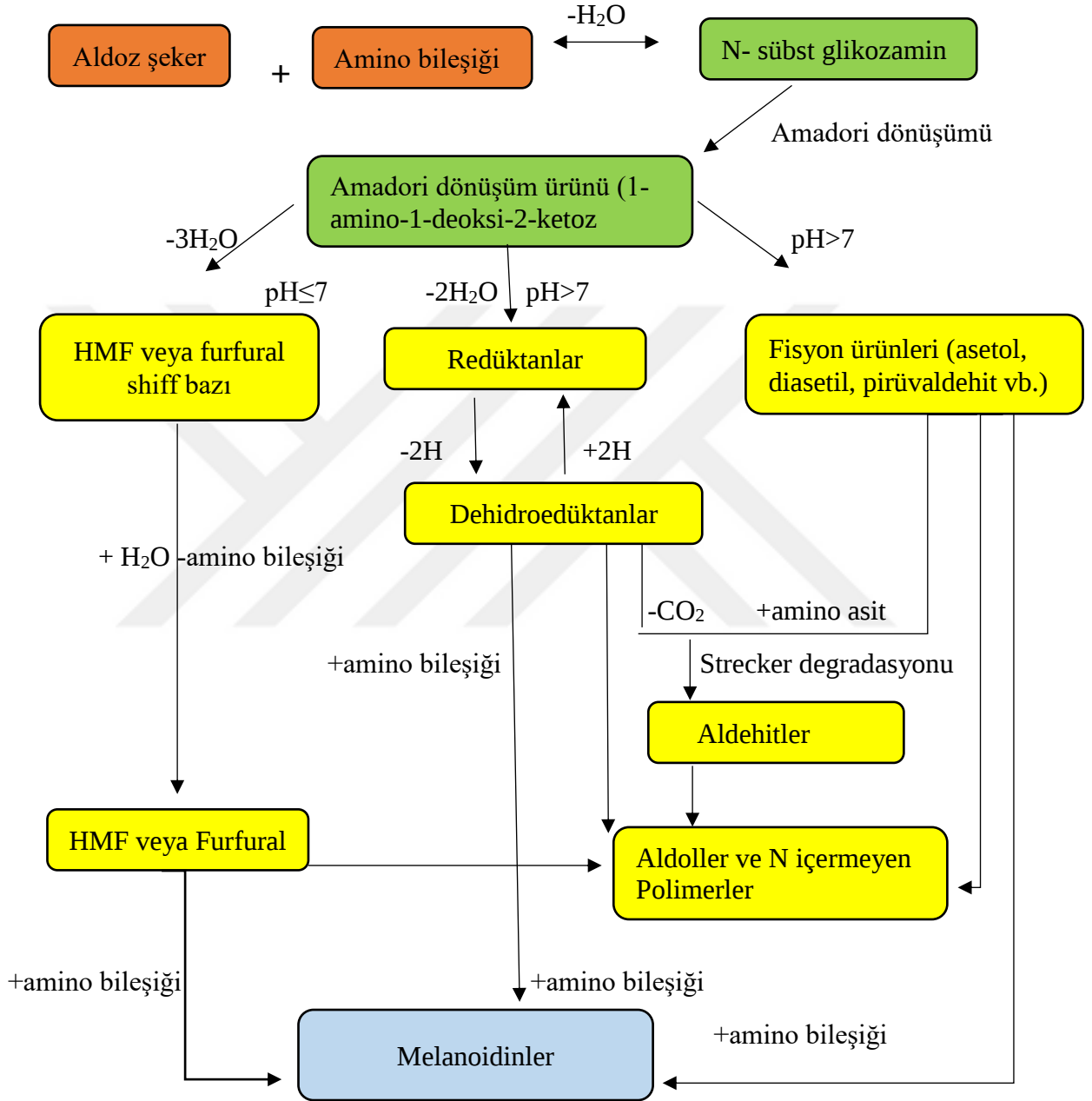
Soğan hem ülkemizde hem de dünya mutfaklarında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Soğan taze olarak veya kurutulmuş toz form gibi işlenmiş formlarda da tüketicilere sunulabilmektedir (Pérez-Gregorio ve diğ, 2011; Khan ve diğ, 2016; Choi ve diğ, 2017; Prokopov ve diğ, 2018; Mang ve diğ, 2019; Piechowiak ve diğ, 2020). Tüketim amacına göre soğana kızartma, fırınlama közleme vb. ısıt işlemlerde uygulanmaktadır.

2.2 Gıdalara Uygulanan Isıl İşlemler

Gıda ürünleri pişirme, fırınlama, kavurma, ekstrüzyonla pişirme, pastörizasyon veya sterilizasyon gibi ısıt işlemlere tabi tutulur. Bu işlemler genellikle istenen duyuşal veya dokusal özellikleri elde etmek veya mikrobiyolojik güvenliğı sağlamak ve enzimatik aktiviteleri ortadan kaldırmak için kullanılır. Isıt işlemlerle ortaya çıkan reaksiyonlar aroma, tat ve renk gibi duyuşal özelliklerin ortaya çıkması için çok önemlidir. Süt veya meyve suları dahil olmak üzere bazı ürün gruplarında, doğal, taze bir görünüm, lezzet ile optimum besin değeri için bu değışikliklerin mümkün olduğunca sınırlı tutulması gerekir. Ancak, bazı ürün gruplarında, belirli ürün kalitesini elde etmek için istenirler. Bu ürünlere örnekler olarak: unlu mamuller, tahıllar, çikolata, kahve, fındık ve ızgara et ürünleri verilebilir (Kowalski ve diğ, 2013). Isıt işlem uygulamalarının sebep olduğu en önemli risk gıdalarda doğal olarak bulunmayan, ancak ısıt işlemler veya muhafaza sırasında ortaya çıkabilen mutajenik, kanserojen ve sitotoksik bileşiklerin oluşumundan kaynaklanmaktadır. Bu bileşiklerin iyi bilinen örnekleri, heterosiklik aminler, nitrozaminler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlardır (Capuano ve Fogliano, 2011). Gıda ürünlerinde ısıt işlem ve depolama sırasında enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları meydana gelebilmektedir. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları temelde Maillard reaksiyonu, karamelizasyon ve askorbik asidin degradasyonu olarak bilinmektedir.

2.2.1 Maillard reaksiyonları

Maillard reaksiyonları glukoz ve glisin arasındaki reaksiyon üzerinde çalışan Fransız kimyager Louis Camille Maillard tarafından 1912'de keşfedilmiştir (Nooshkam ve diğ, 2020).



Şekil 2.5 : Maillard reaksiyonlarının şematik gösterimi (Fu ve diğ, 2020).

Maillard reaksiyonu, karbonhidrat ve protein/peptid içeren gıda ürünlerine ısı işlem uygulanması sırasında en sık görülen yan reaksiyonlardan biri olarak kabul edilmektedir (Spotti ve diğ, 2019). Reaksiyon, indirgen şekerlerin karbonil grupları ile amino asitlerin, peptitlerin veya proteinlerin serbest amino grupları arasında gerçekleşir. İlk reaksiyonlar,

Amadori veya Heyns yeniden düzenleme ürünleri adı verilen erken glikasyon ürünlerinin oluşumuna yol açarken bu bileşiklerin diğer reaksiyonları, aralarında Nε-karboksimetillisin ve 5-hidroksimetilfurfural da bulunan gelişmiş Maillard reaksiyon ürünlerinin oluşumuna neden olur. Reaksiyonun son aşamalarında melanoidinler olarak bilinen kahverengi polimerler oluşur (Starowicz ve Zieliński, 2019).

Maillard reaksiyon ürünleri (MRÜ) tat, renk ve tekstür gibi gıda kalitesi özelliklerini etkileyebilecek çeşitli duyuşal aktif bileşiklerdir. Maillard reaksiyonun son aşamasında karboniller ve aminlerin yoğunlaşmasıyla kahverengi yüksek moleküler ağırlıklı bileşiklerin oluşumuyla ortaya çıkan melanoidinler gıdalarda istenen renk gelişimini sağlamaktadır (Starowicz ve Zieliński, 2019). Furan türevleri ekmek, bisküvi, marmelat, bal ve kahvaltılık gevreklerle tatlı ve karamel aroması verirken kahve, kakao, ekmek ve maltın karakteristik renginden sorumludurlar (Gaspar ve Lopes, 2009).

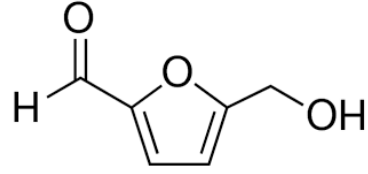
2.2.2 Karamelizasyon

Karamelizasyon, karbonhidratların yüksek sıcaklıklara maruz kalmasıyla meydana gelen bir grup reaksiyonun ortak adıdır. Bu reaksiyonların oluşumu sırasında amino grupları reaksiyonda yer almadığından, Maillard reaksiyonundan farklıdır (Quintas ve diğ., 2007). Maillard reaksiyonu daha hafif koşullar altında gerçekleşebilirken şekerlerin karamelizasyonu ise 120 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleşilir. Gıda ürünleri bu yüksek sıcaklıklara kavurma (180–240 °C) ve fırınlama (160–240 °C) gibi işlemler sırasında ulaşır (Kocadağlı ve Gökmen, 2018). Karamelizasyon reaksiyonu, katalizörlerin (asitler, bazlar, tuzlar veya safsızlıklar) varlığında veya yokluğunda yüksek sıcaklıklarda gerçekleşir. Karamelizasyon sırasında oluşan tipik kahverengi renk, reaksiyon süreci sırasında polimerik ürünlerin üretimine atfedilirken HMF ve furfural bu tür polimerlerin öncüleri olarak bildirilmiştir (Kroh, 1994).

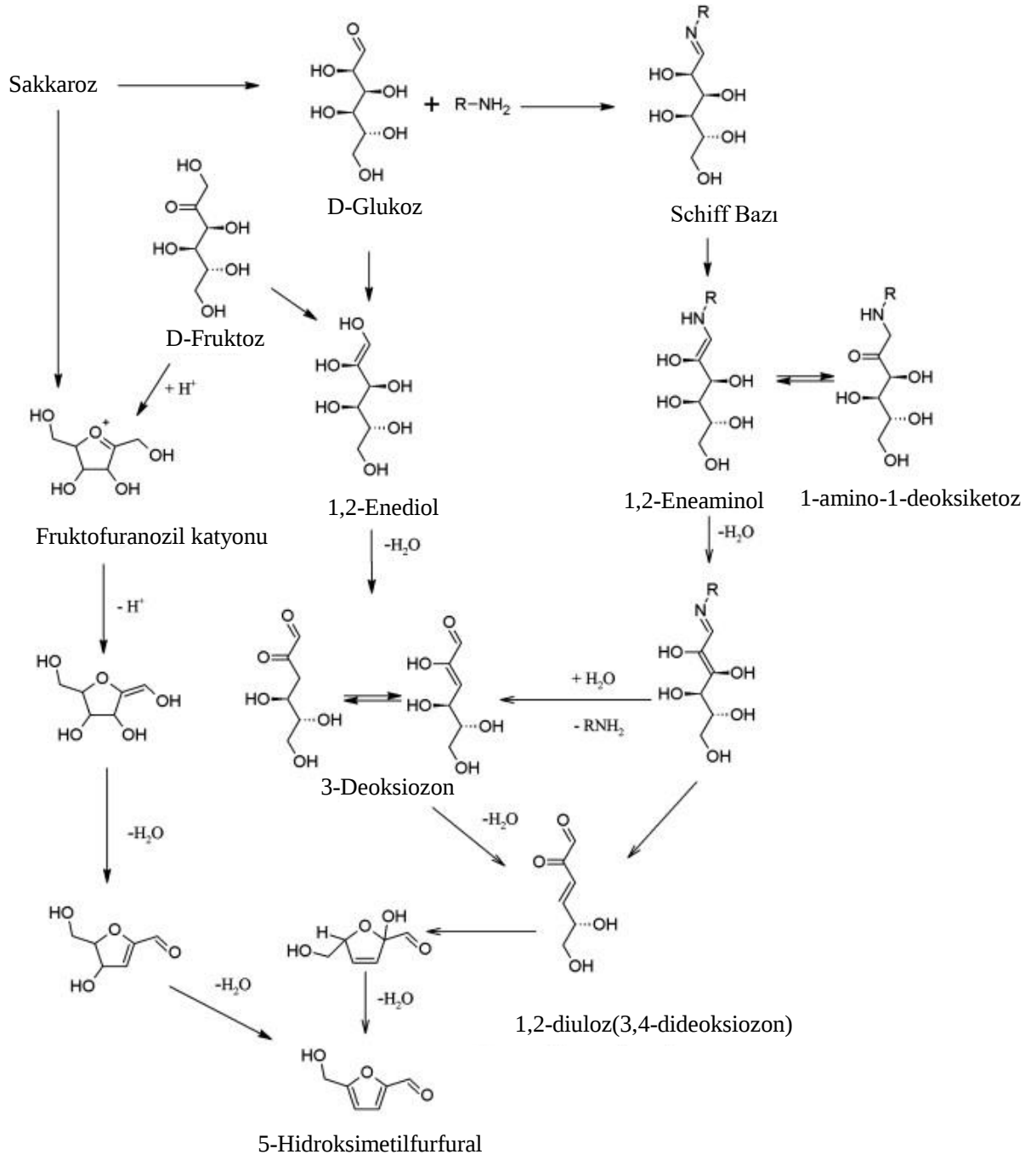
2.3 Isıl İşlem Bulaşanları

2.3.1 HMF

5-Hidroksimetilfurfural (HMF) Maillard reaksiyonunda bir ara ürün olarak veya gıdalara uygulanan ısıt işlemler sırasında asidik koşullar altında şekerlerin doğrudan dehidrasyonundan (karamelizasyon) oluşan furanik bir bileşiktir (Santonicola ve Mercogliano, 2016).



Şekil 2.6 : HMF'nin kimyasal yapısı.



Şekil 2.7 : HMF oluşumu (Capuano ve Fogliano, 2011).

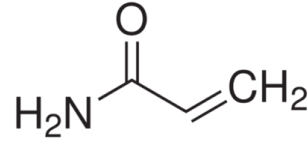
HMF oluşumunda anahtar ara madde olarak bilinen 3-deoksiozon glukoz veya fruktozun, 1,2 enolizasyonu ve dehidrasyonu sonucunda ortaya çıkmaktadır. 3 deoksiozonun daha fazla dehidrasyonu ve siklizasyonu 5-hidroksimetilfurfural verir. Asidik koşullarda, HMF, düşük sıcaklıklarda da oluşabilmekte ancak konsantrasyonu, ısıt işlemler veya depolama sıcaklıkları arttıkça büyük ölçüde artmaktadır (Capuano ve Fogliano, 2011). Araştırmacılar fruktozun HMF oluşumunda glukozdan daha reaktif olduğunu bildirmişlerdir. HMF'nin oldukça reaktif bir fruktofuranosil katyonunun üretilmesi yoluyla fruktoz veya sakkarozdan oluşabileceğini; yüksek sıcaklıklarda ve kuru sistemlerde bu katyonun hızla HMF'ye dönüşebileceğini de bildirmişlerdir (Santonicola ve Mercogliano, 2016).

Farklı proseslerle işlenen veya depolanan gıdalarda HMF oluşum hızı, amino asitlerin, şekerlerin, pH'nın, su aktivitesinin, sıcaklığın, zamanın, antioksidanların ve Vitamin E ve NaHSO₃ içeriğinin konsantrasyonuna bağlı olarak farklılık gösterir (Nguyen ve diğ, 2016).

HMF'nin öngörülen sınırın ötesinde tüketimi insanlar için sitotoksiktir ve üst solunum yollarının, gözlerin, cildin vb. mukoza zarlarını tahriş edebilmektedir (de la Cueva ve diğ, 2017). Yapılan farklı çalışmalarla HMF'nin canlı hücreler üzerine antioksidan (Sies, 2015; Shapla ve diğ, 2018) antikanserojen (Bauer-Marinovic ve diğ, 2012), antialerjen (Alizadeh ve diğ, 2017) ve antimikrobiyal (Gao ve diğ, 2015) gibi olumlu etkilerin yanı sıra kanserojen (Markowicz ve diğ, 2012) ve genotoksisite (Severin ve diğ, 2010) gibi olumsuz etkileri de bildirilmiştir.

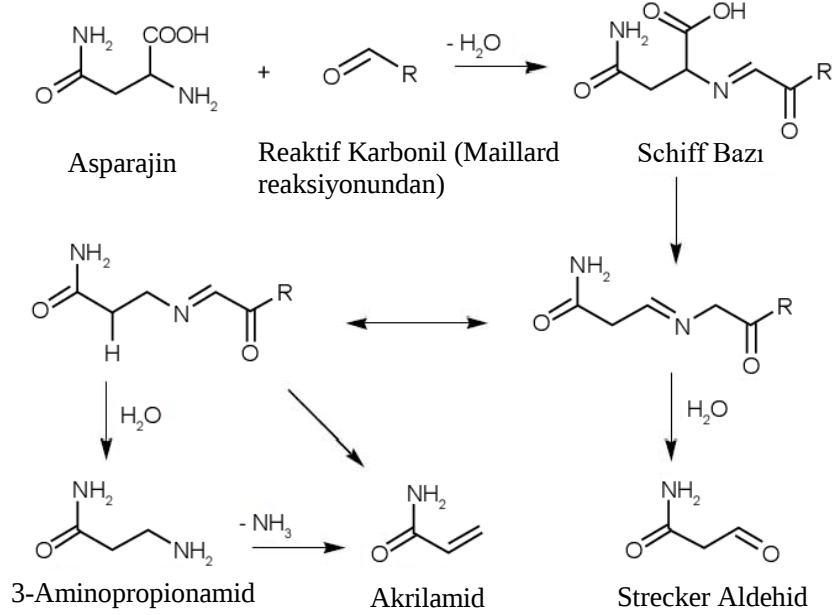
2.3.2 Akrilamid

Akrilamid (2-propenamid), endüstride yaygın olarak kullanılan, suda çözünür, beyaz kristal bir yapıdadır. 1994 yılında Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı (IACR), akrilamidi insanlar için potansiyel kanserojen riske sahip endüstriyel kimyasallar listesine eklemiştir (Kumar ve diğ, 2018). Akrilamid, İsveç Ulusal Gıda İdaresi tarafından ise 2002 yılında gıda kaynaklı toksik maddeler listesine eklenmiştir. Patates cipsi, kahve ve ekmek gibi karbonhidrat açısından zengin çeşitli ısıt işlem görmüş gıdalarda akrilamid tespit edilmiştir (Capuano ve Fogliano, 2011).



Şekil 2.8 : Akrilamid'in kimyasal yapısı.

Gıdalarda akrilamid oluşumunda temel reaksiyon Maillard reaksiyonudur. Maillard reaksiyonu sırasında serbest amino asit (asparajin) ve indirgen şekerin (çoğunlukla glukoz ve fruktoz) reaksiyonu sonucunda akrilamid oluşmaktadır. Akrilamid oluşumunda temel mekanizma Maillard reaksiyonu olarak kabul edilsede lipidce zengin gıdalarda ise akrolein ve amonyak akrilamid oluşumunda rol oynamaktadır (Visvanathan R, 2014).



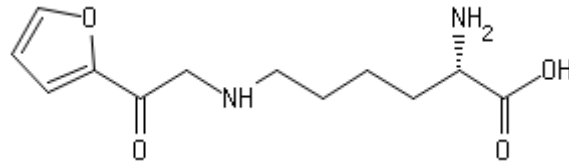
Şekil 2.9 : Akrilamid oluşum mekanizması (Visvanathan R, 2014).

Akrilamid oluşumunda asparajinin amino grubu ve reaktif karbonil grubu ile reaksiyona girerek Schiff bazını oluşturması reaksiyonun ilk basamağıdır. Reaksiyonun ilerleyen aşamalarında Schiff bazının hidrolizasyonu sonrası akrilamid oluşumunda anahtar rol oynayan 3-aminopropanamid oluşabilmekte veya dekarboksilatlanmış Schiff bazı, bir imin eliminasyonu yoluyla doğrudan akrilamidi oluşturabilmektedir (Zyzak ve diğ, 2003). Gıda bileşimindeki farklılık, yüksek sıcaklık (120 °C'den fazla) ve yüksek karbonhidrat içeriği, serbest asparajin, indirgen şeker, pH, su içeriği, amonyum bikarbonat ve yüksek

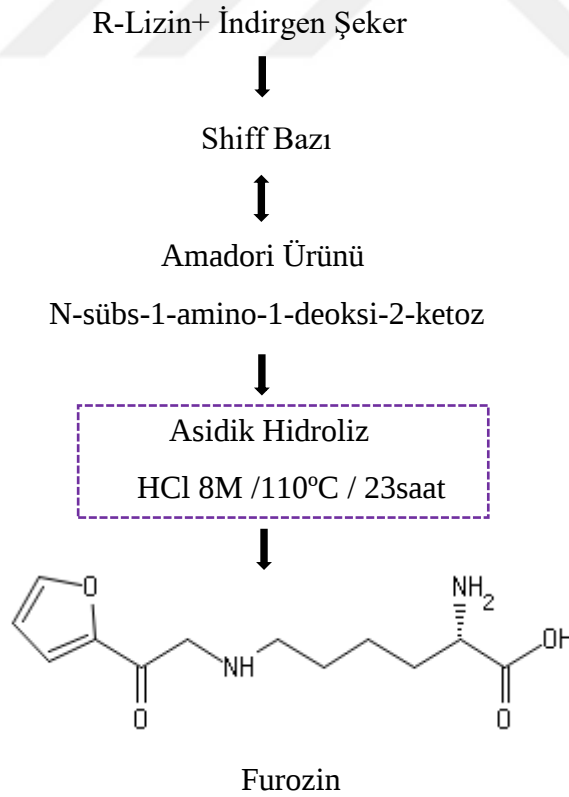
konsantrasyonda rakip amino asitler gibi faktörler, akrilamid seviyesinde farklılıklara neden olabilir (Matthäus ve diğ, 2004).

2.3.3 Furozin

Furozin, ilk olarak Finot ve diğ. tarafından 1968 yılında N-ε-(2-furoilmetil)-L-lizin olarak tanımlanmıştır. Furozin (N-ε-(2-furoilmetil)-L-lizin), Maillard reaksiyonunun erken aşamalarında oluşan lizin Amadori bileşiğinin asit hidrolizi sırasında oluşmaktadır (Gong ve diğ, 2019). Maillard reaksiyonu sırasında bazı esansiyel amino asitlerin (örneğin lizin) bozunmasıyla besin değerinde kayıplar meydana gelmektedir. Biyoyararlanabilir durumda olmayan lizin miktarı, üretim teknolojilerinin gıda proteinlerinin besin değeri üzerindeki etkisini değerlendirmek için indikatör olarak kullanılır (Giannetti ve diğ, 2021).



Şekil 2.10 : Furozin'in kimyasal yapısı.



Şekil 2.11 : Furozin oluşum mekanizması (Gökmen ve diğ, 2008).

Furozin oluşum yüzdesi, hidroliz için kullanılan hidroklorik asit konsantrasyonundan ve reaksiyon sırasında oluşan Amadori bileřiēinin tipinden (rn., fruktosillizin, laktulosillizin, maltulosillizin) etkilenir (Giannetti ve diē, 2021). Furozin süt ürünleri, bebek mamaları, tahıllar, bal, domates ürünleri ve unlu mamuller gibi çeşitli gıda maddelerinde tespit edilmiştir (Villamiel ve diē, 2001; Rada-Mendoza ve diē, 2002; Rajchl ve diē, 2009). Özellikle, bebek formülleri ve ballarda, bebek formülleri için sırasıyla 471,9 mg/100 g ila 639,5 mg/100 g ve ballarda 10,0 g/kg arasında deēiřen daha yüksek furozin konsantrasyonları rapor edilmiştir (Seiquer ve diē, 2006; Troise ve diē, 2015).



3. KAYNAK ÖZETLERİ

Sebzeler diyetimizde yer alan kalorisi düşük bileşenlerdir. Sebzelerin büyük bir kısmı genellikle mikrobiyolojik güvenliği ve enzimatik inaktivasyonu sağlamanın yanında aroma, renk ve tat gelişimini dolayısıyla lezzeti arttırmak için tüketilmeden önce çeşitli şekillerde işlenir veya pişirilir (Yu ve diğ, 2018). Bu işlemler evsel koşullarda olabileceği gibi endüstriyel boyutta işleme de olabilmektedir.

Çoğu sebze, su ve/veya yağ varlığında farklı sıcaklıklara maruz kalmak suretiyle farklı koşullar altında pişirildikten sonra tüketilir. Sebzelerin nihai bileşimini doğrudan etkilediği için ısı işlemler oldukça önemlidir. Isıl işlem, hücre yapılarını parçalayarak biyoaktif bileşiklerin ekstrakte edilebilirliğini arttırabilir ancak pişirme ortamı (su veya yağ) önemlidir. Su kullanımı suda çözünür bazı bileşiklerin konsantrasyonunu azaltabilirken, yağ kullanımı fitokimyasal içeriğini iyileştirerek antioksidan kapasiteyi arttırabilir (Ramírez-Anaya ve diğ, 2015).

Soğan çiğ olarak veya çeşitli pişirme yöntemlerine tabi tutularak tüketilmektedir. Yapılan çalışmalarda haşlama, kızartma ve ızgaralamanın soğan bileşiminde önemli değişikliklere neden olduğu ve sürece bağlı olarak biyoaktif bileşik içeriğinin artabileceği veya azalabileceği bildirilmiştir. Bunun yanı sıra ısı işlemler ile soğanın tadının keskinliği ortadan kalkarken lezzeti ve tatlılığı da artmaktadır (Moreno-ortega ve diğ, 2020). Rodrigues ve diğ. (2009), gerçekleştirdikleri çalışmada soğan örneklerine orta dereceli mikrodalga uygulamanın (4 dk, 450 W) flavonol içeriğini etkilemediğini bildirmişlerdir. Yoğun mikrodalga uygulamasının (4 dk, 750 W) kuersetin-3,4'-diglukozitin ve kuersetin-4'-glikozitin içeriğinde sırasıyla %16 ve %18 oranında bir kayba neden olduğunu bildirmişlerdir. Lee ve diğ. (2008), gerçekleştirdikleri çalışmada soğan örneklerine uygulanan kızartma işlemiyle (180 °C) kuersetin içeriğinin %25–33 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Jul ve diğ. (2016), yaptıkları çalışmada çiğ soğan örneklerinde toplam kuersetin içeriğini $1,26 \pm 0,01$ mg/g KM, ayçiçeği yağı ve zeytin yağı ile kızartma işlemi uyguladıktan sonra ise sırasıyla toplam kuersetin içeriğini $1,48 \pm 0,05$ ve $1,71 \pm 0,03$ mg/g KM olarak bildirmişlerdir.

Pişirme sırasında sebzelerdeki karbonil grupları ile bir protein, amino asit veya peptidin serbest amino grubu reaksiyona girdiği için Maillard reaksiyonu, bileşimsel değişiklik kaynağı olarak kabul edilmektedir (de la Cueva ve diğ, 2017). Maillard

reaksiyonunun hızı için hem işlem süresi hem de sıcaklık dikkate alınması gereken önemli değişkenlerdir. Bu reaksiyon 50 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ve uzun pişirme sürelerinde ortaya çıkmaktadır (Rufián-Henares ve de la Cueva, 2008). Maillard reaksiyon derecesi HMF, akrilamid ve furozin gibi çeşitli indikatör bileşiklerin analizi ile takip edilebilmektedir.

Yu ve diğ. (2018), dolmalık biber, kırmızı biber, sarı soğan, mor soğan, domates ve havuca buharda pişirme, kızartma ve fırınlama işlemi uyguladıktan sonra Maillard reaksiyonunun ilk aşamalarını sekiz Amadori bileşiği ile değerlendirmişlerdir. Amadori bileşiklerinin oluşumu ısıtma işleminin türü ve süresine bağlı olarak farklılık göstermiştir. Sarı ve mor soğan örneklerinde en yüksek oluşumu gösteren Amadori bileşiğinin Fru-Arj olduğu Fru-Arj içeriğinin sarı ve mor soğanda sırasıyla 382,40±2,02 mg/kg KM ve 461,62±2,81 mg/kg KM olduğu bildirilmiştir. Villanova ve diğ. (2008) gerçekleştirdikleri çalışma ile endüstriyel olarak kurutulmuş sebzelerin ısıtma işlemi sonrası furozin ve HMF içeriğini belirlemişlerdir. Kurutulmuş soğan örneklerinde en yüksek furozin içeriği 25 °C'de 98 saat kurutulmuş örnek grubunda 200 mg/100 g protein, en yüksek HMF içeriği 30 °C'de 112 saat bekletilen örneklerde 1,01 mg/kg olarak bildirilmiştir. En yüksek furozin içeriğinin olduğu koşullarda toplam protein içeriği %10,19 toplam indirgen şeker içeriği ise %1,34 olarak bildirilmiştir.

Soğan önemli düzeyde inülin içermekte ve fruktoz polimeri olan inülinin çeşitli nedenlerle parçalanması sonucu serbest fruktoz ve diğer kısa zincirli fruktooligosakkaritlerin olduğu düşünülmektedir. Soğanın çeşitli pişirilme işlemleri sırasında yapısında bulundurduğu şekerlerin ve aminoasitlerin Maillard reaksiyonları vermesi veya karamelizasyon reaksiyonları sonucu şekerlerin su kaybetmesi yoluyla çeşitli furanik bileşikler ve akrilamid gibi bileşiklerin oluşabileceği öngörülmektedir. Yapılan çalışmalarda genellikle ısıtma işlemi uygulaması sonrası soğanın biyoaktif bileşiklerindeki değişim (toplam fenolik ve toplam flavonoid) ve ısıtma işleminin toplam antioksidan aktivite üzerine etkilerine odaklanılmıştır. Isıtma işlemleri sonrası ortaya çıkan ısıtma işlemi bulaşanlarının belirlendiği çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu çalışma ile Türk mutfağında yoğun olarak kullanılan soğan çeşitlerine farklı ısıtma işlemlerinin farklı sürelerde uygulanması sonrası örneklerin şeker ve amino asit profilindeki değişim belirlenecektir. Gıdalara uygulanan ısıtma işlemleri sonrası ısıtma işlem düzeylerinin takibinde indikatör olarak kullanılan, sağlık üzerine olumsuz etkileri (kanserojen, sitotoksik vb.) literatürdeki çalışmalarla bildirilen HMF, akrilamid vb. içeriği belirlenecektir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Materyal

Çalışma kapsamında materyal olarak kullanılan soğan çeşitleri, Malatya ilindeki yerel marketlerden temin edilmiştir. Soğan örnekleri kabuklarının uzaklaştırılmasından sonra doğranmış olup mikrodalga pişirme, fırınlama ve kızartma işlemleri uygulandıktan sonra analizler için kullanılıncaya kadar -18 °C’de muhafaza edilmiştir.

4.1.1 Kullanılan kimyasallar

Analizler için kullanılan kimyasallar Sigma Aldrich firmasından temin edilmiş, farklı firmalardan temin edilen kimyasallar ise parantez içinde belirtilmiştir. Metanol (Carlo Erba), asetonitril (Carlo Erba), hegzan, HMF, furfural (Merck), 5-MF, 2-AF, 2-FC, akrilamid, glukoz, fruktoz, sakkaroz, alanin, arjinin, asparajin, aspartik asit, sistein, glutamik asit, glutamin, glisin, histidin, izolösin, lösin, lizin, metiyonin, fenilalanin, prolin, serin, treonin, triptofan, tirozin, valin, potasyum hekzasiyanoferrat (Merck), çinko sülfat (Merck), formik asit, hidroklorik asit, furozin (Neosystem Laboratuvarı -Strasbourg, Fransa), trifloroasetik asit (Merck), kuersetin, QMG, QDG.

4.1.2 Kullanılan alet ekipman ve cihazlar

Santrifüj (Thermo Scientific-SL16R, ABD), etüv (Nüve, Türkiye), vorteks (Heidolph, İtalya), yüksek devirli parçalayıcı (Heidolph, Silent Crusher M, Almanya), çoklu manyetik karıştırıcı (Velp Scientifica, Almanya), ultra saf su cihazı (Millipore-Q, ABD), hassas terazi (Ohaus PA214C, ABD), soxhlet düzeneği, pH metre (Metler Toledo, İtalya), ultrasonik su banyosu (Alex Makine, Türkiye), ev tipi fırın (Arçelik, Türkiye), mikrodalga fırın (Arçelik, Türkiye) .

Kromotografik analizler için LC-MS/MS (Waters Acquity H Class UPLC system, Waters Corporation, MA, ABD), PDA, RID ve RF dedektörlü HPLC (Shimadzu, Japonya) sistemi kullanılmıştır.

4.2 Yöntem

4.2.1 Soğan örneklerinin hazırlanması

Sarı, mor ve beyaz soğan örnekleri kabukları uzaklaştırıldıktan sonra bıçak yardımıyla yaklaşık 5×5 mm boyutlarında küp şeklinde doğranmıştır. Fırınlama işlemi (F) için soğan örnekleri cam petrilere tek sıra halinde yayıldıktan sonra 220 °C'ye ayarlanmış fırında 20, 30 ve 40 dk bekletilmiştir. Mikrodalga pişirme (MD) için soğan örnekleri cam petrilere tek sıra halinde yayıldıktan sonra 600 W'a ayarlanmış mikrodalga fırında 3, 5 ve 7 dk bekletilmiştir. Kızartma işlemi (KZ) için soğan örnekleri yağ ısındıktan sonra (35 saniye) 3, 7 ve 9 dk kızartılmıştır (50 g örnek/100 ml yağ). Kızartma için ayçiçeği yağı (Sabunlaşma sayısı 186 mg KOH/g yağ, iyot sayısı 82, sabunlaşmayan madde içeriği 9 g/kg) kullanılmıştır. Isıl işlemler sonrası örnekler analizler için kullanılıncaya kadar -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

4.2.2 Yağ analizi

Yağlı örneklerin yağ içeriği AOAC (1990)'a göre Soxhlet ile belirlenmiş olup sonuçlar % yağ olarak hesaplanmıştır.

4.2.3 Toplam kuru madde analizi

Toplam kuru madde analizi AOAC (1990)'a göre yapılmış olup sonuçlar % KM olarak hesaplanmıştır.

4.2.4 pH ölçümü

Örneklerin pH'sı oda sıcaklığında tampon çözeltiler ile daha önceden kalibre edilen pH metre ile belirlenmiştir. Örneklerin pH'sını belirlemek için 5 g örnek üzerine 25 ml saf su eklenmiş 10.000 rpm'de 30 saniye boyunca ultraturax yardımıyla parçaladıktan sonra pH metre ile ölçülmüştür.

4.2.5 Serbest amino asit analizi

Örneklerin serbest amino asit içeriği Kocadağlı ve diğ. (2016)'nin metodunda bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. 0,5 g örnek tartılmış üzerine 10 ml ultra saf su eklenip 10.000 rpm'de 30 saniye boyunca ultraturax ile parçalandıktan sonra 5.200 rpm'de 10 dk boyunca santrifüjlenmiştir. Berrak üst faz alındıktan sonra kalıntı üzerine 5 ml ultra

saf su eklenip 10 saniye vortekslenip aynı devir ve sürede santrifüjlenmiştir. Bu işlem bir kez daha tekrarlanarak toplamda üç kademede (10-5-5) ekstraksiyon tamamlanmış olup alınan üst fazlar birleştirilmiştir. Birleştirilen üst fazdan 250 µl alınıp üzerine 1 ml asetonitril eklenip vortekslenildikten sonra 8000×g de 5 dk santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrası örnekler 0,22 µm naylon filtreden süzöldükten sonra vialle alınmıştır. Örneklerin serbest amino asit içeriği ESI+(pozitif elektrosprey) modunda çalıştırılan bir TQ (triple quadrupole) detektörüne bağlı Waters Acquity UPLC sistemi kullanılarak belirlenirken ayırım için Atlantis HILIC (2.1 × 150 mm, 3 µm) kolon kullanılmıştır. Analiz sırasında (A) %0,1 formik asit içeren ultra saf su, (B) %0,1 formik asit içeren asetonitril mobil fazlarıyla akış hızı 0,4 ml/dk olacak şekilde gradient programı uygulanmıştır. %15 A ile başlayan gradient programında 4 dakikada kademeli olarak %40 A'ya çıkılmıştır. 3 dk boyunca aynı koşullarda devam ettirildikten sonra kademeli olarak başlangıç koşullarına (%15 A) dönmüş toplam analiz süresi 8 dk olmuştur. Amino asit standartları 1 mg/l ile 100 mg/l arasında değişen konsantrasyonlarda hazırlanmış olup elde edilen kalibrasyon eğrileri kullanılarak örneklerin serbest amino asit içeriği belirlenmiştir.

4.2.6 Şeker analizi

Örneklerin şeker içeriği Hadjikinova ve diğ. (2017)'nin metodunda bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. 0,3 g örnek tartılmış üzerine 10 ml ultra saf su eklendikten sonra 10.000 rpm'de 30 saniye boyunca ultraturaxla parçalanmıştır. Ekstrakt bir saat boyunca 70 °C sıcaklığa ayarlanmış ultrasonik su banyosunda bekletildikten sonra 5000 rpm'de 5 dk santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrası 0,45 µm naylon filtreden süzölüp vialle alınan örneğin şeker içeriği refraktif indeks dedektörlü (RID) HPLC sistemi kullanılarak belirlenmiştir. Kromatografik ayırım için CorboSep (CHO 87C 7.8 x 300 mm) kolon ve mobil faz olarak ultra saf su kullanılmıştır. Analiz süresince fırın sıcaklığı 85 °C, mobil faz akış hızı 0,6 ml/dk olurken analiz izokratik akış koşullarında 25 dakikada tamamlanmıştır. Örneklerin şeker içeriğinin kantitatif olarak belirlenmesinde 1000 mg/l ile 10.000 mg/l arasında değişen konsantrasyonlarda hazırlanan sakkaroz, glukoz ve fruktoz standartlarından elde edilen kalibrasyon eğrileri kullanılmıştır.

4.2.7 Akrilamid analizi

Akrilamid içeriği Yıldız ve diğ. (2017)'nin metodunda değişiklikler yapılarak belirlenmiş olup serbest amino asit içeriğinin belirlenmesi amacıyla hazırlanan sulu ekstrakt akrilamid içeriğinin belirlenmesi için de kullanılmıştır. 1,5 ml sulu ekstrakt üzerine 50 µl Carez I, 50 µl Carez II ve 100 µl 100 mM formik asit eklenmiş vorteksledikten sonra 1 ml metanol, 1 ml saf su ile koşullandırılmış Oasis MCX kartuştan geçirildikten sonra vialle alınmıştır. Örneklerin akrilamid içeriği ESI+ modunda çalıştırılan bir TQ detektörüne bağlı Waters Acquity UPLC sistemi kullanılarak belirlenmiştir. Kromatografik ayırım 0,2 ml/dk akış hızında 10 mM formik asit ile % 0,5 metanol içeren mobil faz geçirilen Thermo Hypercob (100 µm×2.1 mm, 3 µm) kolon ile gerçekleştirilmiştir. Örneklerin akrilamid içeriğinin kantitatif olarak belirlenmesinde 1 µg/l ile 100 µg/l arasında değişen farklı konsantrasyonlarda hazırlanan akrilamid standardından elde edilen kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır.

4.2.8 Furozin analizi

Soğan örneklerinin furozin içeriğinin belirlenmesinde Gökmen ve diğ. (2009)'nin metodu kullanılmıştır. 0,5 g örnek tartılmış üzerine 5 ml 8N HCl eklenip tüplerin üzerindeki boşluklar N₂ gazı ile doldurulduktan sonra örnekler 23 saat boyunca 110 °C' ye ayarlı kum banyosunda hidroliz edilmiştir. Hidrolizasyon sonrası örnekler soğutulup kaba filtre kağıdından süzöldükten sonra 50 µl örnek alınıp N₂ gazı altında uçurulmuştur. Kalıntı üzerine 1,2 ml saf su eklenerek çözündüröldükten sonra koşullandırılmış HLB kartuştan (koşullandırma için kartuştan 1 ml metanol, 1 ml su ve hava geçirilmiştir) geçirilen örneğin ilk sekiz damladan sonrası vialle alınmıştır. Analiz HPLC-DAD sisteminde gerçekleştirilmiştir. Kromatografik ayırım için Atlantis HILIC kolon (150 × 2.1 mm, 3 µm), mobil faz olarak %1'lik formik asit çözeltisi kullanılmıştır. Analiz süresince fırın sıcaklığı 40 °C, mobil faz akış hızı 1 ml/dk olup, dedeksiyon 280 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki furozin miktarının kantitatif olarak belirlenmesinde furozin standardından hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır.

4.2.9 HMF ve furanik bileşen analizi

HMF ve furanik bileşen içeriği Durmaz ve Gökmen. (2010)'nin metodu ile belirlenmiş olup 0,25 g örnek tartılmış üzerine 15 ml %80'lik metanol eklenmiş 10.000 rpm'de 30 saniye boyunca ultraturaxla parçalanmıştır. Örnekler 5000 rpm'de 5 dk

santrüjlendikten sonra üst faz 0,45 µm naylon filtreden süzülüp vialere alınmış olup analiz HPLC-DAD sisteminde gerçekleştirilmiştir. Kromatografik ayırım için Higgings Analıytical, Inc. (C18 5 µm 250 x 4.6 mm) kolon, 10 mM formik asit içeren ultra saf su (A) ve asetonitril (B) mobil fazları kullanılmıştır. Analiz süresince fırın sıcaklığı 30 °C, mobil faz akış hızı 1 ml/dk, enjeksiyon hacmi 10 µl olurken dedeksiyon ise 250-280 nm dalga boyu aralığında gerçekleştirilmiştir. Analiz süresince %90 A mobil fazı, %10 B mobil fazı izokratik olarak yürütülmüş olup analiz 25 dakikada tamamlanmıştır. Örneklerin HMF ve furanik bileşik içeriğinin kantitatif olarak belirlenmesinde 0,01 mg/l ile 100 mg/l konsantrasyonları arasında değişen farklı konsantrasyonda hazırlanan HMF, furfural, 5-MF, 2-AF ve 2-FC standartlarından elde edilen kalibrasyon eğrileri kullanılmıştır.

4.2.10 Kuersetin ve kuersetin glikozitlerinin belirlenmesi

Soğan örneklerinin kuersetin ve glikozitlerinin içeriği Ko ve diğ. (2015)'nin metodunda değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. 0,5 g örnek tartılmış üzerine 2 ml %80'lik metanol eklenmiş 4 °C'de 12 saat bekletildikten sonra üzerine 8 ml %80'lik metanol daha eklenmiş 10.000 rpm'de 30 saniye boyunca ultraturaxla parçalanmıştır. Örnekler bir saat boyunca ultrasonik su banyosunda bekletildikten sonra 5000 rpm'de 5 dk santrifüjlenip üst faz 0,45 µm naylon filtreden geçirilip vialere alınmıştır. Analiz HPLC-DAD sisteminde gerçekleştirilmiş olup kromatografik ayırım için Higgings Analıytical, Inc. (C18 5 µm 250 x 4.6 mm) kolon kullanılmıştır. Mobil faz olarak %0,2 TFA içeren ultra saf su (A) ve metanol (B) kullanılmıştır. Fırın sıcaklığı 40 °C, mobil faz akış hızı 1 ml/dk olup, dedeksiyon 360 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Analiz süresince ilk 5 dk boyunca %95 A olacak şekilde uygulanan gradiyent programında 15 dk kademeli olarak %50 A'ya dönmüş sonraki 15 dk boyunca %50 A olacak şekilde program uygulanmıştır. Daha sonra 3 dakikada kademeli olarak %0 A'ya dönülürken 7 dk boyunca belirtilen koşullarda yürütüldükten sonra 3 dk kademeli olarak başlangıç koşullarına (%95 A) dönmüştür. Örneklerin kuersetin ve glikozitlerinin kantitatif olarak belirlenmesinde Q, QMG, QDG standartlarından elde edilen kalibrasyon eğrileri kullanılmıştır.

4.3 İstatistiksel Analiz

Çalışma kapsamında tüm analizler iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları GraphPad Prism 9.1.0 programıyla değerlendirilmiştir. İstatistiksel değerlendirme iki yönlü varyans analizi 'Two way Anova' testi ve Tukey's post hoc

testiyle belirlenmiştir. Sonuçlar %95'lik güven aralığında, $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirilmiş olup tüm veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak ifade edilmiştir. Mikrodalga işlemi uygulanan soğan örneklerinde glukoz içeriğindeki değişime ait tablolar örnek olarak EK1'de verilmiştir. Grafiklerde görsel sadeleğin sağlanması amacıyla tüm örneklerin birbiri ile kıyası ve istatistiksel olarak önemsiz bulununan (ns) kıyaslamalar grafik üzerinde gösterilmemiştir. Grafiklerdeki yıldız (*) sayısının artışı istatistiksel önem düzeyinin arttığını göstermektedir. Yıldız sayılarına karşılık gelen p değeri sabit bir değer olmayıp grafiklere göre değişkenlik göstermektedir. Görsel sadeleğin sağlanması amacıyla (*) yıldız sayılarına karşılık gelen p değerleri grafik açıklamasında verilmemiştir. Mikrodalga işlemi uygulanan soğan örneklerinde QDG içeriğinin değişimine ait tüm kıyaslamaların yer aldığı grafik örnek olarak EK 2'de verilmiştir.



5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

5.1 Örneklerin Hazırlanması

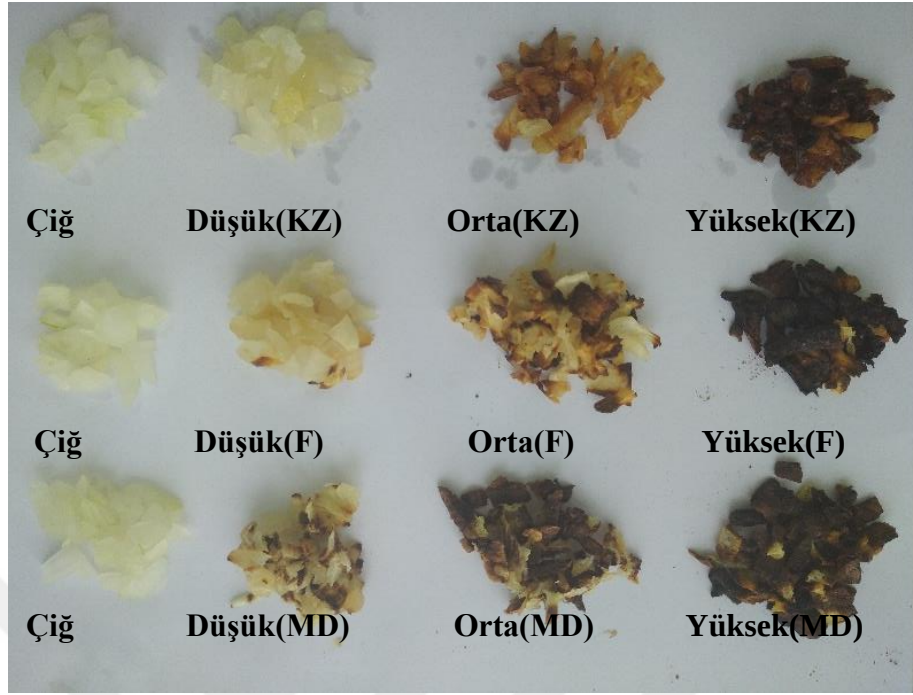
Farklı ısı işlem uygulamaları sonrası düşük, orta ve yüksek olmak üzere farklı ısı işlem düzeyine sahip örnekler elde edilmiştir. Isıl işlem uygulama süresi ve ısı işlem düzeyleri Çizelge 5.1’de ifade edilmiştir. Farklı ısı işlemler sonrası elde edilen mor, sarı ve beyaz soğan örneklerine ait fotoğraflar sırasıyla Şekil 5.1, 5.2, 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 : Isıl işlem uygulama süresi ve ısı işlem düzeyleri.

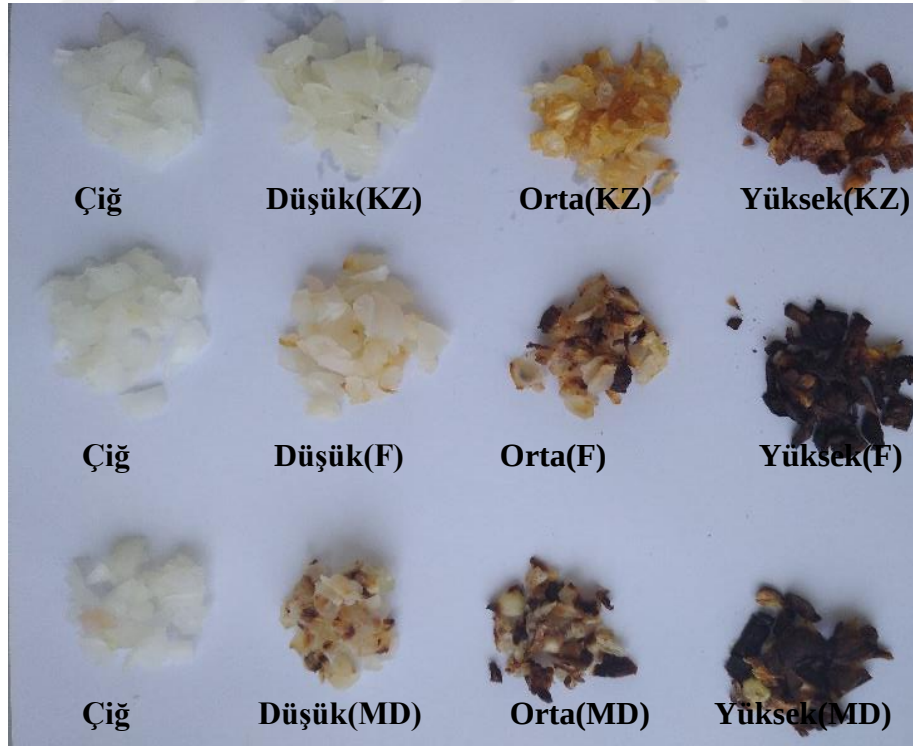
Uygulama süresi	Isıl işlem düzeyi
Isıl işlem uygulanmamış örnek	Çiğ (Ç)
3 dk kızartılan örnek	Düşük (D)
7 dk kızartılan örnek	Orta (O)
9 dk kızartılan örnek	Yüksek (Y)
3 dk mikrodalga uygulanan örnek	Düşük (D)
5 dk mikrodalga uygulanan örnek	Orta (O)
7 dk mikrodalga uygulanan örnek	Yüksek (Y)
20 dk fırınlanan örnek	Düşük (D)
30 dk fırınlanan örnek	Orta (O)
40 dk fırınlanan örnek	Yüksek (Y)



Şekil 5.1 : Çiğ mor soğan ve farklı ısı işlem uygulanan mor soğan örnekleri.



Şekil 5.2 : Çiğ sarı soğan ve farklı ısı işlem uygulanan sarı soğan örnekleri.



Şekil 5.3 : Çiğ beyaz soğan ve farklı ısı işlem uygulanan beyaz soğan örnekleri

Isıl işlem süresi arttıkça örneklerin renklerinde esmerleşme gözlenmiştir. Örneklerdeki esmerleşme ısıtma işlem uygulaması ile meydana gelen Maillard ve karamelizasyon reaksiyonları ile açıklanabilir. En yüksek esmerleşme 40 dk fırınlanan, 7 dk mikrodalga uygulanan ve 9 dk kızartılan örneklerde olmuştur.

5.2 Yağ Miktarı

Kızartma, ısı ve kütle transferini içeren bir dehidrasyon işlemidir. Kızartma sırasında gıda yapısında protein denatürasyonu, nişasta jelatinizasyonu, yüzey esmerleşmesi, su buharlaşması ve yağ emilimi gibi farklı kimyasal ve fiziksel değişiklikler meydana gelmektedir. Yağ emilimi, kızartma sıcaklığı ve süresi, gıda bileşimi, gözeneklilik, ön işlem ve yağ kalitesi gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Kızartma sırasında ısı ve kütle transferi aynı anda gerçekleşir; yağdan yiyeceğe ısı aktarılırken gıda maddesinden su buharlaşır ve yağ emilir (Damto ve Chala, 2019). Gıda endüstrisi ve evsel gıda üretiminde kızartma işlemi yoğun bir şekilde kullanılırken soğan da kızartılmış formda yoğun bir şekilde tüketilmektedir. Çalışma kapsamında hazırlanan soğan örnekleri 3, 7 ve 9 dk kızartılmıştır. Kızartılan örneklerin kızartma süreleri ve % yağ içerikleri Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Kızartma işlemi uygulanan örneklerin % yağ değerleri*.

Örnek	Süre (dk)	% Yağ
Sarı	3	24,8±0,5B
	7	53,4±0,2A
	9	58,3±0,1A
Mor	3	24,9±1,1B
	7	54,0±1,2A
	9	58,0±0,0A
Beyaz	3	20,6±0,1C
	7	53,0±0,0A
	9	58,3±0,1A

*Sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir (n=2). Aynı sütundaki verilerin (büyük harfler) birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Kızartılan soğan örneklerinde yapıdan suyun uzaklaşmasıyla örnekler yağ çekmeye başlamış, kızartma süresi arttıkça % yağ içeriğinin de arttığı gözlenmiştir ($p<0,05$). 3 dk kızartılan örneklerde en az yağ içeriği beyaz soğan örneklerinde olmuştur ($p<0,05$). Çeşitli ön işlem uygulamaları sonrası kızartılan kabak örneklerinin yağ içeriğinin incelendiği bir çalışmada kızartma sıcaklığı ve süresinin artışına paralel olarak kabak örneklerinin yağ

içeriğinin arttığı bildirilmiştir (Karacabey ve diğ, 2016). Yapılan bir başka çalışmada kızartma işlemi uygulanan mantar örneklerinde çeşitli kaplama materyalleri ile kaplama, örnek dilimlerinin kalınlığı, farklı süre ve sıcaklıkta ısıtma işlem uygulamasının yağ içeriğine etkisi incelenmiştir. Kızartma süresi arttıkça mantar örneklerinin yağ içeriğinin arttığı bildirilmiştir (Martínez-Pineda ve diğ, 2021).

5.3 Kuru Madde Miktarı

Çizelge 5.3 : Örneklerin % KM değerleri.

Isıl İşlem	Sarı Soğan	% KM	Beyaz Soğan	% KM	Mor Soğan	% KM
İşlem Uygulanmayan	Çiğ	7,4±0,1	Çiğ	11,1±0,2	Çiğ	7,0±0,1
Kızartma	Düşük	27,0±4,5	Düşük	33,3±6,4	Düşük	26,8±0,5
	Orta	73,1±3,7	Orta	84,1±5,0	Orta	86,4±7,3
	Yüksek	97,1±0,6	Yüksek	97,4±1,1	Yüksek	94,6±2,2
Mikrodalga	Düşük	25,8±2,5	Düşük	30,0±3,2	Düşük	39,1±4,0
	Orta	55,0±5,0	Orta	58,8±1,3	Orta	65,6±5,5
	Yüksek	73,4±1,8	Yüksek	73,6±5,7	Yüksek	87,3±5,3
Fırınlama	Düşük	16,7±2,4	Düşük	22,4±2,6	Düşük	20,4±2,9
	Orta	41,8±2,2	Orta	40,4±1,0	Orta	40,7±3,7
	Yüksek	94,0±1,9	Yüksek	93,1±1,8	Yüksek	94,2±4,4

Kuru madde içeriği tüm örnek gruplarında ısıtma işlem süresi arttıkça beklenildiği gibi artmıştır. Çiğ örneklerden beyaz soğan %11,1±0,2 ile en yüksek kuru madde içeriğine sahip örnek olurken 9 dk kızartılan ve 40 dk fırınlanan örnek gruplarında kuru madde içeriği %90'ın üzerinde olmuştur. Isıtma işlem uygulaması sonrası yapıdan suyun uzaklaşması sonucu örneklerin kuru madde içeriği artış göstermiştir. Rufián-Henares ve diğ. (2013) kurutulmuş tatlı kırmızıbiberin üretim sürecinde düşük basınç ve kontrollü sıcaklıkta kurutma uygulamasının sebzenin kalitesi (Maillard reaksiyonu ürünlerinin oluşumu, antioksidan kapasite, askorbik asit içeriği vb.) üzerine etkisini incelemiştir. Araştırmacılar örneklerin kuru madde içeriğinin sıcaklık ve artan kurutma süresi ile paralel bir şekilde arttığını (%10-96) bildirmişlerdir. Ramírez-Anaya ve diğ. (2015) gerçekleştirdikleri çalışmada patates, domates, patlıcan ve balkabağı sebzelerini kızartmış, sotelemiş ve sızma zeytinyağı su ve su/yağ karışımı ile haşlamışlardır. Isıtma işlem

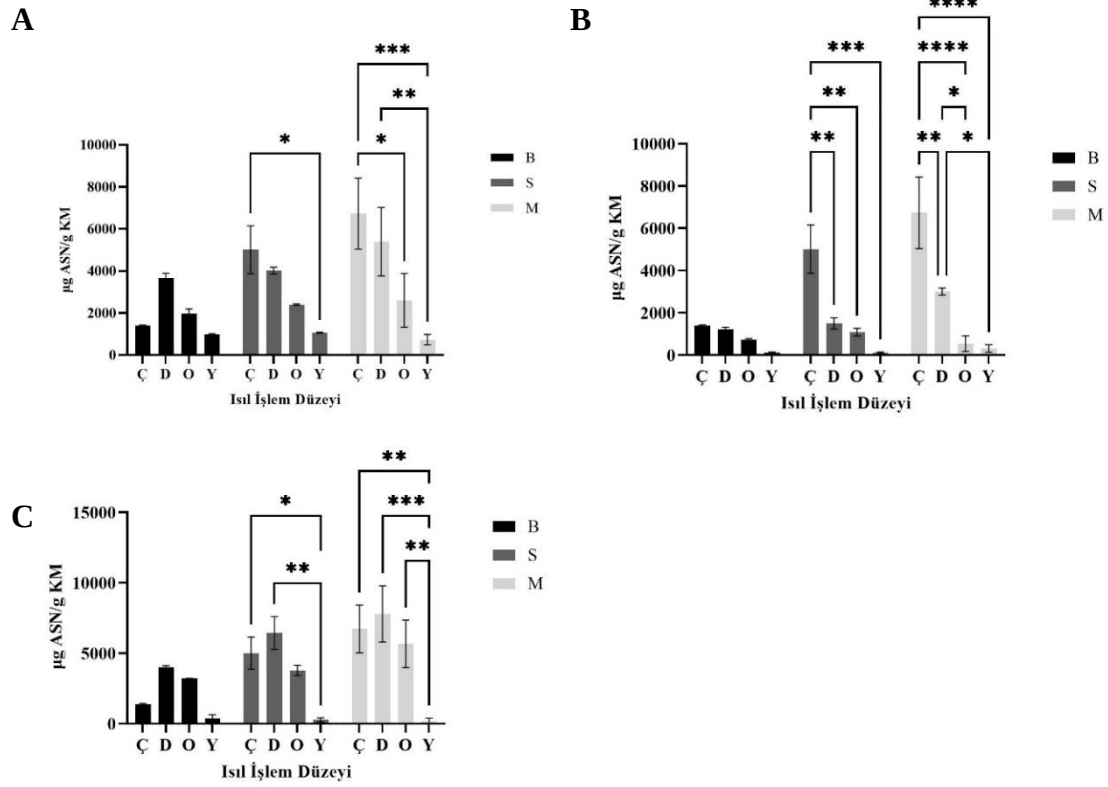
uygulamasý sonrası sebzelerin yağ, kuru madde, toplam fenolik bileşik içeriği ve antioksidan kapasitesi belirlenmiştir. Sebzelerin kuru madde içeriği ısıt işlem tipine göre farklılık göstermekle beraber en yüksek artışın kızartma işlemi uygulanan örneklerde olduğu bildirilmiştir.

5.4 pH Değeri

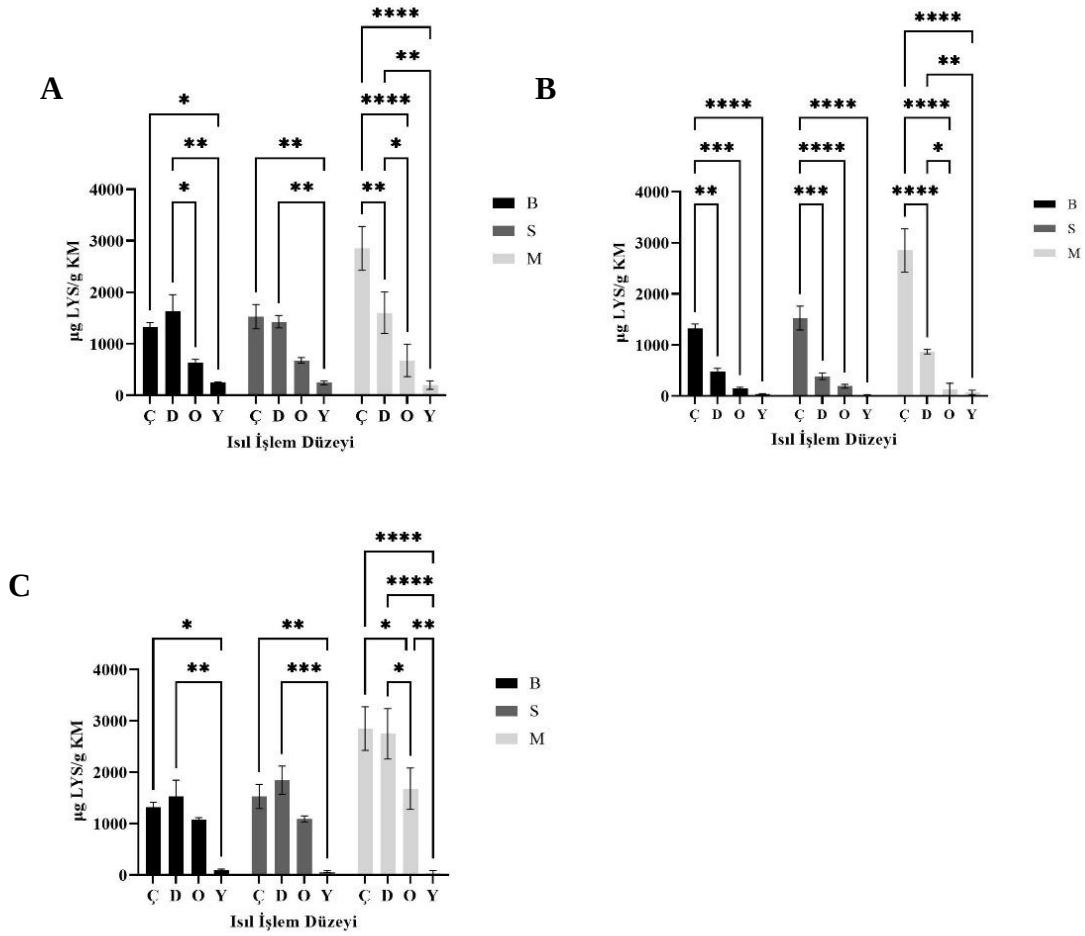
Soğan çeşitlerinin pH'ları birbirine yakın bulunmuştur. Çiğ sarı soğan için 4,51, çiğ beyaz soğan için 4,49 ve çiğ mor soğan içinse 4,69 olarak belirlenmiştir. Yedi soğan çeşidinin bileşimsel özelliklerinin ve ekstrakt asiditesinin sağlık üzerine (antiplatelet-antioksidan) etkilerinin belirlendiği bir çalışmada pH değeri mor, sarı ve beyaz soğan çeşitleri için sırasıyla $5,40 \pm 0,1$, $5,07 \pm 0,00$, 5,54 olarak bildirilmiştir (Saplontai-Pop ve diğ, 2015). Soğan çeşitlerinin fizikokimyasal özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada örneklerin pH değerleri Bombay red (kırmızı-mor), Qellafo (sarı) ve Sweet carolin (beyaz) için sırasıyla 5,36, 5,04 ve 5,34 olarak bildirilmiştir (Seifu ve diğ, 2018). Çalışma kapsamında kullanılan soğan örneklerinin pH içeriği literatürdeki soğan çeşitlerinden farklı olmuştur. Soğanın pH değerinin işleme ve saklama koşullarından (sıcaklık, CO₂, mikroorganizmalar, kesim türü gibi) etkilenebileceği bildirilmiştir (Bahram-Parvar ve Lim, 2018). Örneklerdeki bu farklılığın soğan çeşitlerinin yetiştii iklim ve toprak içeriğindeki farklılıklar nedeniyle oluşmuş olabileceği de düşünülmektedir. pH, su aktivitesi, sıcaklık, gibi faktörler Maillard reaksiyonlarının hem hızını hem de oluşan son ürünleri etkilediğinden önemlidir (Fu ve diğ, 2020).

5.5 Serbest Amino Asit Profili

Farklı ısıt işlem ve süre uygulamaları sonrası soğan örneklerinin serbest amino asit profili (alanin, arjinin, asparajin, aspartik asit, sistein, glutamik asit, glutamin, glisin, histidin, izolösin, lösin, lizin, metiyonin, fenilalanin, prolin, serin, treonin, triptofan, tirozin, valin) 20 amino asit için incelenmiş olup tezde ise furozin öncüsü olarak kabul edilen lizin (Lys) ve akrilamid öncüsü olarak kabul edilen asparajin (Asn) amino asitlerinin grafiklerine değinilmiştir. Grafiklerde görsel sadeleğin sağlanması amacıyla tüm örneklerin birbiri ile kıyası ve istatistiksel olarak önemsiz bulununan (ns) kıyaslamalar grafik üzerinde gösterilmemiştir. Örneklerin ısıt işlem düzeylerine karşılık gelen ısıt işlem süresi Çizelge 5.3'de detaylı olarak verilmiştir. Asparajin amino asidindeki değişim Şekil 5.4 ve 5.6'de, lizin amino asidindeki değişim Şekil 5.5 ve 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.4 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısıt işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde asparajin içeriğinin değişimi (B:beyaz, S:sarı ve M:mor soğan; ısıt işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).



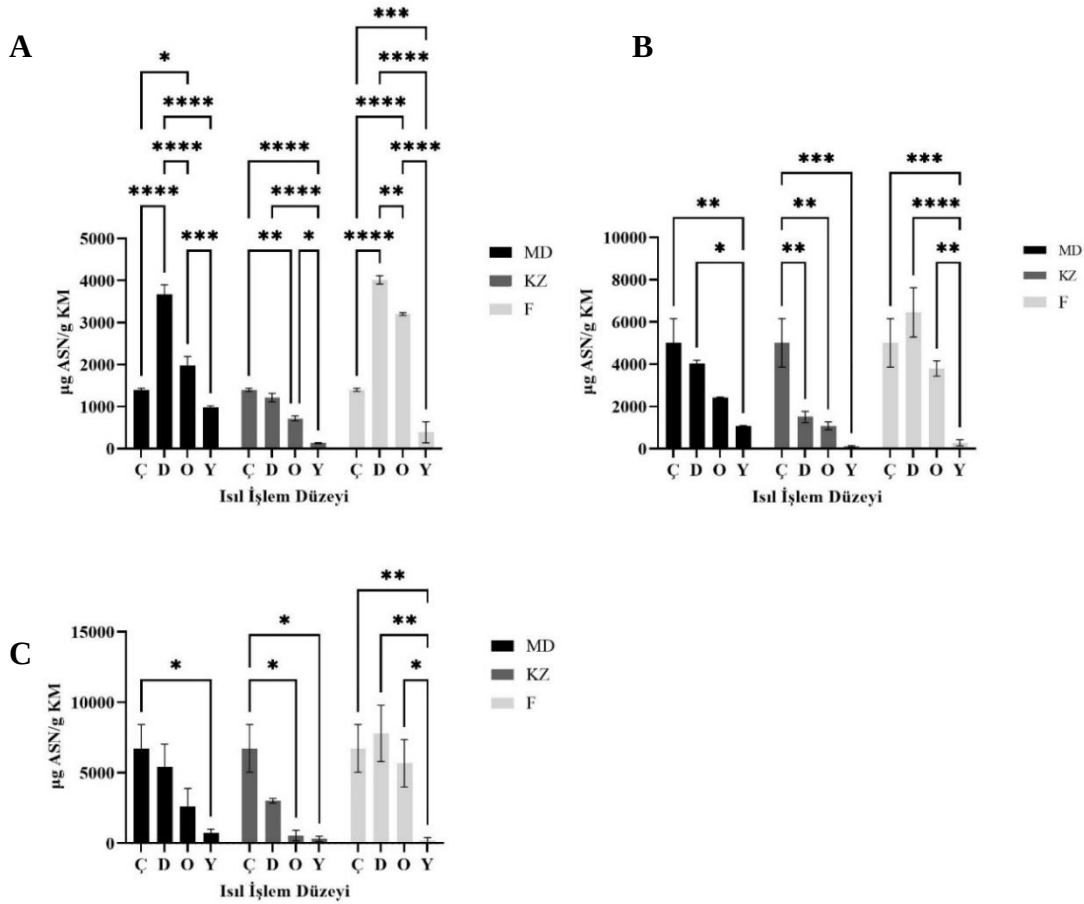
Şekil 5.5 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısıt işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde lizin içeriğinin değişimi (B:beyaz, S:sarı ve M:mor soğan; ısıt işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Mikrodalga uygulanan sarı ve mor soğan örneklerinde asparajin ve lizin içeriği ısıt işlem düzeyinin artmasıyla azalmıştır ($p<0,05$). Beyaz soğan örneklerinde asparajin ve lizin içeriği ısıt işlem düzeyinin artmasıyla belli bir düzeye kadar artmış ardından hızla azalmıştır. Ancak bu değişim lizin için istatistiksel olarak anlamlı olurken ($p<0,05$), asparajin için istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Şekil 5.4A-5.5A).

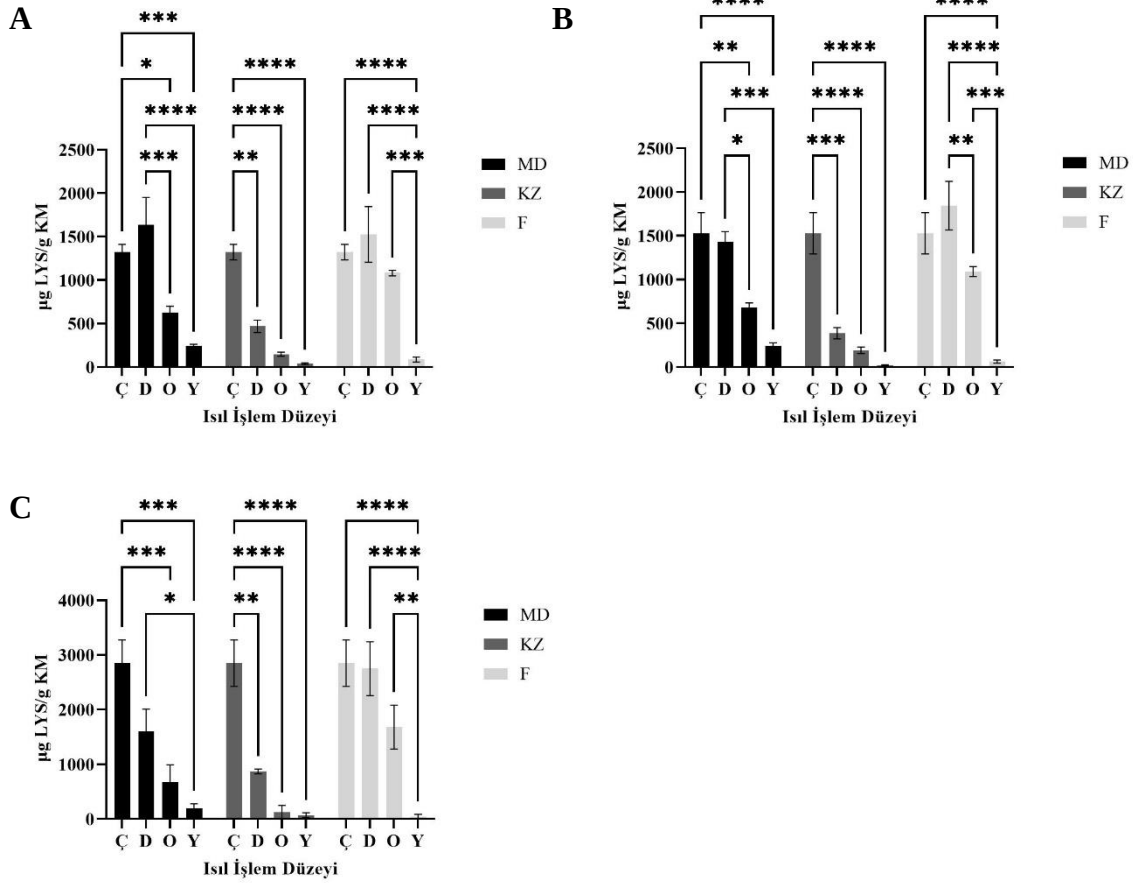
Kızartılan örneklerde KM'ye yağ da dahildir. Düşük düzeyde ısıt işlem uygulanan örnekte dahi asparajin ve lizin içeriğinde ciddi bir azalma görülsede bu durum göreceli olarak kuru madde içerisindeki yağ oranının artışı ile açıklanabilir. Kızartılan beyaz soğan örneklerinde ısıt işlem düzeyi arttıkça asparajin ve lizin içeriği azalmıştır. Ancak bu azalma asparajin için istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Kızartılan sarı ve mor

soğan örneklerinde ısıt işlem düzeyi arttıkça asparajin ve lizin içeriği azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.4B-5.5B).

Fırınlanan beyaz soğan örneklerinde 20 dk fırınlama ile asparajin içeriği ve lizin içeriği artarken ısıt işlem düzeyinin artmasıyla asparajin ve lizin içeriği azalmıştır ($p<0,05$). Ancak bu değişim asparajin için istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Fırınlanan sarı soğan örneklerinde 20 dk fırınlama ile asparajin ve lizin içeriği artarken ısıt işlem süresinin artmasıyla asparajin ve lizin içeriği hızla azalmıştır ($p<0,05$). Fırınlanan mor soğan örneklerinde ise 20 dk fırınlama ile asparajin içeriği artarken lizin içeriği ise azalmıştır. Isıt işlem düzeyinin artması ile lizin ve asparajin içeriği azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.4C-5.5C).



Şekil 5.6 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısıt işlemler uygulaması sonrası asparajin içeriğinin değişimi (MD:mikrodalga, KZ:kızartma ve F:fırınlama, ısıt işlem düzeyi Ç:çığ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).



Şekil 5.7 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor (C) ısıt işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde lizin içeriğinin değişimi (MD:mikrodalga, KZ:kızartma ve F:fırınlama, ısıt işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Beyaz soğan örneklerinde fırınlama ve mikrodalga uygulaması ile asparajin ve lizin içeriğinde artış gözlenmiş ancak her iki ısıt işlem içinde ısıt işlem süresi arttıkça asparajin ve lizin içeriği azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.6A-5.7A). Sarı ve mor soğan örneklerinde mikrodalga uygulaması ile ısıt işlem düzeyi arttıkça asparajin ve lizin içeriği azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.6B-5.7B ve 5.6C-5.7C). Fırınlanan sarı soğan örneklerinde asparajin ve lizin içeriği belli bir düzeye kadar artmış ancak ısıt işlem süresi arttıkça asparajin ve lizin içeriği hızla azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.6B-5.7B). Fırınlanan mor soğan örneklerinde ise asparajin içeriği belli bir düzeye kadar artmış ancak ısıt işlem süresi arttıkça asparajin içeriği hızla azalırken lizin içeriği ısıt işlem süresinin artmasıyla azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.6C-5.7C).

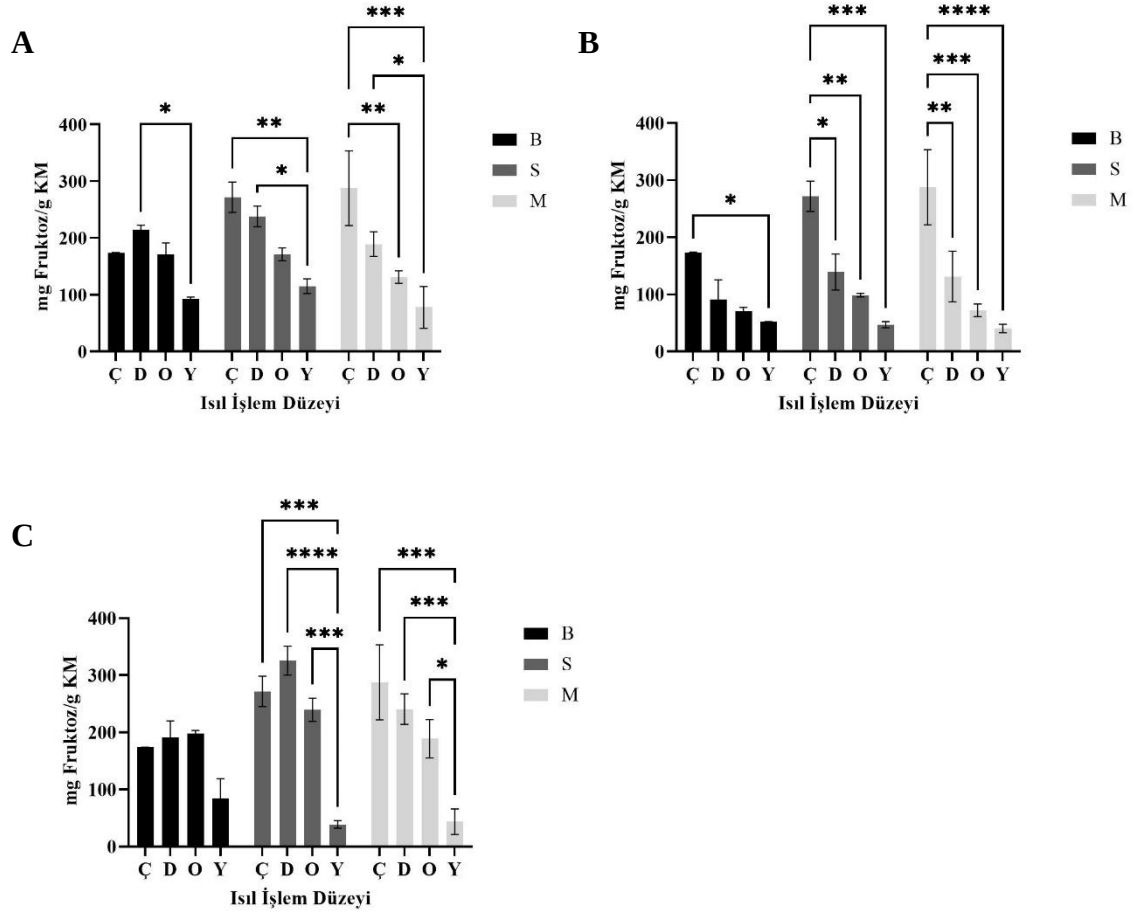
Kızartılan örneklerde KM'ye yağ da dahildir. Düşük düzeyde ısıt işlem uygulanan örneklerde dahi asparajin ve lizin içeriğinde ciddi bir azalma görülmüş bu durum göreceli olarak kuru madde içeriğindeki yağ oranının artışı ile açıklanabilir. Kızartılan örneklerde ısıt

işlem düzeyi arttıkça asparajin ve lizin içeriği azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.6A-5.7A, 5.6B-5.7B ve 5.6C-5.7C).

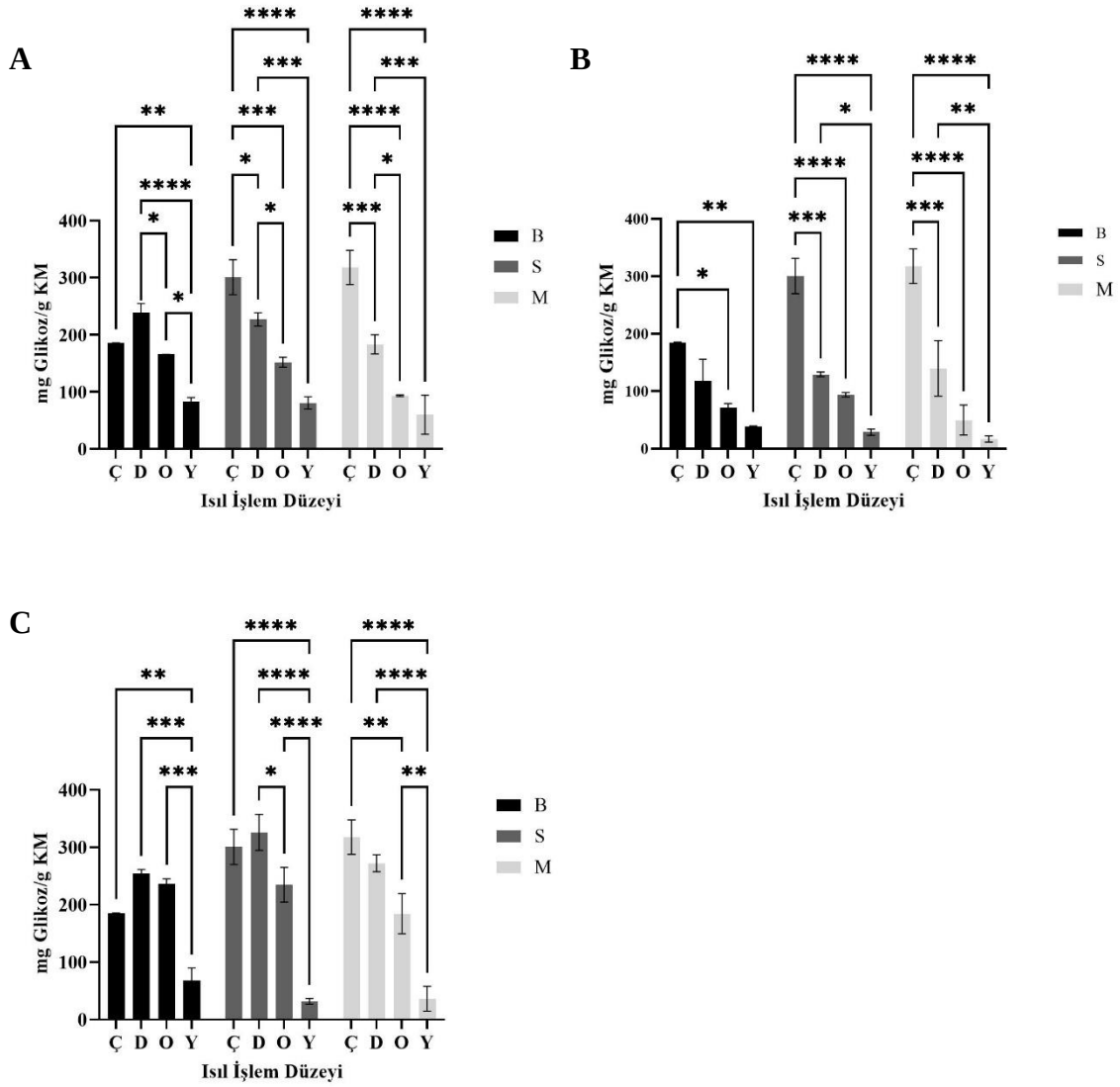
Fırınlama ve mikrodalga uygulaması ile bazı örneklerde amino asit içeriğinde artış meydana gelmiştir. Bu durum protein yapısında bulunan amino asitlerin ısıl işlem koşullarında hidrolize olarak serbest hale geçmesiyle açıklanabilir. Uygulanan tüm ısıl işlem çeşitlerinde ısıl işlem düzeyi arttıkça (özellikle orta ve yüksek düzeyde) amino asit içeriği de azalmıştır. Asparajin amino asidi için en yüksek kayıp 40 dk fırınlanan mor soğan örneğinde %97,2 olurken lizin amino asidi için en yüksek kayıp %98,4 ile 40 dk fırınlanan mor soğan örneğinde olmuştur. Bu azalma amino asitlerin yapısal parçalanması ve soğan materyalinin içerdiği fruktoz, glukoz gibi indirgen şekerlerin varlığında meydana gelen Maillard reaksiyonunda reaktant olarak kullanılmasıyla açıklanabilir. Yapılan bir çalışmada kahve çekirdeklerinin farklı sıcaklıklarda kavrulması sırasında asparajin başta olmak üzere serbest amino asit profilindeki değişim incelenmiştir. Kavrurma süresi ve sıcaklık arttıkça tüm amino asitlerin seviyelerinin hızla azaldığı sıcaklık 180 °C'ye ulaştığında ise toplam serbest amino asit seviyesinde yaklaşık %59,5'luk bir kayıp olduğu bildirilmiştir (Hu ve diğ., 2021). Yapılan bir başka çalışmada ise farklı pişirme yöntemlerinin yer fıstığının, aminoasit içeriğine etkisi incelenmiştir. Toplam serbest aminoasit içeriğinin, kızartmadan sonra %45,1, haşlanmış ve kavrulmuş fıstıkta ise sırasıyla %16,6 ve %14,7 oranında azaldığı bildirilmiştir (Guo ve diğ., 2020). Araştırmacılar bu azalmanın Maillard reaksiyonu sırasında amino asitlerin reaktant olarak kullanılması ile açıklanabileceğini bildirmişlerdir.

5.6 Şeker Analizi

Soğan örneklerinde farklı ısıl işlemler sonrası şeker profilinde (glukoz, fruktoz ve sakkaroz) meydana gelen değişim incelenmiş ve meydana gelen değişim grafiklerle ifade edilmiştir. Grafiklerde görsel sadeleğin sağlanması amacıyla tüm örneklerin birbiri ile kıyası ve istatistiksel olarak önemsiz bulunan (ns) kıyaslamalar grafik üzerinde gösterilmemiştir. Örneklerin ısıl işlem düzeylerine karşılık gelen ısıl işlem süresi Çizelge 5.3'de detaylı olarak verilmiştir. Fruktoz içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 5.8 ve 5.9'da, glukoz içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 5.10 ve 5.11'de sakkaroz içeriğinde meydana gelen değişim ise Şekil 5.12 ve 5.13'de verilmiştir.



Şekil 5.8 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısı işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde fruktoz içeriğinin değişimi (B:beyaz, S:sarı ve M:mor soğan; ısı işlemleri düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).



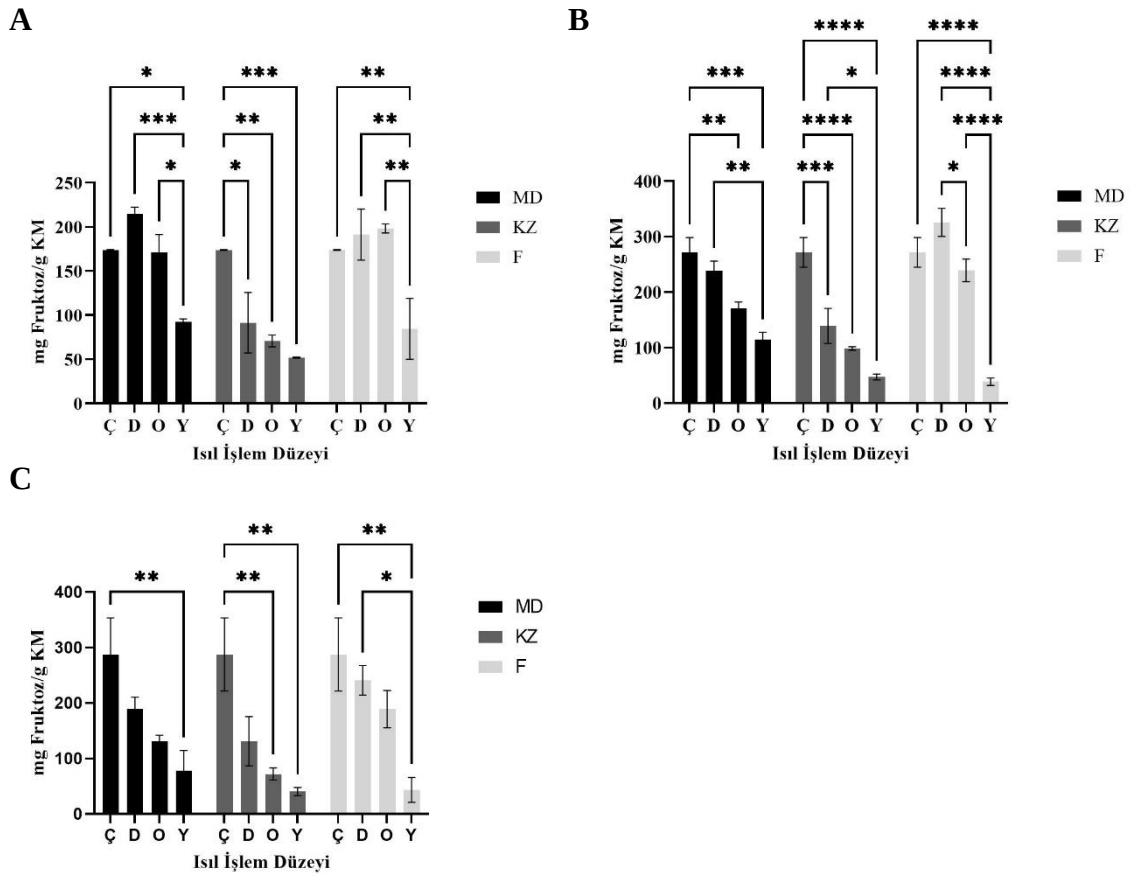
Şekil 5.9 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısıtma işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde glukoz içeriğinin değişimi (B:beyaz, S:sarı ve M:mor soğan; ısıtma işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Mikrodalga uygulanan sarı ve mor soğan örneklerinde fruktoz ve glukoz içeriği ısıtma işlem düzeyinin artmasıyla azalmıştır ($p<0,05$). Beyaz soğan örneklerinde ise fruktoz ve glukoz içeriği ısıtma işlem düzeyinin artmasıyla belli bir düzeye kadar artmış ancak ısıtma işlem süresinin daha fazla artmasıyla azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.8A-5.9A).

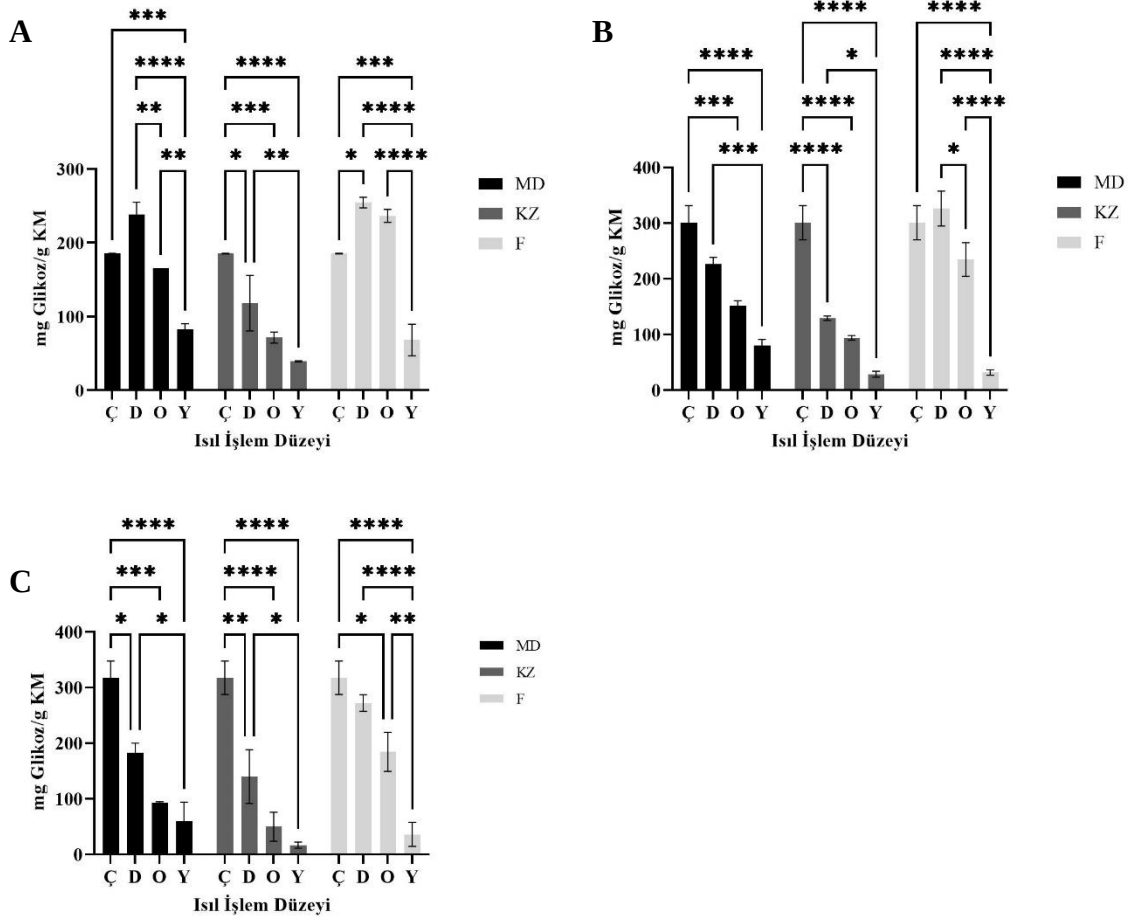
Kızartılan örneklerde KM'ye yağ da dahildir. Düşük düzeyde ısıtma işlem uygulanan örnekte dahi fruktoz ve glukoz içeriğinde ciddi bir azalma görülmüşse de bu durum göreceli olarak kuru madde içerisindeki yağ oranının artışı ile açıklanabilir. Kızartılan beyaz, sarı

ve mor soğan örneklerinde ısıt işlem düzeyi arttıkça fruktoz ve glukoz içeriği azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.8B-5.9B).

Fırınlanan beyaz ve sarı soğan örneklerinde 20 dk fırınlama ile fruktoz ve glukoz içeriği artarken ısıt işlem süresinin artmasıyla fruktoz ve glukoz içeriği azalmıştır. Ancak fruktoz içeriğindeki değişim sarı soğan için istatistiksel olarak anlamlı bulunurken beyaz soğan için istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Fırınlanan mor soğan örneklerinde fruktoz ve glukoz içeriği ısıt işlem süresinin artmasıyla azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.8C-5.9C).



Şekil 5.10 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısıt işlemler uygulaması sonrası fruktoz içeriğinin değişimi (MD:mikrodalga, KZ:kızartma ve F:fırınlama, ısıt işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

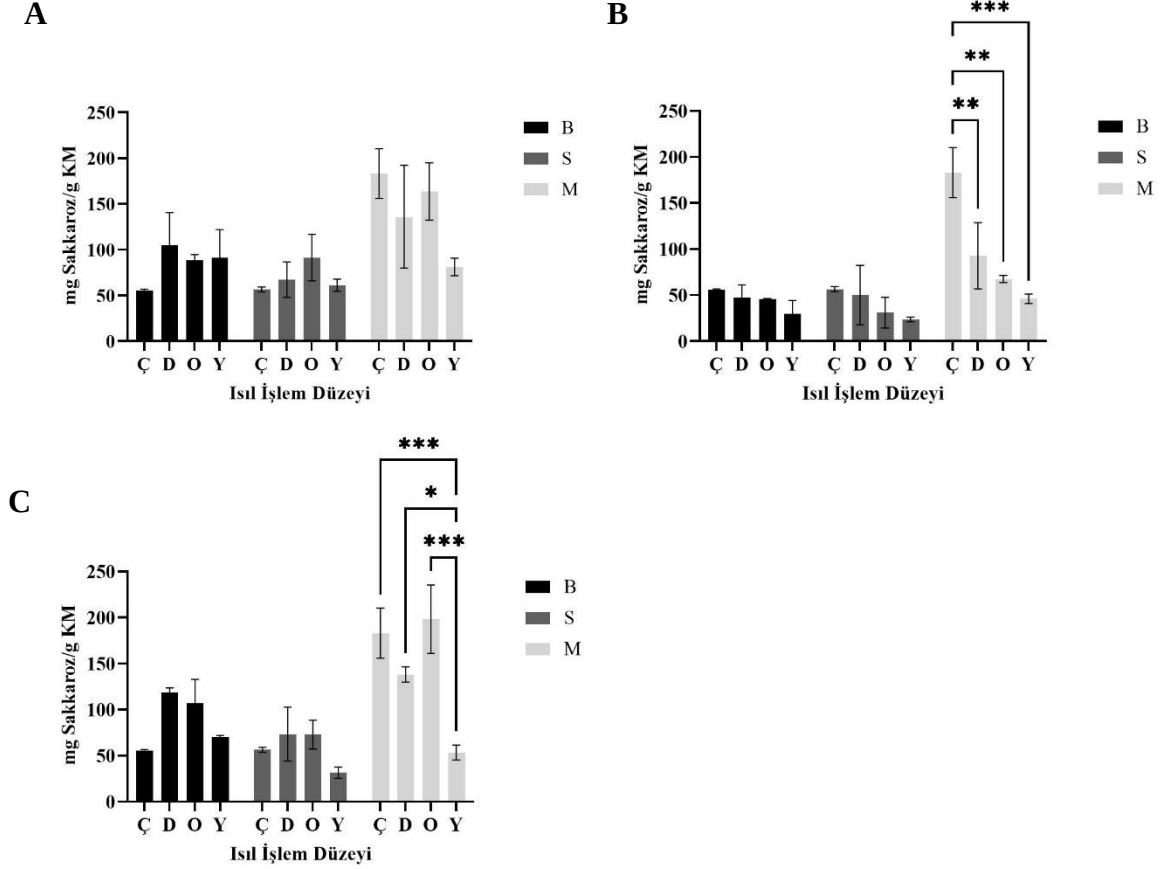


Şekil 5.11 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısıl işlemler uygulaması sonrası glikoz içeriğinin değişimi (MD:mikrodalga, KZ:kızartma ve F:fırlama, ısıl işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Beyaz soğan örneklerinde fırınlama ve mikrodalga uygulaması ile fruktoz ve glukoz içeriğinde artış gözlenmiş ancak her iki ısıl işlem içinde ısıl işlem süresi arttıkça fruktoz ve glukoz içeriği azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.11A-5.12A). Mor soğan örneklerinde fırınlama ve mikrodalga uygulaması ile ısıl işlem düzeyi arttıkça fruktoz ve glukoz içeriği azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.11C-5.12C). Sarı soğan örneklerinde mikrodalga uygulaması ile ısıl işlem düzeyi arttıkça fruktoz ve glukoz içeriği azalmıştır ($p<0,05$). Fırınlanan sarı soğan örneklerinde 20 dk fırınlama ile fruktoz ve glukoz içeriği belli bir düzeye kadar artmış ancak ısıl işlem süresi arttıkça hızla azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.11B-5.12B).

Kızartılan örneklerde KM'ye yağ da dahildir. Düşük düzeyde ısıl işlem uygulanan örnekte dahi fruktoz ve glukoz içeriğinde ciddi bir azalma görülmüşse bu durum göreceli olarak kuru madde içerisindeki yağ oranının artışı ile açıklanabilir. Kızartılan örneklerde ısıl

işlem düzeyi arttıkça fruktoz ve glukoz içeriği de azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.11A-5.12A, 5.11B-5.12B ve 5.11C-5.12C).



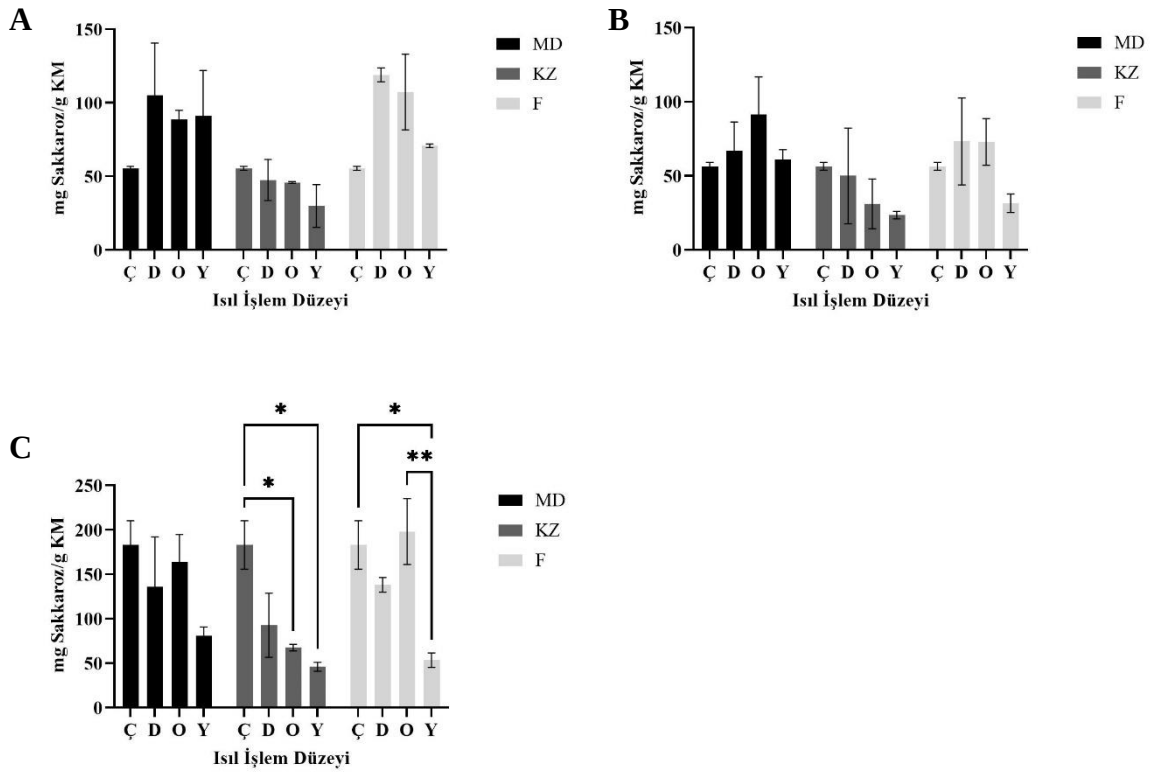
Şekil 5.12 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısıtma işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde sakkaroz içeriğinin değişimi (B:beyaz, S:sarı ve M:mor soğan; ısıtma işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Mikrodalga uygulanan sarı ve beyaz soğan örneklerinde sakkaroz içeriği ısıtma işlem düzeyinin artmasıyla belli bir düzeye kadar artmış ardından ısıtma işlem süresinin artmasıyla azalmıştır ancak bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Mor soğan örneklerinde ise sakkaroz içeriği önce azalmış ardından düşük miktarda bir artış göstermiş ısıtma işlem süresinin artması ile azalmıştır ancak bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Şekil 5.12A).

Kızartılan örneklerde KM'ye yağ da dahildir. Düşük düzeyde ısıtma işlem uygulanan örnekte dahi fruktoz ve glukoz içeriğinde ciddi bir azalma görülmüş bu durum göreceli olarak kuru madde içerisindeki yağ oranının artışı ile açıklanabilir. Kızartılan beyaz ve sarı ve mor soğan örneklerinde ısıtma işlem düzeyi arttıkça sakkaroz içeriği azalmış ancak beyaz

ve sarı soğan örneklerinde bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Mor soğan örneklerinde ise bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$) (Şekil 5.12B).

Fırınlanan beyaz ve sarı soğan örneklerinde 20 dk fırınlama ile sakkaroz içeriği artarken ısıtma işlem süresinin artmasıyla sakkaroz içeriği azalmıştır ancak bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Mor soğan örneklerinde ise sakkaroz içeriği önce azalmış ardından düşük miktarda bir artış göstermiş ısıtma işlem süresinin artması ile azalmıştır ancak bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Şekil 5.12C).



Şekil 5.13 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısıtma işlemleri uygulaması sonrası sakkaroz içeriğinin değişimi (MD:mikrodalga, KZ:kızartma ve F:fırınlama, ısıtma işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Sarı ve beyaz soğan örneklerinde fırınlama ile sakkaroz içeriği belli bir miktar artmış ancak ısıtma işlem düzeyinin artışıyla sakkaroz içeriği azalmıştır. Sarı ve beyaz soğan örneklerinde mikrodalga uygulaması ile soğan çeşitlerinde sakkaroz içeriği farklı davranış göstermiştir; beyaz soğanda en yüksek sakkaroz içeriği 3 dk bekletilen örnekte olurken sarı soğan içinse en yüksek içerik 5 dk bekletilen örnekte olmuştur. Sürenin artması ile

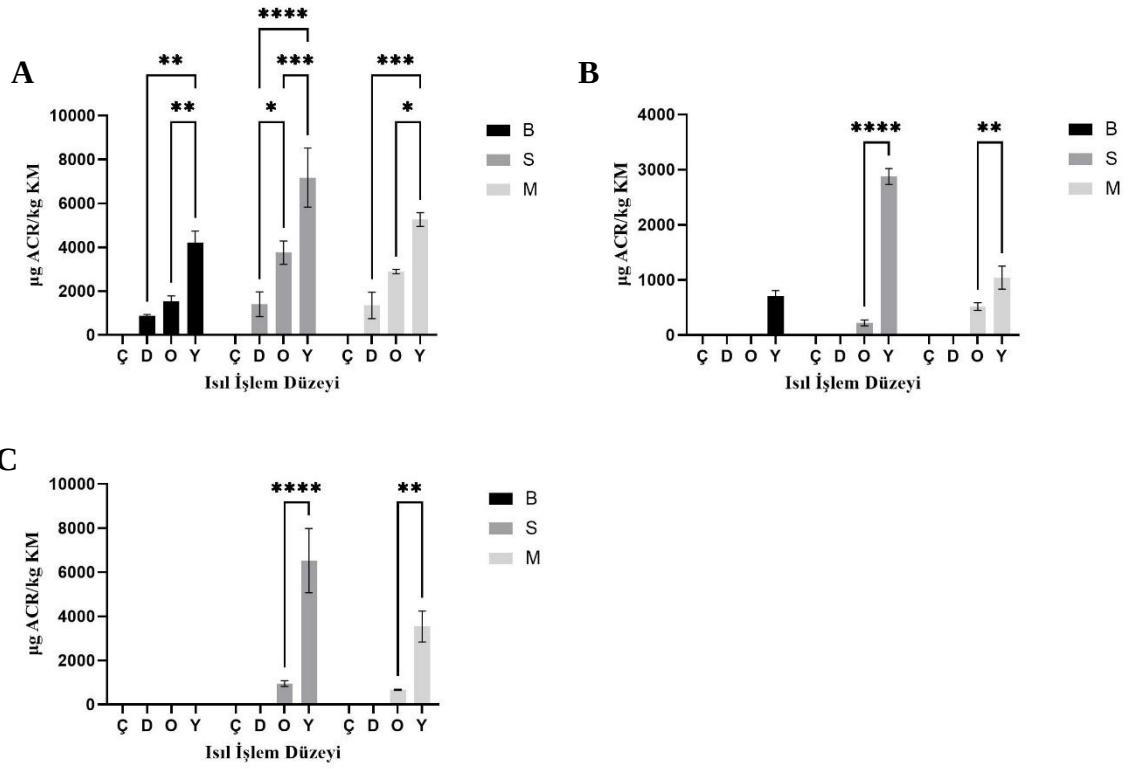
sakkaroz içeriği azalmıştır. Kızartılan sarı ve beyaz soğan çeşitlerinde ısıl işlem düzeyi arttıķa sakkaroz içeriği azalmıştır. Sarı soğan ve beyaz soğan için belirtilen değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (şekil 5.13A-5.13B). Mikrodalga uygulanan ve fırınlanan mor soğan örneklerinde ısıl işlem uygulamaları sonrası sakkaroz içeriğinde azalma meydana gelmiş ardından sakkaroz içeriği tekrar artmıştır. Ancak yüksek düzeyde ısıl işlem gören örneklerde sakkaroz içeriği tekrardan azalmıştır. Mikrodalga uygulanan örnekler için bu değişim istatistiksel olarak anlamlı olmazken fırınlanan örnekler için bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Kızartılan mor soğan örneklerinde sakkaroz içeriği ısıl işlem düzeyinin artması ile azalmıştır ($p<0,05$) (şekil 5.13C).

Fırınlama ve mikrodalga uygulaması ile bazı örneklerde şeker içeriğinde artış meydana gelmiştir. Bu durum fruktanlar ve nişasta gibi karbohidrat polimerlerinin kısmi parçalanması veya soğan dokusundaki proteinlere bağlı bulunan şekerlerin serbest hale geçmesiyle açıklanabilir. Uygulanan tüm ısıl işlem çeşitlerinde ısıl işlem düzeyi arttıķa şeker içeriği de azalmıştır. Sakkaroz içeriğindeki değişim glukoz ve fruktoza göre daha düzensiz bir trend izlemiştir. Fruktoz ve glukozun aksine sakkaroz, indirgen şekerlere hidrolize olana kadar Maillard reaksiyonlarına girmez (Buv ve diğ, 2021). ısıl işlem süresinin artışı ile şeker içeriğindeki meydana gelen bu azalma soğan örneklerinin yapısında bulundurduğu amino asit veya peptitlerin sahip olduğu serbest amino grubu ile Maillard reaksiyonuna girmesi, şekerlerin karamelizasyon reaksiyonu vermeleri veya yapısal parçalanması sonucunda azalması ile açıklanabilir. Yapılan bir çalışmada sarı, beyaz ve kırmızı soğan eşitleri dondurarak kurutulmuş, kurutma sonrası 80 C, 100 C, 120 C ve 150 C sıcaklığa ayarlanmış fırında 30 dk bekletilen soğan örneklerinin şeker içeriği belirlenmiştir. Tüm soğan çeşitlerinde, sıcaklık 100 C'ye yükselene kadar şeker içeriğindeki azalmanın minimum olduğu bildirilmiştir. Sıcaklığın 120 C'den 150 C'ye yükselmesiyle kırmızı soğan çeşidinde %74'e varan glukoz ve %64'e varan fruktoz kaybı, sarı soğan çeşidinde ise glukoz ve fruktoz için sırasıyla %50 ve %63'lk bir kayıp bildirilmiştir. Beyaz soğan çeşidinde ise glukoz ve fruktozda %10-12 oranında bir kayıp bildirilmiştir (Sharma ve diğ, 2015). Çalışma kapsamında elde edilen verilere göre soğan örneklerinin toplam şeker içeriğindeki azalma da benzer bir durum göstermiştir. Toplam şeker içeriğindeki en az kayıp %35,77 ile 7 dk mikrodalga uygulanan beyaz soğan örneğinde olurken en yüksek kayıp %86,89 ile 9 dk kızartılan mor soğan örneğinde olmuştur. Yapılan başka bir çalışmada havuç örneklerine konveksiyonel kurutma işlemi

uygulanmıştır. Kurutulan örneklerin glukoz fruktoz, sakkaroz içeriğindeki değişim belirlenmiştir. Çiğ örnekteki fruktoz, glukoz ve sakkaroz içeriği sırasıyla $146,2 \pm 0,8$, $106,6 \pm 7,2$, $291,4 \pm 3,5$ mg/g KM olarak bildirilmiştir. Kurutulan havuç örneklerinin fruktoz, glukoz ve sakkaroz içeriği ise sırasıyla $85,2 \pm 4,5$, $58,3 \pm 4,1$, $314,0 \pm 13,6$ mg/g KM olarak bildirilmiştir (Soria ve diğ, 2009).

5.7 Akrilamid

Çeşitli araştırmalar sonrası genotoksik ve kanserojen özellikleri ortaya koyulan akrilamid bir ısıl işlem bulaşanıdır ve karbonhidratça zengin gıdalarda ısıl işlem koşullarına göre yüksek düzeylerde oluşabilmektedir. Diyetle maruz kalma, gıda ürünlerinin akrilamid içeriğinin ve tüketilen miktarın bir fonksiyonu olup tüketim sıklığı ve tüketim miktarındaki artış maruziyeti önemli düzeyde arttırabilmektedir (Lineback ve diğ, 2012). Soğan örneklerinde farklı ısıl işlemler sonrası akrilamid içeriğinde meydana gelen değişim incelenmiştir. Grafiklerde görsel sadeleğin sağlanması amacıyla tüm örneklerin birbiri ile kıyası ve istatistiksel olarak önemsiz bulununan (ns) kıyaslamalar grafik üzerinde gösterilmemiştir. Örneklerin ısıl işlem düzeylerine karşılık gelen ısıl işlem süresi Çizelge 5.3’de detaylı olarak verilmiştir. Akrilamid içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 5.14 ve 5.15’de verilmiştir.

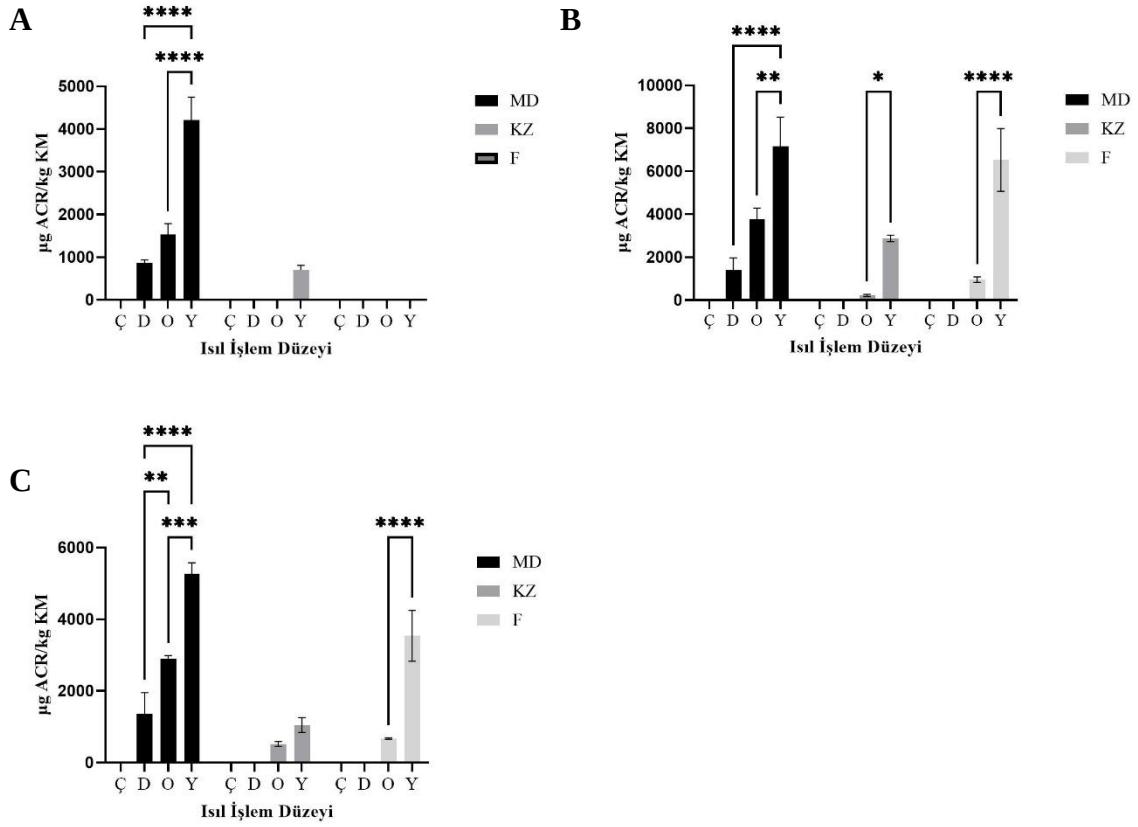


Şekil 5.14 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısıt işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde akrilamid içeriğinin değişimi (B:beyaz, S:sarı ve M:mor soğan; ısıt işlem düzeyi Ç:çığ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Mikrodalga işlemi uygulanan soğan örneklerinde ısıt işlem düzeyi arttıkça akrilamid içeriği de artmıştır ($p<0,05$). En yüksek akrilamid içeriği 7 dk mikrodalga uygulanan sarı soğan örneğinde $7173,54 \pm 1347,19$ $\mu\text{g/kg KM}$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.14A).

Kızartılan soğan örneklerinde ısıt işlem düzeyi arttıkça akrilamid içeriği de artış göstermiştir ($p<0,05$). En yüksek akrilamid içeriği 9 dk kızartılan sarı soğan örneğinde $2878,16 \pm 144,94$ $\mu\text{g/kg KM}$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.14B).

Fırınlanan mor ve sarı soğan örneklerinde ısıt işlem düzeyi arttıkça akrilamid içeriği de artış göstermiştir ($p<0,05$). Beyaz soğan örneklerinde akrilamid tespit edilmemiştir. En yüksek akrilamid içeriği 40 dk fırınlanan sarı soğan örneğinde $6529,92 \pm 1455,47$ $\mu\text{g/kg KM}$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.14C).



Şekil 5.15 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısı işlemleri uygulaması sonrası akrilamid içeriğinin değişimi (MD:mikrodalga, KZ:kızartma ve F:fırınlama, ısı işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Mikrodalga uygulanan beyaz soğan örneklerinde ısı işlem düzeyi arttıkça akrilamid içeriği de artış göstermiştir ($p<0,05$). Fırınlanan örneklerde akrilamid tespit edilmezken kızartılan örneklerde ise sadece 9 dk kızartılan örnekte akrilamid tespit edilmiştir. Beyaz soğan örneklerinde en yüksek akrilamid içeriği 7 dk mikrodalga uygulanan örnekte $4214,19 \pm 533,15$ µg/kg KM olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.15A).

Mikrodalga uygulanan, kızartılan ve fırınlanan sarı ve mor soğan örneklerinde ısı işlem düzeyi arttıkça akrilamid içeriği de artış göstermiştir ($p<0,05$). Kızartılan mor soğan örneklerin akrilamid içeriğindeki artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Sarı soğan ve mor soğan örneklerinde en yüksek akrilamid içeriği 7 dk mikrodalga uygulanan örnekte tespit edilmiştir (Şekil 5.15B-5.15C).

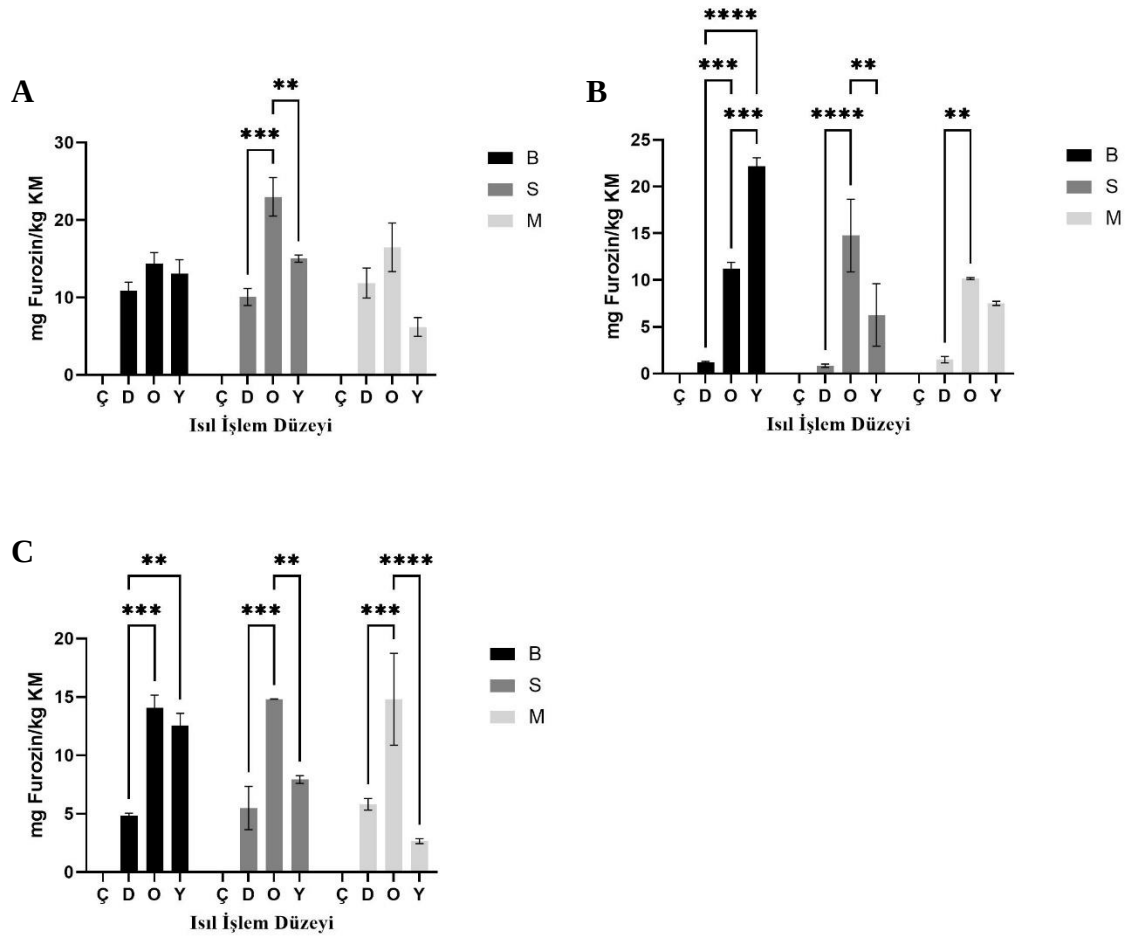
Gıdalarda akrilamid oluşumunda temel reaksiyon Maillard reaksiyonudur. Kararlı izotop etiketli deneyler akrilamid molekülünün omurgasının asparajin amino asidinden kaynaklandığını göstermiştir. Soğan örneklerinde ısıtma işlemi düzeyi arttıkça genel olarak akrilamid içeriği de artmıştır. Yapılan bir çalışmada soya fasulyesine ekstrüzyon, kızılötesi ve mikrodalga ısıtma işlemleri uygulandıktan sonra Maillard reaksiyonu akrilamid oluşum düzeyi ile takip edilmiştir. En yüksek akrilamid içeriğinin $69,49 \pm 1,13 \mu\text{g/g}$ ile 140°C 'de kızıl ötesi ısıtma işlemi uygulanan örnekte olduğu bildirilmiştir. Mikrodalgada ısıtma sırasında akrilamid konsantrasyonunun 90°C 'de iki dk bekletilme ile hızla $59,82 \pm 2,79 \text{ ng/g}$ değerine ulaştığı ancak ısıtma süresinin uzamasıyla azaldığı bildirilmiştir (Žilić ve diğ, 2014). Farklı pişirme yöntemlerinin yer fıstığında akrilamid oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada en yüksek akrilamidin kızartılmış fıstıkta ardından kavrulmuş fıstıkta olduğu bildirilmiştir (Guo ve diğ, 2020). Yapılan bir başka çalışmada kahve çekirdeklerinin farklı sıcaklıklarda kavrulması sırasında akrilamid oluşumu incelenmiştir. Akrilamid içeriğinin sıcaklık artışı ile 180°C 'de $974 \pm 29 \mu\text{g / kg}$ ile maksimum düzeye ulaştıktan sonra sıcaklığın artmasıyla $109 \pm 18 \mu\text{g / kg}$ 'a düştüğü bildirilmiştir (Hu ve diğ, 2021). Isıtma işlemi düzeyi arttıkça soğan örneklerinin akrilamid içeriği artmıştır ancak bazı çalışmalarda sürenin uzamasıyla akrilamid içeriğinde azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Zilic ve diğ, 2013; Hu ve diğ, 2021). Araştırmacılar bu azalmanın akrilamidin parçalanması ile açıklanabileceğini bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada ise genel olarak ısıtma işlemi düzeyi arttıkça akrilamid içeriği de artış göstermiştir. Bu durum çalışılan materyalin ve koşulların farklı olması ile açıklanabilir. Isıtma işlemi tipleri arasında en yüksek akrilamid oluşumu mikrodalga uygulanan örneklerde olurken soğan çeşitleri içinse en yüksek akrilamid oluşumu sarı soğanda olmuştur. Yapılan model sistemlerde glisin ve aspartik asit varlığının akrilamid oluşumunu sınırlandırdığı bunun yanı sıra (Trp, Ala, Phe, Cys, Gln, Arg, Ser ve Lys) varlığının ise akrilamid oluşumunu arttırdığı bildirilmiştir (Hu ve diğ, 2021). Mor çiğ soğan en yüksek serbest asparajin içeriğine sahip olmasına rağmen en yüksek akrilamid içeriği sarı soğanda tespit edilmiştir. Bu durum soğan çeşitlerinin içerdiği diğer bileşenlerdeki farklılık ile açıklanabilir (rakip amino asit varlığı, indirgen şeker, serbest asparajin, sakkaroz vb.).

5.8 Furozin

Furozin, lizince fakir tahıl ürünlerinin yanı sıra süt ürünleri başta olmak üzere birçok farklı üründe termal hasar derecesinin belirlenmesinde yararlı bir göstergedir (Mesías ve diğ, 2019; Gökmen ve diğ, 2009). Biyoyararlanabilir durumda olmayan lizin

miktarı, üretim teknolojilerinin gıda proteinlerinin besin değeri üzerindeki etkisini değerlendirmek için indikatör olarak kullanılır (Giannetti ve diğ, 2021).

Soğan çeşitlerinde farklı ısıtma işlemleri sonrası furozin içeriğinde meydana gelen değişim incelenmiştir. Grafiklerde görsel sadeleşme sağlanması amacıyla tüm örneklerin birbiri ile kıyası ve istatistiksel olarak önemsiz bulununan (ns) kıyaslamalar grafik üzerinde gösterilmemiştir. Örneklerin ısıtma işlem düzeylerine karşılık gelen ısıtma işlem süresi Çizelge 5.3’de detaylı olarak verilmiştir. Furozin içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 5.16 ve 5.17’de verilmiştir.



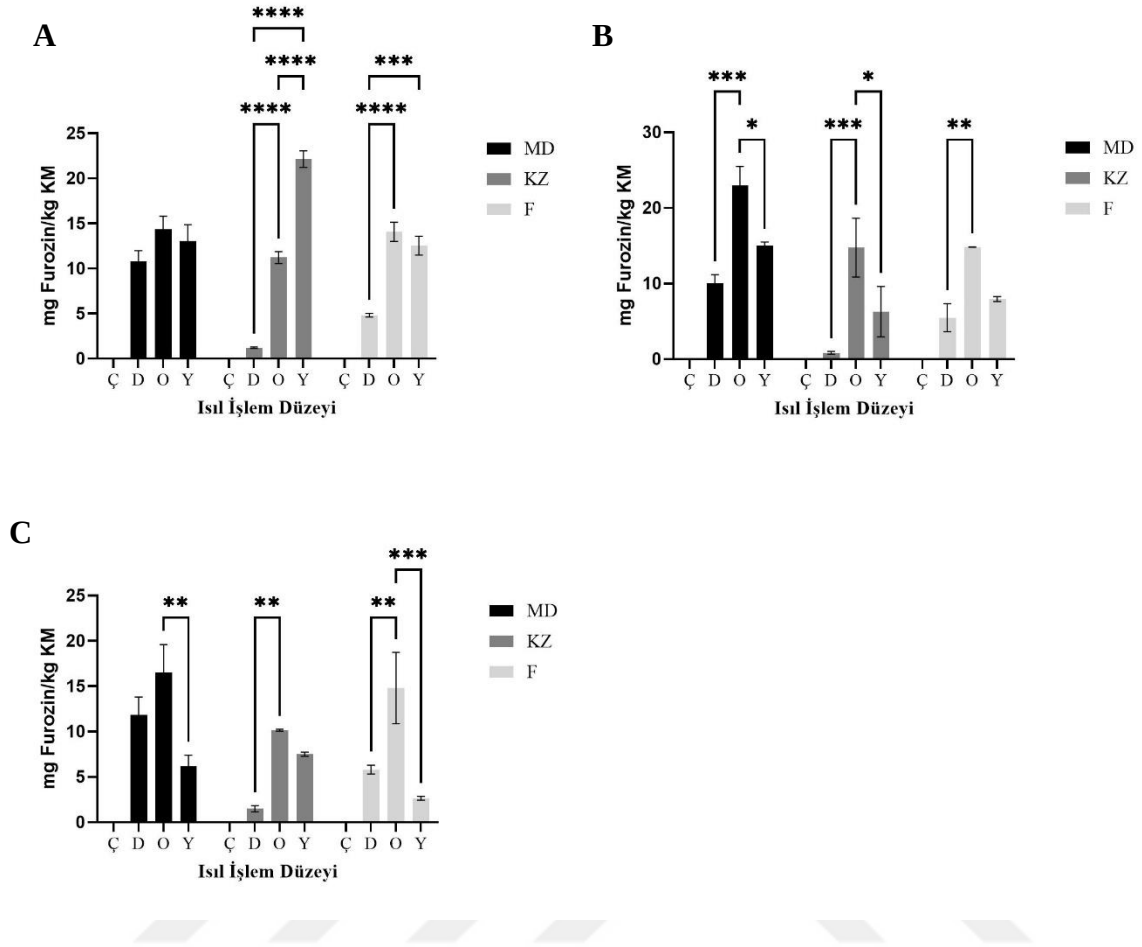
Şekil 5.16 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısıtma işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde furozin içeriğinin değişimi (B:beyaz, S:sarı ve M:mor soğan; ısıtma işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Mikrodalga uygulanan tüm soğan örneklerinde ısıtma işlem süresinin artışına paralel olarak furozin içeriği artmış ancak sürenin uzamasıyla furozin içeriği azalmıştır. Sarı soğan

örneklerinde bu değişim istatistiki olarak anlamlı bulunurken mor ve beyaz soğan için bu değişim istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır. Soğan çeşitleri arasında en yüksek furozin içeriği 5 dk mikrodalga uygulanan sarı soğan örneğinde $23,00 \pm 2,48$ mg furozin /kg KM olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.16A).

Kızartılan sarı ve mor soğan örneklerinde ısıtma işlemi düzeyi arttıkça furozin içeriği belli bir düzeye kadar artış göstermiş ancak ısıtma işlemi süresinin artmasıyla azalmıştır ($p < 0,05$). Beyaz soğan örneklerinde ise ısıtma işlemi düzeyi arttıkça furozin içeriği de artmıştır ($p < 0,05$). Çiğ örneklerde furozin tespit edilmemiştir. Sarı ve mor soğan örneklerinde en yüksek furozin 7 dk kızartılan örneklerde tespit edilirken beyaz soğan örneklerinde ise en yüksek furozin 9 dk kızartılan örnekte tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Soğan çeşitleri arasında en yüksek furozin içeriği 9 dk kızartılan beyaz soğan örneğinde $21,17 \pm 0,92$ mg furozin /kg KM olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.16B).

Fırınlanan soğan örneklerinde ısıtma işlemi süresinin artışına paralel olarak furozin içeriği artmış ancak sürenin uzamasıyla furozin içeriği azalmıştır ($p < 0,05$). En yüksek furozin içeriği 30 dk fırınlanan sarı soğan örneğinde $14,83 \pm 0,02$ mg furozin /kg KM olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.16C).



Şekil 5.17 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısıl işlemler uygulaması sonrası furozin içeriğinin değişimi (MD:mikrodalga, KZ:kızartma ve F:fırınlama, ısıl işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Mikrodalga uygulanan ve fırınlanan beyaz, sarı ve mor soğan örneklerinde ısıl işlem düzeyi arttıkça furozin içeriği de artış göstermiş ancak sürenin uzamasıyla furozin içeriği azalmıştır ($p<0,05$). Kızartılan beyaz soğan örneklerinde ısıl işlem düzeyinin artışına paralel olarak furozin içeriği artış göstermiş, sarı ve mor soğan örneklerinde ise ısıl işlem düzeyi arttıkça furozin içeriği belli bir düzeye kadar artmış ancak ısıl işlem süresinin artmasıyla azalmıştır ($p<0,05$). Beyaz soğan örneklerinde en yüksek furozin içeriği 9 dk kızartılan örnekte $21,17 \pm 0,92$ mg furozin /kg KM olarak tespit edilirken sarı soğan örneğinde ise en yüksek furozin içeriği 5 dk mikrodalga uygulanan örnekte $23,00 \pm 2,48$ mg furozin /kg KM olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.17A-5.17B-5.17C).

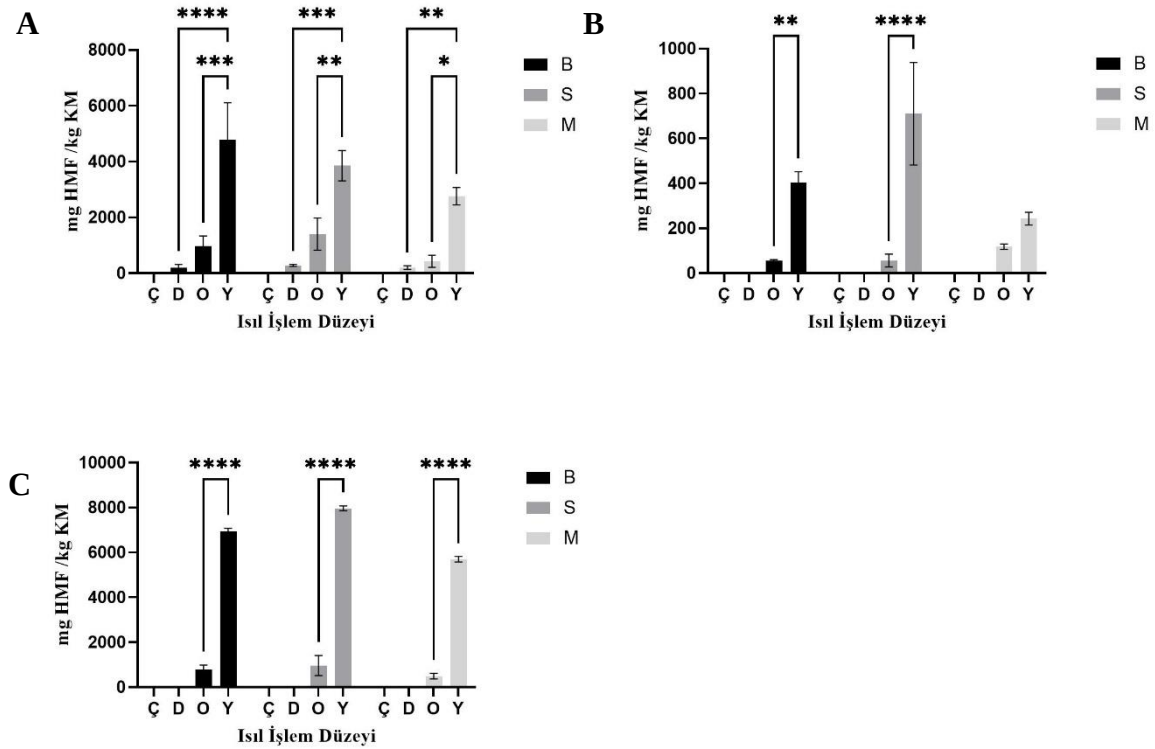
Furozin, Maillard reaksiyonunun erken aşamalarında oluşan lizin Amadori bileşiğinin asit ile hidrolizi sırasında oluşur (Gong ve diğ, 2019). Furozin içeriği genel olarak ısıtma işlem süresi arttıkça artış göstermiş ancak sürenin uzamasıyla furozin içeriği azalmıştır. Yapılan bir çalışmada soya fasulyesine ekstrüzyon, kızılötesi ve mikrodalga ısıtma işlemleri uygulanmıştır. Uygulamalar sonrası meydana gelen Maillard reaksiyonu furozin oluşumu ile takip edilmiştir. Furozin ekstrüzyon, kızılötesi ve mikrodalgayla ısıtma sırasında hafif ısıtma koşulları altında hızla oluşmuştur. 20–30 saniye 100 °C'de ekstrüzyon ve 40 saniye boyunca 100 °C'de kızılötesi ısıtmayla, başlangıçtaki furozin içeriğinde ortalama %46,5 oranında artışa neden olduğu bildirilmiştir. En yüksek furozin içeriğinin $66,55 \pm 0,37 \mu\text{g/g}$ ile 140 °C'de ekstrüzyon işlemi uygulanan örnekte olduğu mikrodalga ısıtma sırasında, furozin konsantrasyonunun $56,07 \pm 0,43 \mu\text{g/g}$ ile maksimum değere yükseldiği ve ardından sıcaklık artışıyla furozin içeriğinin azaldığı bildirilmiştir (Žilić ve diğ, 2014). Bir başka çalışmada ise çay işlenmesi ve depolamasının furozin oluşumu üzerine etkileri incelenmiştir. Yeşil ve siyah çay (laboratuvar ölçeğinde işlenmiş) örneklerinin furozin içeriği belirlenmiştir. Siyah çay için en yüksek furozin oluşumunun son işlem basamağında %3–%5 nem içeriğine kadar kurutulması sırasında, yeşil çay içinse en yüksek artışın 50 °C’ de %30 nem içeriğine kadar kurutulması sırasında olduğu, son işlem basamaklarında ise furozin içeriğinin azaldığı bildirilmiştir (Pérez-Burillo ve diğ, 2019b).

Elde edilen sonuçlar literatürdeki mevcut çalışmalarla uyumludur (Zilic ve diğ, 2013; Perez-Burillo ve diğ, 2019b). Araştırmacılar sıcaklık artışı ile furozin miktarında meydana gelen azalmanın, Maillard reaksiyonunun erken aşamalarında oluşan furozinin reaksiyonun ileri aşamalarında karboksimetilizin (CML) gibi diğer bileşiklere dönüşebileceğinden azalmış olabileceğini bildirmişlerdir. Tez kapsamında elde edilen verilere göre ısıtma işlem tipleri arasında en yüksek furozin oluşumu mikrodalga uygulanan örneklerde olurken soğan çeşitleri için ise en yüksek furozin oluşumu sarı soğanda olmuştur. Yapılan bir çalışmada işlem çeşidinin (çiğ, haşlanmış, buharda pişirilmiş, ızgaralanmış, panelenmiş, kavrulmuş ve kızartılmış) ve işlem süresinin (çiğ, normal ve iyi pişmiş), soğan da dâhil olmak üzere yaygın olarak tüketilen 23 sebze Maillard reaksiyonunun gelişimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Isıtma işlem süresi arttıkça furozin içeriğinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Paneleme ve kızartma işlemlerinin diğer işlem çeşitlerine göre daha yüksek furozin oluşumuna neden olduğu ve oluşan furozin içeriğinin ise sırasıyla 86,3 ve 82,1 mg furozin/kg örnek olduğu bildirilmiştir (Pérez-Burillo ve diğ,

2019a). Yapılan bir çalışmada kahvaltılık gevreklerin furozin ve HMF içeriği belirlenmiştir. %7,5 üzerindeki protein içeriğinin furozin içeriğini iki katına çıkardığı bunun yanı sıra lif ve şeker içeriğinin furozin içeriğinde farklılığa yol açtığı bildirilmiştir (Mesías ve diğ, 2019). Soğan örneklerinde meydana gelen bu farklılıklar örneklerin lizin, rakip amino asitler, indirgen şeker vb. içeriğindeki farklılıklarla açıklanabilir.

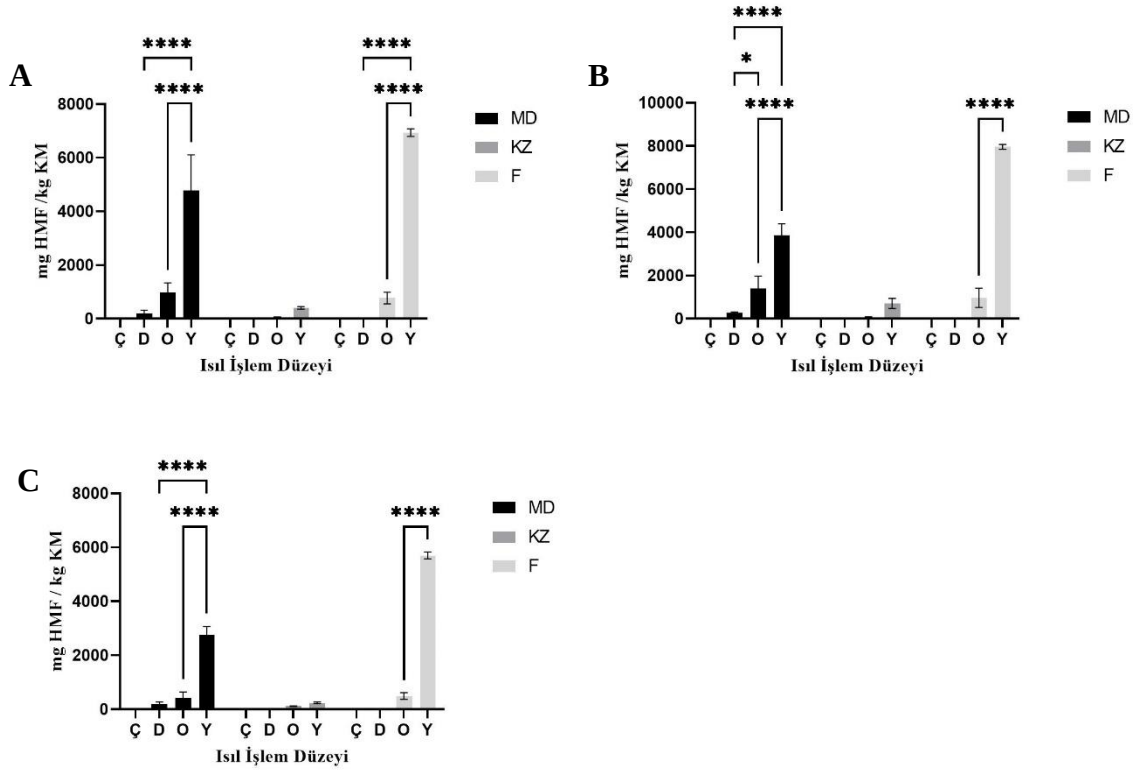
5.9 HMF ve Furanik Bileşenler

Soğan çeşitlerinde farklı ısı işlemler sonrası HMF, furfural, 5-MF, 2-AF ve 2-FC furanik bileşiklerinin oluşumu incelenmiştir. Örneklerde 2-AF ve 2-FC bileşikleri tespit edilmemiştir. Grafiklerde görsel sadeleşin sağlanması amacıyla tüm örneklerin birbiri ile kıyası ve istatistiksel olarak önemsiz bulununan (ns) kıyaslamalar grafik üzerinde gösterilmemiştir. Örneklerin ısı işlem düzeylerine karşılık gelen ısı işlem süresi Çizelge 5.3’de detaylı olarak verilmiştir. HMF içeriğinde meydana gelen değişim Şekil 5.19 ve 5.20’de verilmiştir fırınlanmış sarı soğan örneğinin HMF içeriğine ait HPLC kromotogramı ise Şekil 5.21’de verilmiştir.



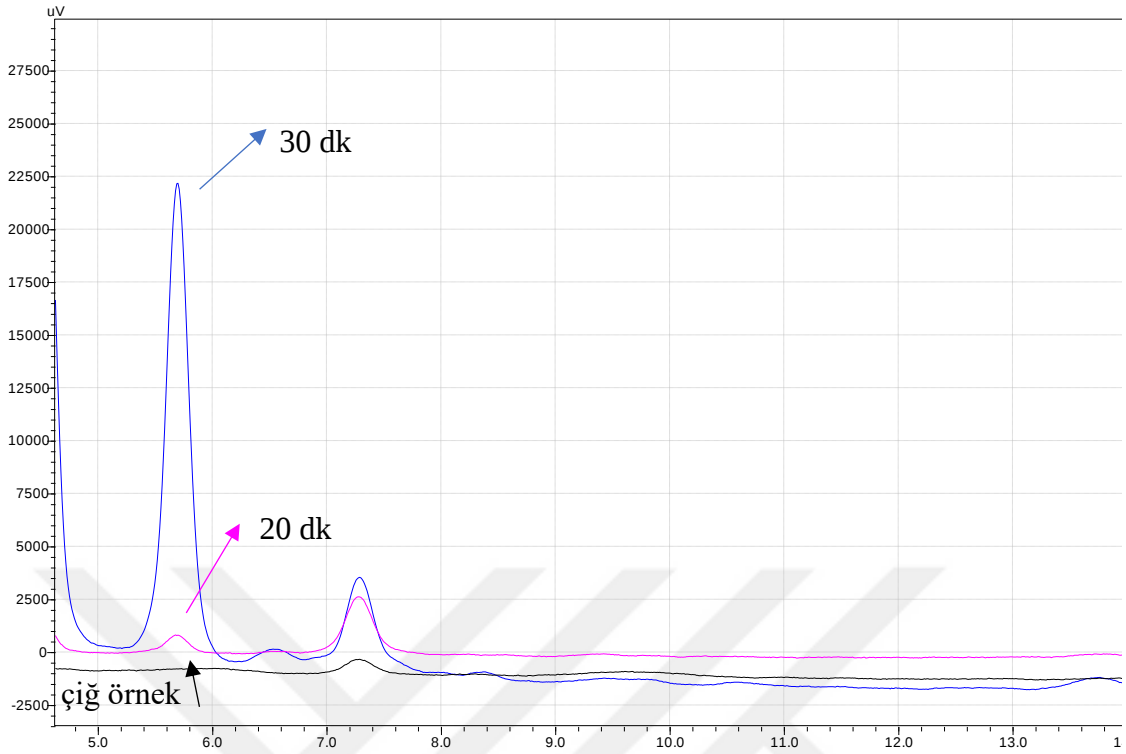
Şekil 5.18 : Mikrodalga (A), kızartma(B) ve fırınlama (C) ısıt işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde HMF içeriğinin değişimi (B:beyaz, S:sarı ve M:mor soğan; ısıt işlem düzeyi Ç:çığ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Mikrodalga uygulanan örneklerde ile ısıt işlem düzeyinin artmasıyla örneklerin HMF içeriği de önemli düzeyde artış göstermiştir ($p<0,05$). Çığ örneklerde HMF tespit edilmezken mikrodalga uygulanan soğan çeşitlerinde en yüksek HMF içeriği $4777,08 \pm 1333,67$ mg HMF /kg KM ile 7 dk bekletilen beyaz soğan örneğinde tespit edilmiştir. 3 dk kızartılan örneklerde HMF tespit edilmemiştir (Şekil 5.18A). Kızartılan örneklerde ısıt işlem düzeyinin artmasıyla beyaz ve sarı soğanların HMF içeriği önemli düzeyde artış gösterirken ($p<0,05$) mor soğan için bu artış istatistiksel olarak anlamlı olmamıştır. Kızartılan soğan çeşitlerinde en yüksek HMF $709,67 \pm 228,74$ mg/kg KM ile 9 dk kızartılan sarı soğan örneğinde tespit edilmiştir (Şekil 5.18B). Fırınlanan soğan çeşitlerinde 20 dk fırınlanan örneklerde HMF tespit edilmemiştir. Isıt işlem düzeyinin artmasıyla örneklerin HMF içeriği önemli düzeyde artış göstermiştir ($p<0,05$). Farklı düzeylerde fırınlanan soğan çeşitlerinde en yüksek HMF $7961,38 \pm 110,54$ mg/kg KM ile 40 dk fırınlanan sarı soğan örneğinde tespit edilmiştir (Şekil 5.18C).



Şekil 5.19 : Beyaz (A), sarı (B) ve mor soğan (C) örneklerine farklı ısıl işlem uygulaması sonrası HMF içeriğinin değişimi (MD:mikrodalga, KZ:kızartma ve F:fırlama, ısıl işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Mikrodalga uygulanan, kızartılan ve fırınlanan beyaz, sarı ve mor soğan örneklerinde ısıl işlem düzeyi arttıkça HMF içeriği de artış göstermiştir ($p<0,05$). Ancak bu değişim kızartılan örnekler için istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Beyaz, sarı ve mor soğan örneklerinde en yüksek HMF içeriği 40 dk fırınlanan örneklerde tespit edilirken oluşan HMF içeriği sırasıyla 6935,28±140,68, 7961,38±110,54 ve 5696,53±128,27 mg HMF/kg KM olarak ölçülmüştür (Şekil 5.19A-5.19B-5.19C).



Şekil 5.20 : Fırınlanan sarı soğan örneklerinde HMF içeriğinin değişimi.

Mikrodalga işlemi uygulanan sarı ve beyaz soğanlarda 5-MF oluşumu gözlenmezken sadece 7 dk mikrodalga uygulanan mor soğan örneğinde 5-MF oluşumu gözlenmiş, miktarı ise $66,34 \pm 1,21$ mg/kg KM olarak ölçülmüştür. Kızartılan soğan çeşitlerinde tespit edilmemiştir. Fırınlanan üç soğan çeşidinde ise yalnızca 40 dk fırınlanan örneklerde tespit edilmiştir. Oluşan 5-MF içeriği beyaz, sarı ve mor soğan için sırasıyla $35,51 \pm 6,15$ mg/kg KM, $50,31 \pm 3,31$ mg/kg KM ve $40,23 \pm 4,11$ mg/kg KM olmuştur.

Fırınlanan ve mikrodalga uygulanan örneklerde furfural üç soğan çeşidinde yalnızca 40 dk fırınlanan ve 7 dk mikrodalga uygulanan örneklerde tespit edilmiştir. Kızartılan örneklerde ise furfural yalnızca 9 dk kızartılan sarı soğanda tespit edilmiştir. Fırınlanan beyaz, sarı ve mor soğanın furfural içeriği sırasıyla $182,26 \pm 11,00$, $190,61 \pm 2,93$, $136,25 \pm 7,59$ mg/kg KM olarak tespit edilirken, mikrodalga uygulanan beyaz, sarı ve mor soğanın furfural içeriği için sırasıyla $56,87 \pm 12,16$, $44,65 \pm 3,53$ ve $93,85 \pm 10,20$ mg/kg KM olmuş kızartılan sarı soğan da ise $10,35 \pm 5,98$ mg/kg KM olmuştur.

Furfural Maillard ve karamelizasyon reaksiyonlarının ortak bir ürünü olarak reaksiyonların ileri aşamalarında oluşmaktadır (Kroh, 1994). Soğan örnekleri içerdiği glukoz, fruktoz gibi indirgen şekerlerin amino asit veya peptitler ile Maillard reaksiyonları

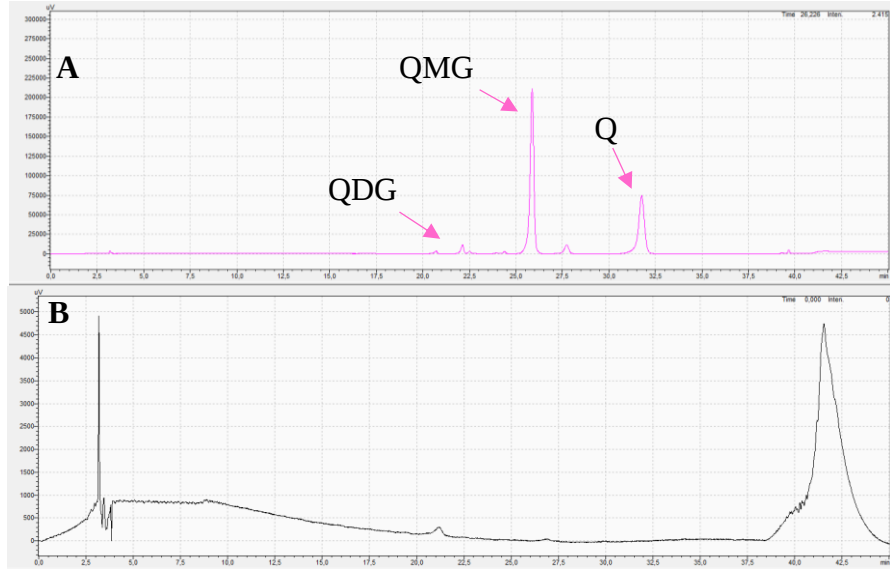
vermesi veya karamelizasyon reaksiyonları sonucu şekerlerin su kaybetmesi yoluyla HMF, furfural ve 5-MF başta olmak üzere çeşitli furanik bileşiklerin oluştuğu düşünülmektedir. Tüm soğan çeşitlerinde ısıtma işlemi düzeyi arttıkça HMF içeriği de artmıştır. Örneklere uygulanan ısıtma işlemlerinde 40 dk fırınlama ile en yüksek HMF içeriği oluşurken soğan çeşitleri arasında en yüksek HMF içeriği ise sarı soğanda olmuştur. 5-MF ve furfural gibi Maillard reaksiyonunun ileri aşamalarında oluşan bileşikler ise yalnızca yüksek ısıtma işlemi düzeyindeki örneklerde tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada (eşit amino asit konsantrasyonlarında (0,3 M)) bir amino asit ve bir şekerin ikili karışımlarını içeren model sistemlerde kızartma sıcaklığında glukoz, fruktoz ve sakkarozun HMF oluşumuna etkisi incelenmiştir. Araştırmacılar glutamin, glutamik ve aspartik asit varlığının HMF oluşumunu hızlandırdığını, lizin, arjinin ve histidin gibi bazı amino asitlerin eklenmesiyle ise HMF'nin oldukça düşük düzeylerde oluştuğunu bildirmişlerdir (Kavousi ve diğ, 2015). Yapılan bir çalışmada pandispanyalarda hamur bileşimi ve pişirme koşullarının HMF ve furfural oluşumu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Glukoz ve fruktozun (fruktoz glukozdan daha yüksek HMF içeriğine neden olmuştur) sakkaroz, laktoz ve maltoza göre daha fazla HMF oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir (Zhang ve diğ, 2012). Farklı proseslerle işlenen veya depolanan gıdalarda HMF oluşum hızı, amino asitlerin, şekerlerin, pH'nın, su aktivitesinin, sıcaklığın, zamanın, antioksidanların ve Vitamin E ve NaHSO₃ içeriğinin konsantrasyonuna bağlı olarak değişim gösterir (Nguyen ve diğ, 2016). Isıtma işlemi maruziyeti arttıkça HMF, furfural vb. içeriğinin tüm soğan çeşitlerinde artış gösterdiği gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada İspanya'da rosquillas olarak bilinen tatlı çöreklerin üretiminde ısıtma işlemi süresi, sıcaklık ve hamur formülasyonundaki farklılıkların Maillard reaksiyonunun gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesinde HMF ve diğer furanik bileşikler kullanılmıştır. Formülasyondaki farklılıklar nedeniyle farklı düzeylerde de olsa ısıtma işlemi süresi ve sıcaklık arttıkça, şeker ve amino asitlerin içeriklerinde azalma gözlemlendiği buna karşın HMF içeriğinin arttığı bildirilmiştir (Ciesarová ve diğ, 2009).

Kurutulmuş havuç örneklerinin HMF içeriğinin belirlendiği bir çalışmada havuç örneklerine önce haşlama işlemi uygulanmış daha sonra da üç basamaktan oluşan konveksiyonel kurutma işlemi uygulanmıştır. Buharda haşlanan örneğin HMF içeriği $6,7 \pm 0,3$ mg HMF/g KM olmuş ve üç kademedeki kurutulan örnekler için HMF içerikleri sırasıyla $6,9 \pm 0,1$, $8,0 \pm 0,2$, $9,5 \pm 0,1$ mg HMF/g KM olmuştur. Isıtma işlemi maruziyeti arttıkça havuç örneklerinin HMF içeriğinin de artış gösterdiği bildirilmiştir (Soria ve diğ, 2009). Soya fasulyesine ekstrüzyon, kızılötesi ve mikrodalga ısıtma işlemlerinin uygulandığı bir

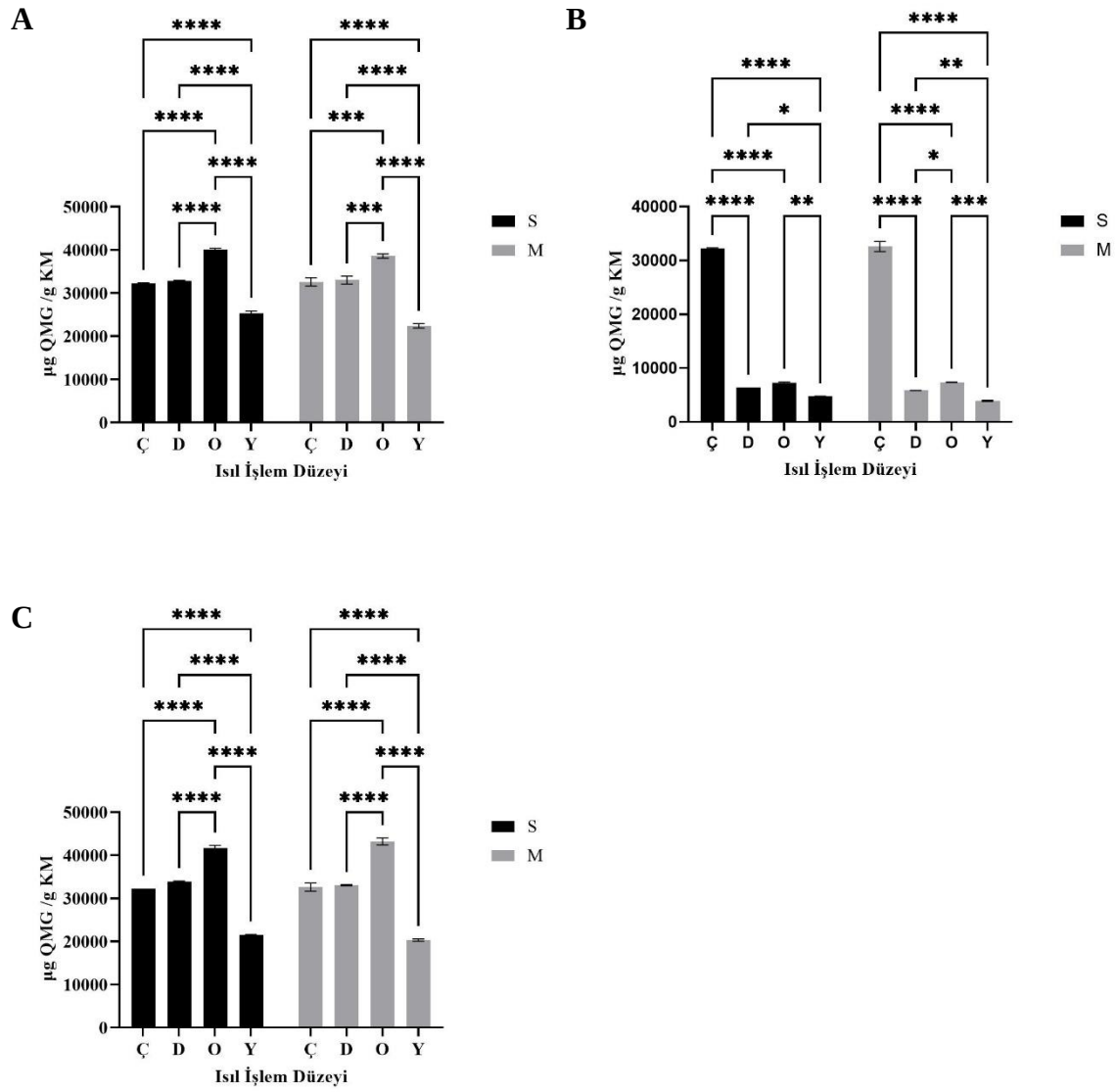
çalışmada meydana gelen Maillard reaksiyonu HMF ile takip edilmiştir. Isıl işlem yoğunluğunun artmasıyla birlikte HMF içeriğinin de artış gösterdiği ve 140 °C'de 20-30 saniye ekstrüzyon ve 100 saniye kızılötesi ısıtma uygulanan ve 135 °C'de 5 dk süreyle mikrodalga uygulanan örneklerin, HMF konsantrasyonlarının sırasıyla $11,34 \pm 0,09$, $26,21 \pm 0,49$ ve $34,97 \pm 0,24$ µg/g 'e yükseldiği bildirilmiştir. Bu değerlerin sırasıyla başlangıç konsantrasyonlarından yaklaşık 9, 20 ve 27 kat daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Žilić ve diğ, 2014). İşlem çeşidinin (çiğ, haşlanmış, buharda pişirilmiş, ızgaralanmış, panelenmiş, kavrulmuş ve kızartılmış) ve işlem süresinin (çiğ, normal ve iyi pişmiş), soğan da dâhil olmak üzere yaygın olarak tüketilen 23 sebze de Maillard reaksiyonunun gelişimi üzerine etkisinin incelendiği bir başka çalışmada ise ısıl işlem süresi arttıkça HMF içeriğinde önemli düzeyde arttığı bildirilmiştir. Haşlanmış, buharda pişirilmiş ve çiğ sebzelerde HMF tespit edilmezken, paneleme ve kızartma işlemlerinin diğer işlem çeşitlerine göre daha yüksek düzeyde HMF oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir (Pérez-burillo ve diğ, 2019a). Elde edilen sonuçlar literatürdeki (Soria ve diğ, 2008; Ciserova ve diğ, 2009; Zilic ve diğ, 2013; Perez-Burillo ve diğ, 2019a) mevcut çalışmalarla uyumludur.

5.10 Kuersetin ve Kuersetin Glikozitlerinin Belirlenmesi

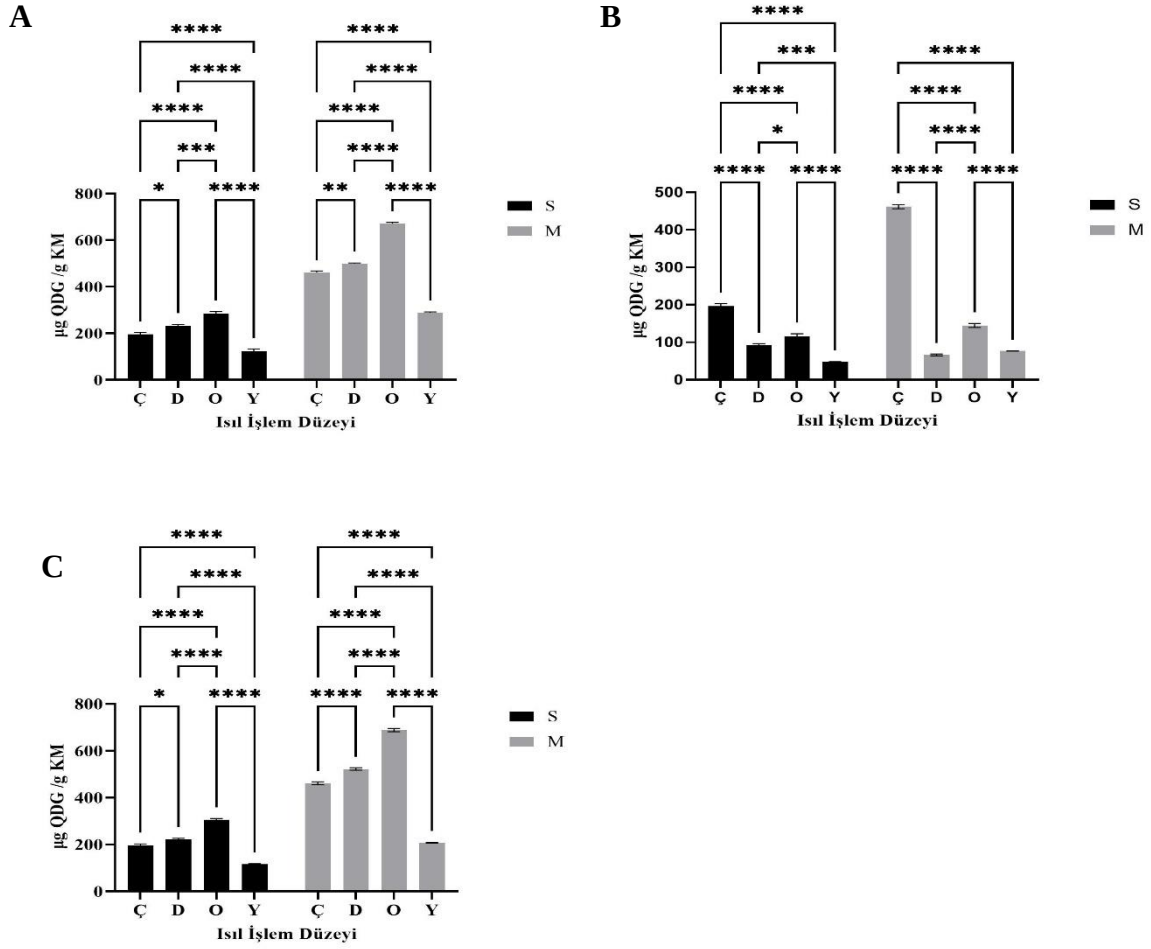
Çiğ sarı ve beyaz soğana ait kromotogram Şekil 5.21'de verilmiştir. Sarı ve mor soğan örneklerinin Q, QDG ve QMG içeriğindeki değişim Şekil 5.22, 5.23, 5.24, 5.25 ve 5.26'de verilmiştir. Beyaz soğan örneklerinde Q, QDG ve QMG tespit edilememiştir. Literatürdeki bir çok çalışmada beyaz soğan çeşitlerinin daha düşük flavanoid (kuersetin ve glikozitleri) içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Sharma ve diğ, 2015; Slimstad ve diğ, 2007; Bahram-Parvar ve Lim, 2018; Nemeth ve Piskula, 2007).



Şekil 5.21 : Sarı (A) ve beyaz (B) soğan örneklerine ait kromatogram.

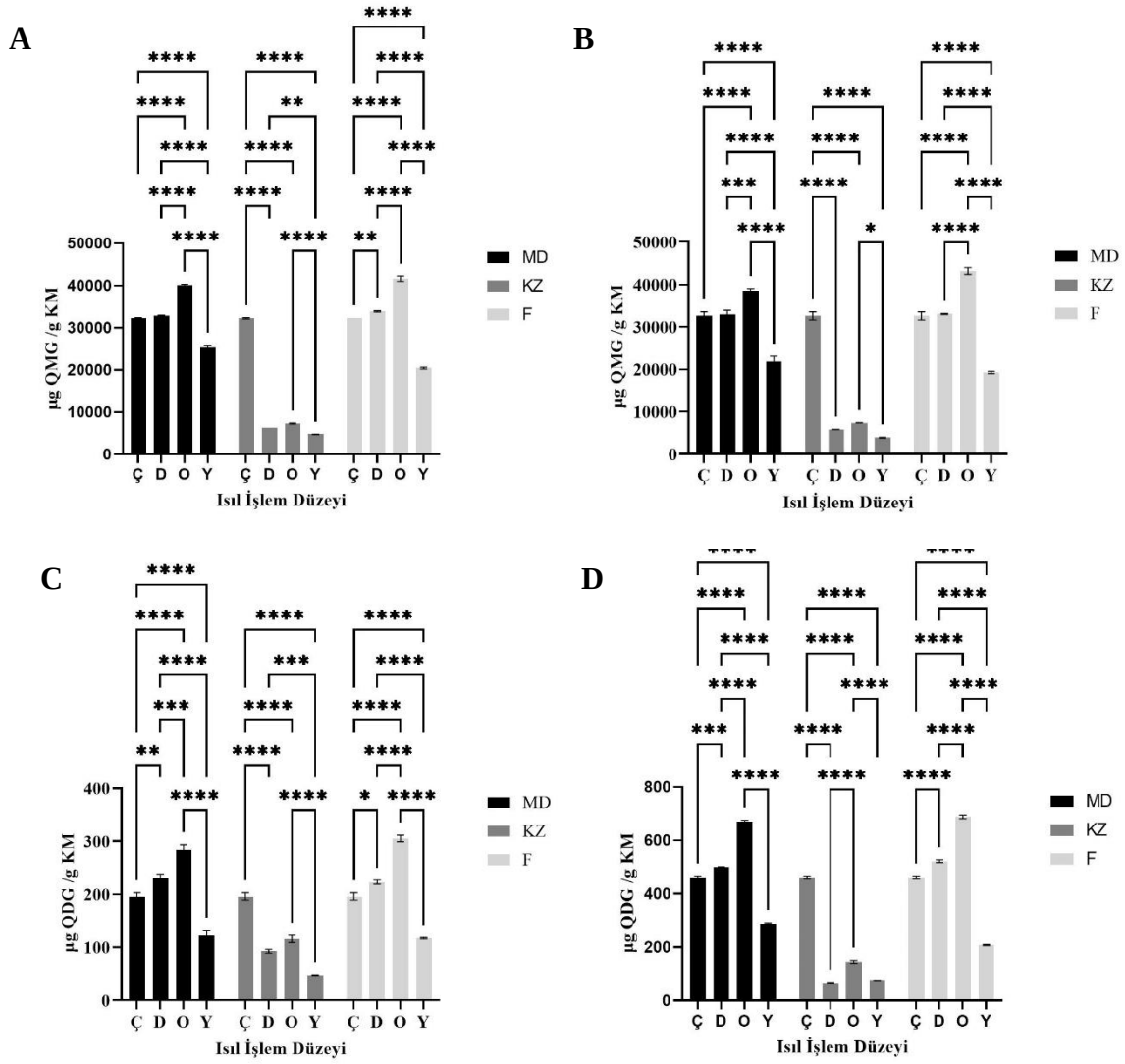


Şekil 5.22 : Mikrodalga (A), kızartma(B) ve fırınlama (C) ısıt işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde QMG içeriğinin değişimi (S:sarı ve M:mor soğan; ısıt işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).



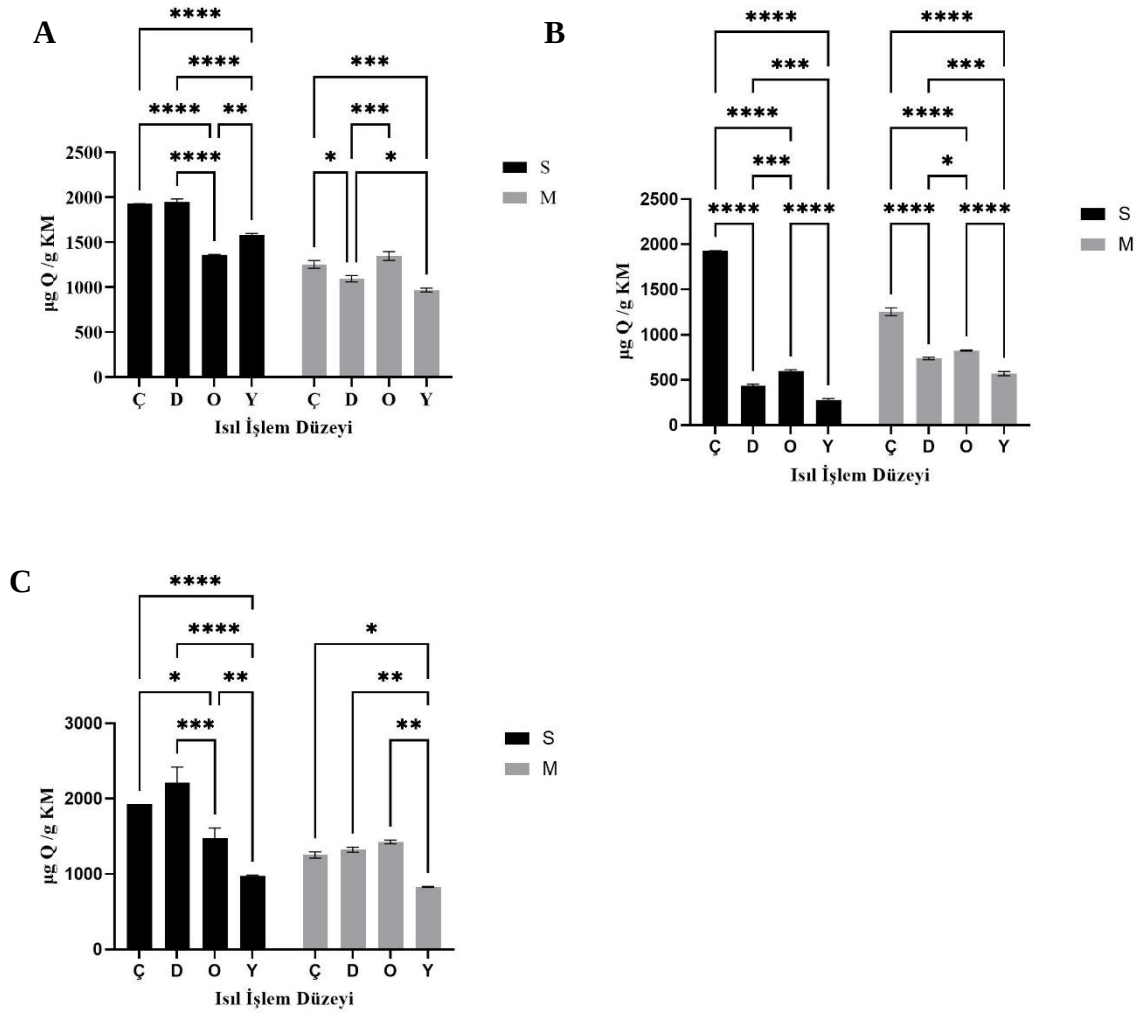
Şekil 5.23 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısı işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde QDG içeriğinin değişimi (S:sarı ve M:mor soğan; ısı işlemleri düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Mikrodalga işlemi uygulanan ve fırınlanan soğan örneklerinde ısı işlemleri düzeyindeki artış ile QMG ve QDG içeriği de artış göstermiş en yüksek QMG ve QDG içeriği orta düzeyde ısı işlemleri görmüş örneklerde olurken sürenin artmasıyla QMG ve QDG içeriği de azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.23A-5.23C). Kızartılan örneklerde yağ da KM'ye dahildir. Düşük düzeyde ısı işlemleri uygulanan örnekte dahi QMG ve QDG içeriğinde ciddi bir azalma görülsede bu durum göreceli olarak kuru madde içerisindeki yağ oranının artışı ile açıklanabilir. Isıl işlemleri düzeyindeki artış ile QMG ve QDG içeriği de artış göstermiş ancak ısı işlemleri süre artmasıyla QMG ve QDG içeriği de azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.23B).



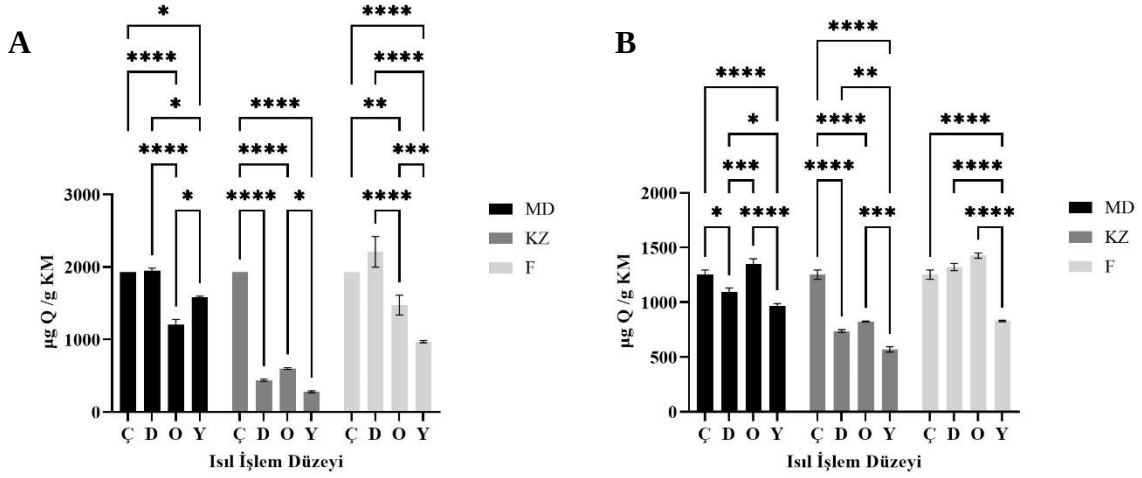
Şekil 5.24 : Sarı (A-C) ve mor soğan (B-D) örneklerine farklı ısıtma uygulaması sonrası QMG ve QDG içeriğinin değişimi (MD:mikrodalg, KZ:kızartma ve F:fırnlama, ısıtma düzeyi Ç:çığ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Sarı ve mor soğan örneklerinde ısıtma düzeyi arttıkça QMG ve QDG içeriği de artış göstermiştir ($p<0,05$). Bu trend hem mikrodalgada pişirme uygulanan hem de fırınlanan örnekler için benzer olmuştur ancak yüksek düzeyde ısıtma görmüş örneklerde ise QMG ve QDG içeriği azalmıştır ($p<0,05$). Kızartılan örneklerde ısıtma düzeyindeki artış ile sarı ve mor soğan örneklerinde QMG ve QDG içeriği de artış göstermiş ancak ısıtma süresinin artmasıyla QMG ve QDG içeriği de azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.24A-5.24B-5.24C-5.24D).



Şekil 5.25 : Mikrodalga (A), kızartma (B) ve fırınlama (C) ısıt işlemleri uygulanan soğan çeşitlerinde Q içeriğinin değişimi (S:sarı ve M:mor soğan; ısıt işlem düzeyi Ç:çığ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Mikrodalga işlemi uygulanan ve fırınlanan sarı ve mor soğan örneklerinde ısıt işlem düzeyindeki artış ile Q içeriği soğan çeşidine göre farklılık gösterse de yüksek düzeyde ısıt işlem görmüş tüm örneklerde Q içeriği azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.25A-5.25C). Kızartılan soğan örneklerinde ısıt işlem düzeyindeki artışa paralel olarak Q içeriği belli bir düzeye kadar artış göstermiş ancak ısıt işlem süresinin artmasıyla Q içeriği azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.25B).



Şekil 5.26 : Sarı (A) ve mor soğan (B) farklı ısıl işlem uygulaması sonrası Q içeriğinin değişimi (MD:mikrodalga, KZ:kızartma ve F:fırlama, ısıl işlem düzeyi Ç:çiğ, D:düşük, O:orta ve Y:yüksek ($p<0,05$)).

Sarı ve mor soğan örneklerinde ısıl işlem süresinin artışı ile Q içeriği ısıl işlem ve soğan çeşidine göre farklılık gösterse de yüksek düzeyde ısıl işlem görmüş tüm örneklerde Q içeriği azalmıştır ($p<0,05$) (Şekil 5.26A-5.26B).

Soğan örneklerinin QMG ve QDG içeriği ısıl işlem düzeyinin artışıyla belli bir düzeye kadar artmış ancak daha ileri ısıl işlem düzeyinde nispeten azalmıştır. Sarı ve mor soğan örneklerinde ısıl işlem süresinin artışı ile Q içeriği ısıl işlem ve soğan çeşidine göre farklılık gösterse de yüksek düzeyde ısıl işlem görmüş tüm örneklerde Q içeriği azalmıştır. Kuersetin, insan diyetinde en bol bulunan flavonoiddir ve soğanda bol miktarda bulunur. Hollanda'daki Wageningen Tarım Üniversitesi'nde yürütülen araştırmalar, soğandaki kuersetinin emilim düzeyinin çaya göre iki kat, elma ile karşılaştırıldığında ise üç kat daha fazla olduğunu göstermiştir (Ansar ve diğ, 2015). Soğan flavonoidleri dilimleme, doğrama, parçalama, soyma gibi evsel işlemler ve pişirme sonrası değişime uğramaktadır (Rodrigues ve diğ, 2009; Berno ve diğ, 2014; Islek ve diğ, 2015; Harris ve diğ, 2015; Ifie ve Marshall, 2018). Yapılan bir çalışmada sarı, beyaz ve kırmızı soğanlar dondurarak kurutulmuş, kurutma sonrası 80 °C, 100 °C, 120 °C ve 150 °C sıcaklığa ayarlanmış fırında 30 dk bekletilerek kuersetin ve glikozitlerindeki değişim belirlenmiştir. Kuersetin ve glikozit içeriğinin sıcaklık 120 °C'ye gelinceye kadar arttığı 150 °C'de ise azaldığı bildirilmiştir (Sharma ve diğ, 2015). Yapılan bir çalışmada soğan örneklerine orta dereceli mikrodalga uygulamanın (4 dk, 450 W) flavonol içeriğini etkilemediğini ancak yoğun

mikrodalga (4 dk, 750 W) uygulamasının sırasıyla ODG ve QMG'in %16 ve %18 oranında kaybına neden olduğu bildirilmiştir. (Rodrigues ve diğ, 2009). Yapılan bir başka çalışmada ise pişirme işlemlerinin soğandaki flavonoid (QDG ve QMG) konsantrasyonları üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Örnekler üç teknik (kızartma, fırınlama ve buharda pişirme) kullanılarak üç farklı zaman aralığında (5, 10 ve 15 dk) pişirilmiştir. Kızartma işleminin (<10 dk), QDG ve QMG'nin konsantrasyonlarını >%50'de koruyan ideal pişirme yöntemi olduğu bunun yanında ısıtma işleminin (>10 dk) tüm örneklerde kuersetin içeriğini azalttığı bildirilmiştir (Harris ve diğ, 2015). Bu tez kapsamında elde edilen sonuçlar (Rodrigues ve diğ, 2009; Sharma ve diğ, 2015; Harris ve diğ, 2015) literatürdeki çalışmalarla uyum göstermiştir. Isıl işlem düzeyindeki artış ile Q, QMG ve QDG içeriğinde artış gözlenirken ısıtma işlem süresinin artmasıyla Q, QMG ve QDG içeriğinde kayıp meydana gelmiştir. Bazı araştırmacılar (Sharma ve diğ, 2015) bu artışın artan kuru madde ile ortaya çıkan oransal bir artış olacağını belirtirken diğer bazı araştırmacılar (Harris ve diğ, 2015) ise meydana gelen artışın ısıtma işlemleri sonrası bitki hücre duvar yapısının bozulması nedeniyle artan ekstrakte edilebilirliğe atfedilebileceğini bildirmişlerdir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Soğan tüketilmeden önce tüketim şekline bağlı olarak bir dizi ön işlemler ile birlikte kızartma ve fırınlama gibi ısı işlemlere de maruz kalabilmektedir. Isıl işlemler sırasında Maillard reaksiyonu ve karamelizasyon gibi enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları meydana gelmektedir. Isıl işlemler nedeniyle meydana gelen reaksiyonlar sırasında şeker, amino asit gibi majör bileşenler ve kuersetin gibi fitokimyasallarda kayıplar meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra sağlık üzerine olumsuz etkileri olan HMF ve akrilamid gibi ısı işlem bulaşanlarının oluşumu hem soğan hem de diğer gıda ürünlerinin hazırlanması sırasında karşılaşılan önemli problemlerdendir. Bu tez çalışması ile soğan çeşidi, uygulanan ısı işlem çeşidi ve farklı sürelerde ısı işlem maruziyetinin oluşan bileşikler üzerine etkisi incelenmiştir.

Tez kapsamında elde edilen verilere göre ısı işlem süresi arttıkça şeker ve amino asit içeriğinde genel olarak bir azalma meydana gelmiştir. Ancak bazı örneklerde muhtemelen dokularda bağlı halde bulunan veya polimerik yapılardan hidroliz veya diğer bazı mekanizmalarla serbest hale gelen monomerlerin açığa çıkmasıyla şeker ve amino asit içeriği belli bir düzeye kadar artmıştır. Toplam şeker içeriğindeki en yüksek kayıp % 86,89 ile 9 dk kızartılan mor soğan örneğinde olmuştur. Isıl işlem bulaşanları olan HMF, furfural, 5-MF ve akrilamid içeriği örneklerin ısı işlem maruziyetleri arttıkça artmıştır. Soğan çeşidine ve ısı işlem tipine göre oluşan bulaşanların miktarı farklı olmuştur. En yüksek akrilamid içeriği 7 dk mikrodalga uygulanan sarı soğan örneğinde $7173,54 \pm 1347,19$ µg/kg KM, en yüksek HMF içeriği 40 dk fırınlanan sarı soğan örneğinde $7961,38 \pm 110,54$ mg/kg KM, en yüksek furfural içeriği ise 40 dk fırınlanan sarı soğan örneğinde $190,61 \pm 2,93$ mg/kg KM olarak ölçülmüştür. Bunun yanı sıra en yüksek 5-MF içeriği 7 dk mikrodalga uygulanan mor soğan örneğinde $66,34 \pm 1,21$ mg/kg KM olarak ölçülmüştür. Elzem bir amino asit olan lizin kaybının belirlenmesinde kullanılan furozin içeriği ısı işlem düzeyinin artışına paralel olarak artmış ancak sürenin uzamasıyla furozin içeriği bir miktar azalmıştır. Furozin Maillard reaksiyonun ileri aşamalarında karboksimetilizin (CML) gibi diğer bileşiklere dönüşebileceğinden dolayı azaldığı düşünülmektedir. En yüksek furozin içeriği 5 dk mikrodalga uygulanan sarı soğan örneğinde $23,00 \pm 2,48$ mg furozin /kg KM olarak ölçülmüştür. Soğan örneklerinde ısı işlem göstergesi olan bu bileşiklerin miktarı bakımında gözlenen farklılıkların; örneklerin şeker, amino asit, pH, fitokimyasal içeriği ve rakip amino asitlerin miktarı gibi faktörler bakımından farklılık arzetmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Soğan örneklerinin içerdiği kuersetin ve glikozitlerinin başta oksidatif hasarın önlenmesi olmak üzere sağlık üzerine çeşitli olumlu etkileri olduğu bilinmektedir. Diğer taraftan, fenolik bileşiklerin Maillard reaksiyonlarını yavaşlatabileceğine dair literatür bilgileri mevcuttur. Isıl işlem düzeyindeki artış ile Q, QMG ve QDG içeriğinde artış gözlenirken ısıtma süresinin artmasıyla Q, QMG ve QDG içeriğinde kayıplar meydana gelmiştir. Isıl işlem uygulamaları sonrası soğanın dokusunda meydana gelen deformasyon sonucu Q, QMG ve QDG'in ekstrakte edilebilirliklerinin görece artmış olabileceği değerlendirilmektedir. Isıl işlem süresi gıdaların işlenmesi ve tüketime hazırlanması süreçlerinde oldukça önemli bir parametredir. Isıl işlem süresinin uzaması, hem sağlık üzerine olumsuz etkileri olan bileşiklerin oluşumu hem de vitaminler ve fenolik bileşikler gibi fitokimyasalların miktarında kayıplara neden olması bakımından kritiktir.

Tez kapsamında örnek hazırlığı yapılırken evsel ve endüstriyel koşullar dikkate alınmış bunun yanı sıra ekstrem koşulları da görmek adına normalde uygulanandan daha uzun süre ısıtma işlemleri de uygulanmıştır. Uygulamalar sonrası soğan çeşidine ve oluşan bileşiklere göre farklılık göstermekle birlikte genel olarak düşük düzeyde mikrodalga uygulaması ile dahi örneklerde akrilamid, HMF ve furozin oluştuğu gözlenmiştir. Evsel ve endüstriyel koşullarda farklı sebzeler, yağ vb. bileşenlerin varlığı ile daha kompleks bir pişirme ortamı söz konusudur. Bunun yanı sıra hazırlanmak istenen gıdanın (kızartılmış soğan halkası, yemeklerde bileşen olarak kullanılması vb.) niteliğine göre farklı ısıtma türü tercih edilebilir ancak oluşan bileşiklerin varlığını azaltmak adına daha kısa süreli mikrodalga uygulaması veya çalışmamızda 600 W olan mikrodalga gücünden daha düşük bir güç seviyesi kullanılabilir. Isıtma veya kurutma gibi amaçlarla kullanım söz konusu olduğunda ise hazırlanmak istenen örneğin niteliğine göre düşük düzeyde fırınlama işlemi de tercih edilebilir bir proses olarak öne çıkmaktadır.

Tez kapsamında elde edilen veriler dikkate alınarak evsel ve endüstriyel gıdaların hazırlanmasında materyal olarak kullanılan soğanın işlenmesi sırasında meydana gelen reaksiyonlar nedeniyle fitokimyasallar ve majör bileşenlerde meydana gelen kayıplar minimize edilerek optimum koşullar belirlenebilir. Sağlık üzerine olumsuz etkileri olan HMF ve akrilamid gibi bileşiklerin oluşumu kontrol altına alınarak günlük ve yıllık maruziyetlerin azaltılması sağlanabilir. Bunun yanı sıra biyoaktif bileşenlerce zengin gıdaların hazırlanması sırasında bu bileşenlerdeki kayıpların minimize edilmesi amacıyla ısıtma işlemlerinin minimum düzeyde uygulanması ile gıdaların fitokimyasal içeriği ve

dolayısıyla sağlık üzerine olan olumlu etkileri muhafaza edilebilir. Tez kapsamında elde edilen verilerin bu alanda yapılacak yeni çalışmalara fikir vereceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Albishi, T., John, J. A., Al-khalifa, A. S., & Shahidi, F. (2013).** Antioxidative phenolic constituents of skins of onion varieties and their activities. *Journal of Functional Foods*, 5(3), 1191–1203.
- Alizadeh, M., Khodaei, H., Mesgari Abbasi, M., & Saleh-Ghadimi, S. (2017).** Assessing the effect of 5-hydroxymethylfurfural on selected components of immune responses in mice immunised with ovalbumin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(12), 3979–3984.
- Anonim¹. (2020).** Erişim: 24 Kasım 2021, <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM>
- Ansar, H., Suleria, R., Butt, M. S., Anjum, F. M., Saeed, F., & Khalid, N. (2015).** Onion : Nature Protection Against Physiological Threats. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55, 50-66.
- AOAC (1990).** Official Methods of Analysis. 15thed, AOAC, Arlington, USA.
- Bahram-Parvar, M., & Lim, L.-T. (2018).** Fresh-Cut Onion: A review on processing, health benefits, and shelf-life. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(2), 290–308.
- Bauer-Marinovic, M., Taugner, F., Florian, S., & Glatt, H. (2012).** Toxicity studies with 5-hydroxymethylfurfural and its metabolite 5-sulphoxymethylfurfural in wild-type mice and transgenic mice expressing human sulphotransferases 1A1 and 1A2. *Archives of Toxicology*, 86(5), 701–711.
- Bernaert, N., De Clercq, H., Van Bockstaele, E., De Loose, M., & Van Droogenbroeck, B. (2013).** Antioxidant changes during postharvest processing and storage of leek (*Allium ampeloprasum* var. *porrum*). *Postharvest Biology and Technology*, 86, 8–16.
- Berno, N. D., Tezotto-Uliana, J. V., dos Santos Dias, C. T., & Kluge, R. A. (2014).** Storage temperature and type of cut affect the biochemical and physiological characteristics of fresh-cut purple onions. *Postharvest Biology and Technology*, 93, 91–96.
- Bonaccorsi, P., Caristi, C., Gargiulli, C., & Leuzzi, U. (2008).** Flavonol glucosides in *Allium* species : A comparative study by means of HPLC – DAD – ESI-MS – MS. *Food Chemistry* 107, 1668–1673.
- Böttcher, C., Krähmer, A., Stürtz, M., Widder, S., & Schulz, H. (2018).** Effect of cultivar and cultivation year on the metabolite profile of onion bulbs (*Allium cepa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(12), 3229–3238.
- Buvé, C., Pham, H. T. T., Hendrickx, M., Grauwet, T., & Van Loey, A. (2021).** Reaction pathways and factors influencing nonenzymatic browning in shelf-stable fruit juices during storage. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(6), 5698–5721.

- Campone, L., Celano, R., Piccinelli, A. L., Pagano, I., Carabetta, S., Sanzo, R. Di, Russo, M., Ibañez, E., Cifuentes, A., & Rastrelli, L. (2018).** Response surface methodology to optimize supercritical carbon dioxide/co-solvent extraction of brown onion skin by-product as source of nutraceutical compounds. *Food Chemistry*, 269(March), 495–502.
- Capuano, E., & Fogliano, V. (2011).** Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT - Food Science and Technology*, 44(4), 793–810.
- Cattivelli, A., Conte, A., Martini, S., & Tagliazucchi, D. (2021).** Influence of cooking methods on onion phenolic compounds bioaccessibility. *Foods*, 10(5), 1-19.
- Choi, S. M., Lee, D. J., Kim, J. Y., & Lim, S. T. (2017).** Volatile composition and sensory characteristics of onion powders prepared by convective drying. *Food Chemistry*, 231, 386–392.
- Ciesarová, Z., Kukurová, K., Bednáriková, A., & Morales, F. J. (2009).** Effect of heat treatment and dough formulation on the formation of Maillard reaction products in fine bakery products - benefits and weak points. *Journal of Food and Nutrition Research*, 48(1), 20–30.
- Damto, T., & Chala, G. (2019).** Effect of blanching and frying time on the sensory quality of fried sweet potato chips. *Food and Nutrition Science*, 3(April), 1–17.
- de la Cueva, S., Seiquer, I., Mesías, M., Rufián-Henares, J., & Delgado-Andrade, C. (2017).** Evaluation of the availability and antioxidant capacity of Maillard compounds present in bread crust: Studies in Caco-2 Cells. *Foods*, 6(1), 1-14.
- Durmaz, G., & Gökmen, V. (2010).** Determination of 5-hydroxymethyl-2-furfural and 2-furfural in oils as indicators of heat pre-treatment. *Food Chemistry*, 123(3), 912–916.
- Ferioli, F., & D'Antuono, L. F. (2016).** Evaluation of phenolics and cysteine sulfoxides in local onion and shallot germplasm from Italy and Ukraine. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 63(4), 601–614.
- Finot, P. A., Bricout, J., Viani, R., & Mauron, J. (1968).** Identification of a new lysine derivative obtained upon acid hydrolysis of heated milk. *Experientia*, 24(11), 1097–1099.
- Fredotović, Ž., Soldo, B., Šprung, M., Marijanović, Z., Jerković, I., & Puizina, J. (2020).** Comparison of organosulfur and amino acid composition between triploid onion *Allium Cornutum* Clementi ex Visiani, 1842, and common onion *Allium cepa* L., and evidences for antiproliferative activity of their extracts. *Plants*, 9(1), 98.
- Fu, Y., Zhang, Y., Soladoye, O. P., & Aluko, R. E. (2020).** Maillard reaction products derived from food protein-derived peptides: insights into flavor and bioactivity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(20), 3429–3442.

- Gao, H.-F., Wen, X.-S., & Xian, C. (2015).** Hydroxymethyl furfural in chinese herbal medicines: Its formation, presence, metabolism, bioactivities and implications. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 12(2), 43–54.
- García-Herrera, P., Morales, P., Fernández-Ruiz, V., Sánchez-Mata, M. C., Cámara, M., Carvalho, A. M., Ferreira, I. C. F. R., Pardo-de-Santayana, M., Molina, M., & Tardío, J. (2014).** Nutrients, phytochemicals and antioxidant activity in wild populations of *Allium ampeloprasum* L., a valuable underutilized vegetable. *Food Research International*, 62, 272–279.
- Gaspar, E. M. S. M., & Lopes, J. F. (2009).** Simple gas chromatographic method for furfural analysis. *Journal of Chromatography A*, 1216(14), 2762–2767.
- Giannetti, V., Boccacci Mariani, M., & Colicchia, S. (2021).** Furosine as marker of quality in dried durum wheat pasta: Impact of heat treatment on food quality and security – A review. *Food Control*, 125(March), 108036.
- Gökmen, V., Serpen, A., Açar, Ö. Ç., & Morales, F. J. (2008).** Significance of furosine as heat-induced marker in cookies. *Journal of Cereal Science*, 48(3), 843–847.
- Gökmen, V., Serpen, A., & Morales, F. J. (2009).** Determination of furosine in thermally processed foods by hydrophilic interaction liquid chromatography. *Journal of AOAC International*, 92(5), 1460–1463.
- Gong, R., Wang, Y., Gao, K., Zhang, L., Liu, C., Wang, Z., Wang, Y., & Sun, Y. (2019).** Quantification of furosine (Nε-(2-Furoylmethyl)-l-lysine) in different parts of velvet antler with various processing methods and factors affecting its formation. *Molecules*, 24(7), 1255.
- Griffiths, G., Trueman, L., Crowther, T., Thomas, B., & Smith, B. (2002).** Onions - A global benefit to health. *Phytotherapy Research*, 16(7), 603–615.
- Guo, C., Xie, Y.-J., Zhu, M.-T., Xiong, Q., Chen, Y., Yu, Q., & Xie, J.-H. (2020).** Influence of different cooking methods on the nutritional and potentially harmful components of peanuts. *Food Chemistry*, 316(January), 126269.
- Hadjikinova, R., Petkova, N., Hadjikinov, D., Denev, P., & Hrusavov, D. (2017).** Development and validation of HPLC-RID method for determination of sugars and polyols. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9(8), 1263–1269.
- Hansen, S. L. (2001).** Content of free amino acids in onion (*Allium cepa* L.) as influenced by the stage of development at harvest and long-term storage. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 51(2), 77–83.
- Harris, S., Brunton, N., Tiwari, U., & Cummins, E. (2015).** Human exposure modelling of quercetin in onions (*Allium cepa* L.) following thermal processing. *Food Chemistry*, 187, 135–139.
- Hu, H., Liu, X., Jiang, L., Zhang, Q., & Zhang, H. (2021).** The relationship between acrylamide and various components during coffee roasting and effect of amino acids on acrylamide formation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5), 1-10.

- Ifie, I., & Marshall, L. J. (2018).** Food processing and its impact on phenolic constituents in food. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1507782.
- Islek, M., Nilufer-Erdil, D., & Knuthsen, P. (2015).** Changes in flavonoids of sliced and fried yellow onions (*Allium cepa* L. var. zittauer) during storage at different atmospheric, temperature and Light Conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(4), 357–368.
- Karacabey, E., Özçelik, Ş. G., Turan, M. S., Baltacıoğlu, C., & Küçüköner, E. (2016).** Kızartılmış kabak dilimi üretiminde mikrodalga destekli ön kurutma ve derin kızartma işlem koşullarının optimizasyonu. *Akademik Gıda*, 14(2), 141–150.
- Kavousi, P., Mirhosseini, H., Ghazali, H., & Ariffin, A. A. (2015).** Formation and reduction of 5-hydroxymethylfurfural at frying temperature in model system as a function of amino acid and sugar composition. *Food Chemistry*, 182, 164–170.
- Khan, M. K. I., Ansar, M., Nazir, A., & Maan, A. A. (2016).** Sustainable dehydration of onion slices through novel microwave hydro-diffusion gravity technique. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 33, 327–332.
- K.Khokhar (2019).** Onion- An ancient crop and modern practices. *Pakistan Agricultural Research Council* 6, 1–35.
- Ko, E. Y., Nile, S. H., Sharma, K., Li, G. H., & Park, S. W. (2015).** Effect of different exposed lights on quercetin and quercetin glucoside content in onion (*Allium cepa* L.). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(4), 398–403.
- Kocadağlı, T., & Gökmen, V. (2019).** Caramelization in Foods: A food quality and safety perspective. *Encyclopedia of Food Chemistry* (C. 2, ss. 18–29). Elsevier.
- Kocadağlı, T., Žilić, S., Taş, N. G., Vančetović, J., Dodig, D., & Gökmen, V. (2016).** Formation of α -dicarbonyl compounds in cookies made from wheat, hull-less barley and colored corn and its relation with phenolic compounds, free amino acids and sugars. *European Food Research and Technology*, 242(1), 51–60.
- Kowalski, S., Lukasiewicz, M., Duda-Chodak, A., & Zięć, G. (2013).** 5-hydroxymethyl-2-furfural (HMF) -heat-induced formation, occurrence in food and biotransformation - A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63(4), 207–225.
- Kroh, L. W. (1994).** Caramelisation in food and beverages. *Food Chemistry*, 51(4), 373–379.
- Kumar, J., Das, S., & Teoh, S. L. (2018).** Dietary acrylamide and the risks of developing cancer: Facts to ponder. *Frontiers in Nutrition*, 5(February), 1-12.
- Lee, E. J., Patil, B. S., & Yoo, K. S. (2015).** Antioxidants of 15 onions with white, yellow, and red colors and their relationship with pungency, anthocyanin, and quercetin. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1), 108–114.

- Lee, E. J., Yoo, K. S., Jifon, J., & Patil, B. S. (2009).** Characterization of shortday onion cultivars of 3 pungency levels with flavor precursor, free amino acid, sulfur, and sugar contents. *Journal of Food Science*, 74(6), 475-480.
- Lee, S. U., Lee, J. H., Choi, S. H., Lee, J. S., Ohnisi-Kameyama, M., Kozukue, N., Levin, C. E., & Friedman, M. (2008).** Flavonoid content in fresh, home-processed, and light-exposed onions and in dehydrated commercial onion products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(18), 8541–8548.
- Lineback, D. R., Coughlin, J. R., & Stadler, R. H. (2012).** Acrylamide in foods: A review of the science and future considerations. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3(1), 15–35.
- Malik, G., Shabir, A., Shah, R. A., Nissar, R., Masoodi, L., R, S., Nabi, S. U., & Kirmani, S. N. (2020).** Sugars and pungency of different day length adapted onions (*Allium cepa* L.) grown in long day temperate climate of Kashmir valley. *International Journal of Chemical Studies*, 8(4), 3790–3794.
- Mang, D. Y., Edith, D. M. J., Abdou, A. B., & Njintang, N. Y. (2019).** Determination of phytochemical properties of dried onion slices (*Allium cepa* L. var. Violet of galmi). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(3), 1924–1934.
- Markowicz, D., Monaro, E., Siguemoto, E., & Sefor, M. (2012).** Maillard Reaction Products in Processed Food: Pros and Cons. *Food Industrial Processes - Methods and Equipment* (October), 282-300.
- Martínez-Pineda, M., Yagüe-Ruiz, C., & Vercet, A. (2021).** Frying conditions, Methyl Cellulose, and K-Carrageenan edible coatings: Useful strategies to reduce oil uptake in fried mushrooms. *Foods*, 10(8), 1-12.
- Matthäus, B., Haase, N. U., & Vosmann, K. (2004).** Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106(11), 793–801.
- Mazza, G., Cacace, J. E., & Kay, C. D. (2004).** Methods of analysis for anthocyanins in plants and biological fluids. *Journal of AOAC International*, 87(1), 129–145.
- Mesías, M., Sáez-Escudero, L., Morales, F. J., & Delgado-Andrade, C. (2019).** Occurrence of Furosine and Hydroxymethylfurfural in breakfast cereals. Evolution of the Spanish Market from 2006 to 2018. *Foods*, 8(5), 158.
- Moreno-Ortega, A., Pereira-Caro, G., Luis Ordóñez, J., Manuel Muñoz-Redondo, J., Moreno-Rojas, R., Pérez-Aparicio, J., & Manuel Moreno-Rojas, J. (2020).** Changes in the antioxidant activity and metabolite profile of three onion varieties during the elaboration of ‘black onion’. *Food Chemistry*, 311(November 2019), 125958.
- Nemeth, K., & Piskula, M. K. (2007).** Food content, processing, absorption and metabolism of onion flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(4), 397–409.

- Nguyen, H. T., Van Der Fels-Klerx, H. J., Peters, R. J. B., & Van Boekel, M. A. J. S. (2016).** Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural formation during baking of biscuits: Part I: Effects of sugar type. *Food Chemistry*, 192, 575–585.
- Nile, A., Gansukh, E., Park, G. S., Kim, D. H., & Hariram Nile, S. (2021).** Novel insights on the multi-functional properties of flavonol glucosides from red onion (*Allium cepa* L) solid waste – In vitro and in silico approach. *Food Chemistry*, 335(February 2020), 127650.
- Nile, S. H., & Park, S. W. (2013).** Total phenolics, antioxidant and xanthine oxidase inhibitory activity of three colored onions (*Allium cepa* L.). *Frontiers in Life Science*, 7(3–4), 224–228.
- Nooshkam, M., Varidi, M., & Verma, D. K. (2020).** Functional and biological properties of Maillard conjugates and their potential application in medical and food: A review. *Food Research International*, 131(December 2019), 109003.
- Pareek, S., Sagar, N. A., Sharma, S., & Kumar, V. (2017).** Onion (*allium cepa* L.). *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health: Second Edition*, 2(January 2018), 1145–1161.
- Pérez-Burillo, S., Ángel, J., & Pastoriza, S. (2019a).** Effect of home cooking on the antioxidant capacity of vegetables: Relationship with Maillard reaction indicators *Food Research International* 121(July 2018), 514–523.
- Pérez-Burillo, S., Jiménez-Zamora, A., Párraga, J., Rufián-Henares, J. A., & Pastoriza, S. (2019b).** Furosine and 5-hydroxymethylfurfural as chemical markers of tea processing and storage. *Food Control*, 99(October 2018), 73–78.
- Pérez-Gregorio, M. R., García-Falcón, M. S., & Simal-Gándara, J. (2011).** Flavonoids changes in fresh-cut onions during storage in different packaging systems. *Food Chemistry*, 124(2), 652–658.
- Petropoulos, S. A., Ntatsi, G., & Ferreira, I. C. F. R. (2017).** Long-term storage of onion and the factors that affect its quality: A critical review. *Food Reviews International*, 33(1), 62–83.
- Piechowiak, T., Grzelak-Błaszczak, K., Bonikowski, R., & Balawejder, M. (2020).** Optimization of extraction process of antioxidant compounds from yellow onion skin and their use in functional bread production. *LWT*, 117(September 2019), 108614.
- Prokopov, T., Chonova, V., Slavov, A., Dessev, T., Dimitrov, N., & Petkova, N. (2018).** Effects on the quality and health-enhancing properties of industrial onion waste powder on bread. *Journal of Food Science and Technology*, 55(12), 5091–5097.
- Quintas, M., Guimarães, C., Baylina, J., Brandão, T. R. S., & Silva, C. L. M. (2007).** Multiresponse modelling of the caramelisation reaction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8(2), 306–315.
- Rada-Mendoza, M., & Garcí, J. L. (2004).** Study on nonenzymatic browning in cookies , crackers and breakfast cereals by maltulose and furosine determination. *Journal of Cereal Science* (39), 167–173.

- Rada-Mendoza, M., Olano, A., & Villamiel, M. (2002).** Furosine as indicator of maillard reaction in jams and fruit-based infant foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(14), 4141–4145.
- Rajchl, A., Čížková, H., Voldřich, M., Jirušková, M., & Ševčík, R. (2009).** Evaluation of shelf life and heat treatment of tomato products. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(Special Issue 1), 130–133.
- Ramírez-Anaya, J. D. P., Samaniego-Sánchez, C., Castañeda-Saucedo, M. C., Villalón-Mir, M., & De La Serrana, H. L. G. (2015).** Phenols and the antioxidant capacity of Mediterranean vegetables prepared with extra virgin olive oil using different domestic cooking techniques. *Food Chemistry*, 188, 430–438.
- Rodrigues, A. S., Pérez-Gregorio, M. R., García-Falcón, M. S., & Simal-Gándara, J. (2009).** Effect of curing and cooking on flavonols and anthocyanins in traditional varieties of onion bulbs. *Food Research International*, 42(9), 1331–1336.
- Rodrigues A S, V, F., G, G., S, M., P, V. A., & C, G. (2003).** Nutritional value of onion regional varieties in Northwest Portugal. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2(4), 519–524.
- Rodríguez Galdón, B., Tascón Rodríguez, C., Rodríguez Rodríguez, E. M., & Díaz Romero, C. (2009).** Fructans and major compounds in onion cultivars (*Allium cepa*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(1), 25–32.
- Rufián-Henares, J. A., & de la Cueva, S. P. (2008).** Assessment of hydroxymethylfurfural intake in the Spanish diet. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 25(11), 1306–1312.
- Rufián-Henares, J. Á., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2013).** Effect of red sweet pepper dehydration conditions on Maillard reaction, ascorbic acid and antioxidant activity. *Journal of Food Engineering*, 118(1), 150–156.
- Rufián-Henares, José A., García-Villanova, B., & Guerra-Hernández, E. (2008).** Occurrence of furosine and hydroxymethylfurfural as markers of thermal damage in dehydrated vegetables. *European Food Research and Technology*, 228(2), 249–256.
- Sami, R., Elhakem, A., Alharbi, M., Benajiba, N., Almatrafi, M., & Helal, M. (2021).** Nutritional values of onion bulbs with some essential structural parameters for packaging process. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(5), 1–11.
- Santonicola, S., & Mercogliano, R. (2016).** Occurrence and production of furan in commercial foods. *Italian Journal of Food Science*, 28(2), 155–177.
- Saplonțai-Pop, A., Moț, A., Moldovan, M., Oprean, R., Silaghi-Dumitrescu, R., Orășan, O., Pârvu, M., Gal, E., & Ionescu, C. (2015).** Testing antiplatelet and antioxidant activity of the extract of seven varieties of *Allium cepa* L. *Open Life Sciences*, 10(1), 89–98.

- Seifu, M., Tola, Y. B., Mohammed, A., & Astatkie, T. (2018).** Effect of variety and drying temperature on physicochemical quality, functional property, and sensory acceptability of dried onion powder. *Food Science and Nutrition*, 6(6), 1641–1649.
- Seiquer, I., Díaz-Alguacil, J., Delgado-Andrade, C., López-Frías, M., Hoyos, A. M., Galdó, G., & Navarro, M. P. (2006).** Diets rich in Maillard reaction products affect protein digestibility in adolescent males aged 11-14 y. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83(5), 1082–1088.
- Severin, I., Dumont, C., Jondeau-Cabaton, A., Graillot, V., & Chagnon, M. C. (2010).** Genotoxic activities of the food contaminant 5-hydroxymethylfurfural using different in vitro bioassays. *Toxicology Letters*, 192(2), 189–194. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2009.10.022>
- Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M. I., & Gan, S. H. (2018).** 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal*, 12(1), 1–18.
- Sharma, K., Young, E., Assefa, A. D., Ha, S., Nile, S. H., Tai, E., & Won, S. (2015).** Temperature-dependent studies on the total phenolics, flavonoids, antioxidant activities and sugar content in six onion varieties. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(2), 243–252.
- Sidhu, J. S., Ali, M., & Nissar, A. A. (2019).** Onion (*Allium cepa* L .) is potentially a good source of important antioxidants. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 1811–1819.
- Sies, H. (2015).** Oxidative stress: A concept in redox biology and medicine. *Redox Biology*, 4, 180–183.
- Slimestad, R., Fossen, T., & Vågen, I. M. (2007).** Onions: A source of unique dietary flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(25), 10067–10080.
- Soria, A. C., Olano, A., Frías, J., Peñas, E., & Villamiel, M. (2009).** 2-Furoylmethyl amino acids, hydroxymethylfurfural, carbohydrates and β -carotene as quality markers of dehydrated carrots. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(2), 267–273.
- Spotti, M. J., Loyeau, P. A., Marangón, A., Noir, H., Rubiolo, A. C., & Carrara, C. R. (2019).** Influence of Maillard reaction extent on acid induced gels of whey proteins and dextran. *Food Hydrocolloids*, 91(January), 224–231.
- Starowicz, M., & Zieliński, H. (2019).** How Maillard Reaction influences sensorial properties (color, flavor and texture) of food products? *Food Reviews International*, 35(8), 707–725.
- Troise, A. D., Fiore, A., Wiltafsky, M., & Fogliano, V. (2015).** Quantification of N ϵ -(2-Furoylmethyl)-l-lysine (furosine), N ϵ -(Carboxymethyl)-l-lysine (CML), N ϵ -(Carboxyethyl)-l-lysine (CEL) and total lysine through stable isotope dilution assay and tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 188, 357–364.

- USDA (2019). Erişim: 24 Kasım 2021, <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170000/nutrients>
- Villamiel, M., Del Castillo, M. D., Corzo, N., & Olano, A. (2001). Presence of furosine in honeys. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(8), 790–793.
- Visvanathan R, K. T. (2014). Acrylamide in food products: A Review. *Journal of Food Processing & Technology*, 05(07).
- Yıldız, H. G., Palazoğlu, T. K., Miran, W., Kocadağı, T., & Gökmen, V. (2017). Evolution of surface temperature and its relationship with acrylamide formation during conventional and vacuum-combined baking of cookies. *Journal of Food Engineering* 197, 17–23.
- Yu, H., Zhong, Q., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y., & Yao, W. (2020). Kinetic study on the generation of furosine and pyrroline in a Maillard reaction model system of D-glucose and L-lysine. *Food Chemistry*, 317(1800), 126458.
- Yu, J., Zhang, S., & Zhang, L. (2018). Evaluation of the extent of initial Maillard reaction during cooking some vegetables by direct measurement of the Amadori compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(1), 190–197.
- Zhang, Y. Y., Song, Y., Hu, X. S., Liao, X. J., Ni, Y. Y., & Li, Q. H. (2012). Effects of sugars in batter formula and baking conditions on 5-hydroxymethylfurfural and furfural formation in sponge cake models. *Food Research International*, 49(1), 439–445.
- Žilić, S., Mogol, B. A., Akillioğlu, G., Serpen, A., Delić, N., & Gökmen, V. (2014). Effects of extrusion, infrared and microwave processing on Maillard reaction products and phenolic compounds in soybean. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 45–51.
- Zyzak, D. V., Sanders, R. A., Stojanovic, M., Tallmadge, D. H., Eberhart, B. L., Ewald, D. K., Gruber, D. C., Morsch, T. R., Strothers, M. A., Rizzi, G. P., & Villagran, M. D. (2003). Acrylamide formation mechanism in heated foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), 4782–4787.

EKLER

EK 1: Sarı soğan örneğine 3, 5 ve 7 dk mikrodalga uygulaması sonrası glukoz içeriğindeki değişime ait istatistik tabloları (Two Way Anova-GraphPad Prism)

ANOVA results x Multiple comparisons x v					
2way ANOVA ANOVA results					
Table Analyzed	MD-Glikoz				
Two-way ANOVA	Ordinary				
Alpha	0.05				
Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?	
Interaction	16.55	<0.0001	****	Yes	
Row Factor	79.14	<0.0001	****	Yes	
Column Factor	1.931	0.0282	*	Yes	
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	27457	6	4576	F (6, 12) = 13.93	P<0.0001
Row Factor	131297	3	43766	F (3, 12) = 133.2	P<0.0001
Column Factor	3204	2	1602	F (2, 12) = 4.878	P=0.0282
Residual	3941	12	328.5		
Data summary					
Number of columns (Column Factor)	3				
Number of rows (Row Factor)	4				
Number of values	24				

ANOVA results x Multiple comparisons x v						
2way ANOVA Multiple comparisons						
1	Compare cell means regardless of rows and columns:					
2						
3	Number of families	1				
4	Number of comparisons per family	66				
5	Alpha	0.05				
6						
7	Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff.	95.00% CI of diff.	Below threshold?	Summary	Adjusted P Value
8						
9	Ç:B vs. Ç:S	-115.5	-187.4 to -43.52	Yes	**	0.0013
10	Ç:B vs. Ç:M	-132.4	-204.3 to -60.44	Yes	***	0.0004
11	Ç:B vs. D:B	-53.03	-125.0 to 18.93	No	ns	0.2412
12	Ç:B vs. D:S	-41.63	-113.6 to 30.32	No	ns	0.5225
13	Ç:B vs. D:M	2.006	-69.95 to 73.96	No	ns	>0.9999
14	Ç:B vs. O:B	19.68	-52.27 to 91.63	No	ns	0.9895
15	Ç:B vs. O:S	33.45	-38.50 to 105.4	No	ns	0.7696
16	Ç:B vs. O:M	92.00	20.05 to 164.0	Yes	**	0.0088
17	Ç:B vs. Y:B	102.5	30.59 to 174.5	Yes	**	0.0036
18	Ç:B vs. Y:S	104.8	32.84 to 176.7	Yes	**	0.0030
19	Ç:B vs. Y:M	125.2	53.23 to 197.1	Yes	***	0.0006
20	Ç:S vs. Ç:M	-16.92	-88.88 to 55.03	No	ns	0.9968

EK 1 (devam)

ANOVA results × Multiple comparisons ×						
2way ANOVA Multiple comparisons						
21	Ç:S vs. D:B	62.44	-9.509 to 134.4	No	ns	0.1130
22	Ç:S vs. D:S	73.84	1.886 to 145.8	Yes	*	0.0424
23	Ç:S vs. D:M	117.5	45.52 to 189.4	Yes	**	0.0011
24	Ç:S vs. O:B	135.2	63.20 to 207.1	Yes	***	0.0003
25	Ç:S vs. O:S	148.9	76.97 to 220.9	Yes	***	0.0001
26	Ç:S vs. O:M	207.5	135.5 to 279.4	Yes	****	<0.0001
27	Ç:S vs. Y:B	218.0	146.1 to 290.0	Yes	****	<0.0001
28	Ç:S vs. Y:S	220.3	148.3 to 292.2	Yes	****	<0.0001
29	Ç:S vs. Y:M	240.6	168.7 to 312.6	Yes	****	<0.0001
30	Ç:M vs. D:B	79.37	7.415 to 151.3	Yes	*	0.0262
31	Ç:M vs. D:S	90.76	18.81 to 162.7	Yes	**	0.0098
32	Ç:M vs. D:M	134.4	62.45 to 206.4	Yes	***	0.0003
33	Ç:M vs. O:B	152.1	80.12 to 224.0	Yes	****	<0.0001
34	Ç:M vs. O:S	165.8	93.90 to 237.8	Yes	****	<0.0001
35	Ç:M vs. O:M	224.4	152.4 to 296.3	Yes	****	<0.0001
36	Ç:M vs. Y:B	234.9	163.0 to 306.9	Yes	****	<0.0001
37	Ç:M vs. Y:S	237.2	165.2 to 309.1	Yes	****	<0.0001
38	Ç:M vs. Y:M	257.6	185.6 to 329.5	Yes	****	<0.0001
39	D:B vs. D:S	11.40	-60.56 to 83.35	No	ns	>0.9999
40	D:B vs. D:M	55.03	-16.92 to 127.0	No	ns	0.2066
41	D:B vs. O:B	72.71	0.7562 to 144.7	Yes	*	0.0468
42	D:B vs. O:S	86.48	14.53 to 158.4	Yes	*	0.0141
43	D:B vs. O:M	145.0	73.07 to 217.0	Yes	***	0.0001
44	D:B vs. Y:B	155.6	83.62 to 227.5	Yes	****	<0.0001
45	D:B vs. Y:S	157.8	85.86 to 229.8	Yes	****	<0.0001
46	D:B vs. Y:M	178.2	106.3 to 250.2	Yes	****	<0.0001
47	D:S vs. D:M	43.64	-28.31 to 115.6	No	ns	0.4636
48	D:S vs. O:B	61.31	-10.64 to 133.3	No	ns	0.1242
49	D:S vs. O:S	75.09	3.133 to 147.0	Yes	*	0.0381
50	D:S vs. O:M	133.6	61.68 to 205.6	Yes	***	0.0003
51	D:S vs. Y:B	144.2	72.22 to 216.1	Yes	***	0.0002
52	D:S vs. Y:S	146.4	74.47 to 218.4	Yes	***	0.0001
53	D:S vs. Y:M	166.8	94.86 to 238.8	Yes	****	<0.0001
54	D:M vs. O:B	17.68	-54.28 to 89.63	No	ns	0.9954
55	D:M vs. O:S	31.45	-40.51 to 103.4	No	ns	0.8233
56	D:M vs. O:M	89.99	18.04 to 161.9	Yes	*	0.0104
57	D:M vs. Y:B	100.5	28.58 to 172.5	Yes	**	0.0043
58	D:M vs. Y:S	102.8	30.83 to 174.7	Yes	**	0.0035
59	D:M vs. Y:M	123.2	51.22 to 195.1	Yes	***	0.0007
60	O:B vs. O:S	13.77	-58.18 to 85.72	No	ns	0.9995
61	O:B vs. O:M	72.32	0.3647 to 144.3	Yes	*	0.0484
62	O:B vs. Y:B	82.86	10.91 to 154.8	Yes	*	0.0193
63	O:B vs. Y:S	85.11	13.16 to 157.1	Yes	*	0.0159
64	O:B vs. Y:M	105.5	33.54 to 177.4	Yes	**	0.0028
65	O:S vs. O:M	58.55	-13.41 to 130.5	No	ns	0.1560
66	O:S vs. Y:B	69.09	-2.865 to 141.0	No	ns	0.0641
67	O:S vs. Y:S	71.34	-0.6163 to 143.3	No	ns	0.0528
68	O:S vs. Y:M	91.73	19.77 to 163.7	Yes	**	0.0090
69	O:M vs. Y:B	10.54	-61.41 to 82.49	No	ns	>0.9999
70	O:M vs. Y:S	12.79	-59.16 to 84.74	No	ns	0.9997
71	O:M vs. Y:M	33.18	-38.77 to 105.1	No	ns	0.7772
72	Y:B vs. Y:S	2.249	-69.70 to 74.20	No	ns	>0.9999
73	Y:B vs. Y:M	22.64	-49.31 to 94.59	No	ns	0.9720
74	Y:S vs. Y:M	20.39	-51.56 to 92.34	No	ns	0.9865



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad: Hatice YETİŞ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans :** 2018, İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği
- **Yüksek Lisans:** 2022, İnönü Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN ÇALIŞMALAR

- **Yetiş H., Kocadağlı T., Gökmen V. & Durmaz G., (2021, November).** The Effect of Different Heat Treatments on the Formation of Furanic Compounds in Onion. In 2021 2.nd International Conference on Gastronomy, Food and Nutrition (ICGaFoN).