

T.C.
İSTANBUL AYVANSARAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**GIDALARDA PROSES BULAŞANLARI OLUŞUMU VE
AZALTILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Norda YILDIZ AGOPYAN

**Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı
Gastronomi ve Mutfak Sanatları Programı**

Mayıs, 2021

T.C.
İSTANBUL AYVANSARAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**GIDALARDA PROSES BULAŞANLARI OLUŞUMU VE
AZALTILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Norda YILDIZ AGOPYAN
(19200102019)**

**Gastronomi ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı
Gastronomi ve Mutfak Sanatları Programı**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aziz EKŞİ

Mayıs, 2021

AKADEMİK DÜRÜSTLÜK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “GIDALARDA PROSES BULAŞANLARI OLUŞUMU VE AZALTILMASI” başlıklı çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun olarak tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullandıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve onurumla doğrularım.

20/05/2021

Norda YILDIZ AGOPYAN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin her aşamasında büyük emeği geçen, her konuda yol gösteren, yardımcı olan ve destekleyen çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Aziz EKŞİ'ye, bilgisini ve yardımlarını her daim paylaşan hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi İlkay YILMAZ'a ve hayatımın her döneminde yanımda olup beni destekleyen canım aileme sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
KABUL VE ONAY	ii
AKADEMİK DÜRÜSTLÜK BEYANI	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
SEMBOLLER	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTARCT	xii
GİRİŞ	1
1. GIDA MUHAFAZA VE PİŞİRME YÖNTEMLERİ	3
1.1. Gıda Muhafaza Yöntemleri	3
1.1.1. Isıl işlem ile muhafaza	4
1.1.2. Soğukta muhafaza.....	7
1.1.3. Dondurarak muhafaza.....	7
1.1.4. Kurutarak muhafaza.....	8
1.1.5. Modifiye atmosferde paketlenme	10
1.1.6. Kimyasal koruyucular ile muhafaza	11
1.1.7. Işın ile muhafaza	12
1.1.8. Yüksek hidrostatik basınç ile muhafaza	13
1.1.9. Ohmik ısıtma.....	14
1.1.10. Vurgulu elektrik alan (PEF).....	16
1.1.11. Vurgulu ışık	17
1.1.12. Ultrases (US).....	18
1.1.13. Salınımlı manyetik alan	19
1.1.14. Mikrodalga.....	19
1.2. Gıda Pişirme Yöntemleri.....	21
1.2.1. Haşlama	22
1.2.2. Kızartma.....	23

1.2.3. Fırında pişirme	23
1.2.4. Izgara	24
1.2.5. Poşe	24
2. GIDALARDAKİ BAŞLICA PROSES BULAŞANLARI.....	25
2.1. Gıda Bulaşanı Kavramı	25
2.2. Hidroksimetilfurfural (5-HMF)	26
2.3. Akrilamid.....	29
2.4. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)	32
2.5. Trans Yağ Asidi.....	33
2.6. Epoksi Yağ Asidi.....	35
2.7. 3-Monokloropropan-1,2-diol (3-MCPD)	37
2.8. Biyojen Aminler	39
3. GIDALARDAKİ PROSES BULAŞANI DÜZEYLERİ.....	41
3.1. Gıdalardaki HMF Düzeyi	41
3.2. Gıdalardaki Akrilamid Düzeyi	43
3.3. Gıdalarda PAH Düzeyi.....	45
3.4. Gıdalarda Trans Yağ Asidi Düzeyi	47
3.5. Gıdalarda Epoksi Yağ Asidi Düzeyi	48
3.6. Gıdalarda 3-MCPD Düzeyi	50
3.7. Gıdalarda Biyojen Amin Düzeyi	53
4. GIDALARDA PORSES BULAŞANLARININ AZALTIYMA YOLLARI...55	
KAYNAKLAR.....	60
ÖZGEÇMİŞ.....	72

KISALTMALAR

HMF	: Hidroksimetilfurfural
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
TYA	: Trans Yağ Asidi
EYA	: Epoksi Yağ Asidi
MCPD	: Monokloropropandiol
BA	: Biyojen Amin
UHT	: Ultra High Temperature
MAP	: Modifiye Atmosferde Paketleme
YHB	: Yüksek Hidrostatik Basınç
PEF	: Vurgulu Elektrik Alan
PL	: Vurgulu Işık
US	: Ultrases
HAA	: Heterosiklik Aromatik Amin
BaP	: Benzo(a)pirenin
GE	: Glisidol
MAG	: Monoaçilgliserol
DAG	: Diaçilgliserol
SMF	: 5-sülfoksimetilfurfural
MR	: Maillard Reaksiyonu
IARC	: Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
ESBO	: Epokside Soya Fasulyesi Yağı
UV	: Ultraviyole
IR	: Kızılötesi
HVP	: Hidrolize Bitkisel Protein

SEMBOLLER

%	: Yüzde değer
°C	: Santigrat derecesi
a_w	: Su aktivitesi
ppm	: Milyonda bir birim
mg/g	: Gramda miligram
µmol/L	: Litrede mikromol
µg/kg	: Kilogramda mikrogram
L	: Litre
Gy	: Gray
kGy	: Kilogray
MPa	: Megapaskal
Bq/kg	: Kilogramda Becquerel
kHz	: Kilohertz
MHz	: Megahertz
SO₂	: Kükürt dioksit
O₂	: Oksijen
CO₂	: Karbondioksit
N₂	: Azot

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 : Gıda ışınlama sembolü (Radura).....	13
Şekil 2.1 : Heksozlardan 5-Hidroksimetilfurfural oluşumu	26
Şekil 2.2 : Maillard tepkimesi basamakları	27
Şekil 2.3 : Akrilamidin kimyasal yapısı	29
Şekil 2.4 : Gıdalarda akrilamid oluşumu	30
Şekil 2.5 : Benzo(a)piren'in kimyasal yapısı.....	32
Şekil 2.6 : Trans yağ asidinin kimyasal yapısı	34
Şekil 2.7 : Lipid oksidasyonu sırasında epoksit halka oluşumu	36
Şekil 2.8 : 3-MCPD'un kimyasal yapısı.....	37
Şekil 2.9 : Biyojen amin çeşitleri ve kimyasal yapısı.....	39

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1.1 : Yiyecek ürünlerinin pişirme yöntemleri	22
Tablo 3.1 : Çeşitli gıdalardaki HMF miktarı.....	41
Tablo 3.2 : Çeşitli gıdalarda bulunan akrilamid seviyeleri	44
Tablo 3.3 : Pişirme yöntemlerine göre çeşitli gıdalarda bulunan PAH düzeyleri.....	45
Tablo 3.4 : Çeşitli gıda gruplarındaki trans yağ asidi miktarı.....	47
Tablo 3.5 : Çeşitli gıdalardaki epoksi yağ asidi düzeyi	49
Tablo 3.6 : Çeşitli gıdalardaki 3-MCPD düzeyleri	51
Tablo 3.7 : Çeşitli gıdalardaki biyojen amin miktarı	53

ÖZET

GIDALARDA PROSES BULAŞANLARI OLUŞUMU VE AZALTILMASI

Gıdalara Antik Çağ'dan bu yana farklı muhafaza ve pişirme yöntemleri uygulanmaktadır. Bu işlemlerin amacı esas olarak gıdanın raf ömrünü uzatmak ve duyu kalitesini geliştirmektir. Ancak bu sırada gıdalarda zararlı madde oluşabileceği düşünülmemiştir. Bu nedenle "proses bulaşanı" denilen bu maddelerin farkına çok geç varılmıştır. Farkına 2002 yılında varılan akrilamid, bunun tipik bir örneğidir.

Bu bileşiklerin ortak özelliği gıdalarda doğal olarak bulunmamaları, proses koşullarına bağlı olarak oluşmaları ve sağlığa zararlı olmalarıdır. Bunların başlıcaları; hidroksetilfurfural (5-HMF), akrilamid, polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH), trans yağ asidi (TYA), epoksi yağ asidi (EYA), monokloropropandiol (3-MCPD) esterleri ve biyojen aminlerdir. Bunlardan biyojen aminler hariç diğerleri gıdaların muhafazası ve pişirilmesi için uygulanan ısı işlemleri sırasında oluşmaktadır. Gıda muhafazası için uygulanan ısı işlemlere alternatif aranmasının başlıca nedenlerinden biri de budur. Gerçi termal olmayan soğuk depolama, dondurma, kimyasal muhafaza gibi yöntemler eskiden beri vardır. Ancak son yıllarda daha çok yüksek hidrostatik basınç, ohmik ısıtma, vurgulu elektrik alanı, vurgulu ışık, ultrases, salınımlı manyetik alan ve mikrodalga gibi alternatif yöntemler üzerinde çalışılmaktadır.

Yapılan araştırmalar; pekmez ve reçel gibi gıdalarda HMF, patates cipsi vb. gıdalarda akrilamid, tütülenen ve ızgara yapılan gıdalarda PAH, margarin ve fırınlanan gıdalarda TYA, kızartma yağlarında EYA, palm yağı içeren gıdalarda MCPD, fermente gıdalarda ve taze balıklarda ise biyojen amin miktarının endişe eşiğini aşabildiğini göstermektedir. Bu durum gıda güvenliği açısından bir tehdit olarak görülmektedir.

Gıdalarda proses bulaşanı düzeyinin azaltılması için termal olmayan alternatif yöntemler kuşkusuz çok önemlidir. Ancak bunların bir kısmı henüz araştırma düzeyindedir ve bir kısmının da en azından bazı gıdalara uygulanması söz konusu değildir. Bu nedenle konvansiyonel proseslerin iyileştirilmesi de gereklidir.

Bu çalışmada; proses bulaşanı oluşumu açısından gıda koruma ve pişirme yöntemleri irdelenmiş, araştırma sonuçlarına göre gıdalardaki proses bulaşanı düzeyi ortaya konulmuş, bunların tüketici sağlığı açısından anlamı tartışılmış ve proses bulaşanlarının azaltılması için öneriler belirtilmiştir. Bu önerilerin öncelikle gıda sanayi ve gastronomi sektörü tarafından dikkate alınması gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Proses bulaşanı, gıda muhafazası, ısı işlem, bulaşan düzeyi, gıda zehirlenmesi

ABSTARCT

FORMATION AND REDUCTION OF PROCESS CONTAMINANTS IN FOODS

There has been different preservation and cooking methods for food materials since ancient times. The purpose of these procedures has mainly been to extend shelf life and to improve sensory properties of food products. However, the potential formation of hazardous materials while processing food has been disregarded. For this reason, “process contaminants” were discovered at a much later period. The discovery of “acrylamide” in 2002 is a typical example to this subject matter.

The common features of these compounds are that they do not exist in food materials naturally; they are formed based on processing conditions, and they are hazardous to human health. The main compounds are hydroxymethylfurfural (5-HMF), acrylamides, polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH), trans fatty acids (TFA), epoxy fatty acids, monochloropropandiol (3-MCPD) esters and biogenic amines. These compounds, with the exception of biogenic amines, are formed during heat treatment for the purpose of preservation and cooking. That is one of the main reasons for searching alternative methods in food preservation. Non-thermal methods such as cold storage, freezing and chemical preservation have been used since old times. However, in recent years, studies have mainly focused on alternative methods such as high hydrostatic pressure, ohmic heating, pulsed electric field, pulsed light processing, ultrasound, oscillating magnetic field and microwave.

Studies have shown that the HMF amount found in food materials such as grape molasses and jam; the acrylamide amount found in potato chips etc.; the PAH amount found in smoked and grilled food; the TFA amount found in food materials such as margarine and baked food; the epoxy fatty acid amount found in frying oil; the MCPD amount found in foods that contain palm oil; and the amount of biogenic amine found in fermented goods and fresh fish can be worrisome. This fact poses a risk in terms of food safety.

Indeed, non-thermal methods to decrease the amount of process contaminants in food materials are of paramount importance. However, some of these alternative methods are still being studied and some of them cannot be applied to certain food materials. For this reason, conventional processing methods should also be improved.

This study examines the preservation and cooking methods for food materials. Based on the research outcomes of this study, the level of process contaminants in food materials has been detailed, and their impact on consumer health has been discussed. Furthermore, recommendations have been provided to decrease the amount of process contaminants. These recommendations should be taken into consideration primarily by food industries and the gastronomy sector.

Keywords: *Process contaminant, food preservation, thermal process, contaminant level, food poisoning.*

GİRİŞ

Gıda endüstrisindeki gelişmeler ile tüketici neredeyse her mevsimde her gıdaya ulaşabilmektedir. Bu gıdaların tüketiciye sunulması için bazı işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Gıdalara uygulanan işlemler, gıdanın taşınmasını ve muhafazasını kolaylaştırmak, bazı yörelerde ve mevsimlerde bulunmayan gıdaların bulunmasını sağlamak, gıdaların tat ve görünüşlerini iyileştirmek, gıdaların pişirilmesi ve hazırlanmasında kolaylık sağlamaktadır. Ancak gıdaların depolanmasından tüketiciye ulaşana kadar geçen sürede fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerde oluşabilecek olumsuz değişikliklerin önüne geçilmesi için gıda muhafaza yöntemleri kullanılmaktadır (Tomar, 2002).

Gıdaların muhafaza edilmesinin amacı, öncelikle gıdalardaki mikrobiyolojik ve enzimatik değişimlerin sınırlanması ve önlenmesidir. Gıdalara çevre, insan, aygıt gibi farklı kaynaklardan çok sayıda ve farklı türde mikroorganizma bulaşması söz konusudur. Bunlar elverişli gıda ortamında hızlı bir şekilde çoğalmaktadır. Bir yandan yaşamları için gerekli besin öğelerini gıdadan sağlarken bir yandan da metabolizma artıklarını gıdaya bırakmaktadırlar. Aynı zamanda gıdanın yapısında doğal olarak bulunan enzimlerin faaliyetleri de devam etmektedir. Bütün bu sürecin sonucunda gıdalarda köklü kimyasal ve fiziksel değişimler ortaya çıkarak gıdalar tüketilemeyecek bir niteliğe dönüşebilmektedir. Bu oluşuma bozulma denmektedir (Cemeroğlu ve diğ., 2001).

Gıdaların sağlıklı, kaliteli ve güvenilir bir şekilde üretilmesi için kullanılan en yaygın proses aşaması ısıtma işlemidir. Gıdaların muhafazası için kullanılan ısıtma işlemi proseslerinde, yüksek veya uzun süreli sıcaklık uygulamaları nedeniyle besin kayıpları meydana gelebilmekte, sağlık açısından riskli serbest radikaller oluşabilmekte, tat ve aroma kayıpları gözlenmektedir. Isıtma işlemi uygulamalarının gıdaların özelliklerinde oluşturduğu bu olumsuzluklar, alternatif yeni tekniklerin geliştirilmesine ve uygulanmasına yönlendirmiştir.

Yeni gıda prosesleri kapsamında yüksek hidrostatik basınç, ultrases, vurgulu elektrik alan, ışınlama, vurgulu ışık, mikrodalga ve ohmik ısıtma gibi yöntemler öne çıkmaktadır. Bunlar, normal sıcaklıkta uygulandığı için yüksek sıcaklık nedeniyle oluşabilecek olumsuzlukların en aza indirildiği muhafaza yöntemleridir. Sıcaklığın düşük olması ile gıdaların tat, koku, doku ve besin değeri gibi doğal özellikleri daha iyi korunarak mikroorganizmaların inaktivasyonu sağlanmaktadır (Karabacak, 2015).

Gıdaların yetiştirme, işleme, taşıma, depolama sırasında, çevreden, aygıtlardan, ambalaj gibi kaynaklardan istem dışı geçen veya yetiştirme ve depolama sırasında mikroorganizma etkisi ile oluşan ve gıdadan uzaklaştırılmayan zararlı bileşiklere gıda bulaşanı denilmektedir. Proses bulaşanı ise kavram olarak nispeten yenidir. Fakat bunların gıdalarda oluşması oldukça eskidir. Bu kavram kısaca gıdalarda doğal olarak bulunmayan fakat uygulanan işlemler sırasında oluşan zararlı maddeleri tanımlamaktadır. Proses sırasında gıdalarda oluşan hidroksimetilfurfural (HMF), akrilamid, polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH), trans yağ asidi (TYA), epoksi-yağ asidi (EYA), monokloro-propandiol (MCPD) ve esterleri ile biyojen amin gibi zararlı bileşikler kapsamaktadır (Ekşi, 2018).

Proses bulaşanları, gıdalarda pastörizasyon, sterilizasyon, fırınlama, kızartma gibi birçok işlem sırasında ısı ve oksijen etkisi ile oluşabilmektedir. Depolama sırasında oluşan biyojen aminler de bu gruptandır. Bunların gıdadaki miktarı belli bir limiti aştığında insan sağlığına zarar vermektedir. Bu çalışmanın birinci amacı; bu bileşiklerin özelliklerinin, sağlık üzerine etkilerinin, hangi gıdalarda ve hangi koşullarda oluştuklarının, gıdalardaki düzeylerinin araştırılması, ikinci amacı ise gerek gıda işleme ve gerekse yemek pişirme yöntemleri açısından irdelenmesi ve azaltılması için alternatiflerinin tartışılmasıdır.

Tezin 1.Bölümü'nde gıda muhafaza ve pişirme yöntemleri konusunda bilgi verilmiş, 2.Bölümü'nde gıdalarda oluşma olasılığı olan başlıca proses bulaşanlarının özellikleri ve sağlık üzerine etkileri hakkındaki araştırmalar gözden geçirilmiş, 3.Bölümü'nde farklı gıdalarda proses bulaşanları düzeyi araştırma bulgularına dayalı olarak açıklanmış ve 4.Bölüm'de ise proses bulaşanlarının azaltılma olanakları tartışılmış ve öneriler sıralanmıştır.

Çalışmanın gıda ve yemek sektöründe gıda güvenliğinin sağlanmasına az da olsa katkıda bulunması beklenmektedir.

1. GIDA MUHAFAZA VE PİŞİRME YÖNTEMLERİ

1.1. Gıda Muhafaza Yöntemleri

Gıdaların muhafaza edilmesi insanlık tarihindeki en büyük gelişmelerden biri olarak görülmektedir. Taze yiyecek toplama ve avı yerine göçebe yaşam tarzına uygun olarak avlanan hayvanların bir yerden başka bir yere taşınması için çeşitli yöntemler uygulamaya başlamışlardır. Gıdaları korumak için tuz ve baharat gibi çeşitli bileşiklerden de yararlanmışlardır. Geliştirilen en eski muhafaza yöntemlerinin kurutma, tütsüleme, soğutma ve ısıtma olduğu görülmektedir. 19. yy.'da Pasteur'un çalışmaları ile ısıtma, soğutma ve dondurarak muhafaza gibi yöntemlerin etki mekanizması açıklık kazanmıştır (Zeuthen ve Bogh-Sorensen, 2003).

Günümüzde gıdaya olan ihtiyacın her geçen gün artmasına rağmen üretilen gıdaların yetersiz muhafaza edilmesi ve uygun olmayan işleme yöntemlerine tabi tutulması sebebiyle üretilen gıdaların üçte biri çöpe atılmaktadır. Üretimde kullanılan bitkisel ve hayvansal ham maddeler çeşitli cins ve miktarda mikroorganizma içermektedir. Bu mikroorganizmalar da gıdalarda istenilmeyen birçok değişikliğe neden olmaktadır. Bu yolla bir yandan gıda kayıpları ortaya çıkarken bir yandan da halk sağlığı açısından tehdit oluşturabilmektedir. Gıda muhafazasının amacı; mikroorganizmaların çoğalma, gelişme, faaliyetlerinin kısıtlanması ve engellenmesidir (Arancıoğlu, 2020).

Uygulanan yöntemlerle, gıda bozulmalarına yol açan mikroorganizmalar ya öldürülerek etkisiz hale getirilmekte ya da canlı kalsalar bile ortamda çoğalamayacak ve faaliyetlerini önleyecek koşullar oluşturulmaktadır. Mikroorganizmaların öldürülerek gıdaların dayanıklı hale getirilmesinin tipik örneği konserve işlemdir. Bu uygulamada, konserve içerisinde bulunan mikroorganizmalar ısıll yollar ile öldürülmekte ve tekrar mikroorganizma bulaşmasını önleyecek şekilde ambalajlanmaktadır. Dondurma ve kurutma işleminde ise gıdalarda bulunan

mikroorganizmalar öldürülmeden faaliyetlerini gerçekleştiremeyecek duruma getirilmektedir (Cemeroğlu ve diğ., 2001).

Gıda muhafaza teknikleri, gıdaların insan sağlığı açısından güvenli olmasını sağlayarak, besleyici ve duyuşal niteliklerinin korunmasını amaçlamaktadır. Bu bölümde hem geleneksel ve yeni gıda muhafaza teknikleri hem de pişirme yöntemleri gözden geçirilecektir.

1.1.1. Isıl işlem ile muhafaza

Isıl işlem, gıda teknolojisinde yaygın olarak kullanılan bir muhafaza yöntemidir. Kısaca, mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyonu sağlamak için gıdanın belirli bir sıcaklıkta belirli bir süre tutulması ve ardından soğutulması ile gerçekleştirilen bir işlemdir. Isıl işlemin amacı, gıda güvenliğinden ödün vermeden gıdaların raf ömrünü uzatmaktır. Bu işlemle gıdalardaki enzim faaliyetleri durdurulmakta, patojen mikroorganizmalar öldürülmekte, gıdanın bozulmasına yol açan mikroorganizmalar ortadan kaldırılmakta ve bu sırada gıdanın besin değeri ve kalitesi olabildiğinde korunmaktadır (Karabacak, 2015).

Geleneksel ısıl işlemde, gıda hermetik kapatılabilen bir ambalaja (kutu, kavanoz, şişe) doldurulup, kapatıldıktan sonra önceden belirlenen bir sıcaklıkta ve sürede ısıtılmakta ve sonra soğutulmaktadır. Meyve, sebze, et, hazır gıdalar, salça ve meyve suyu gibi birçok gıda bu yolla konserve edilmektedir. Bu işlemle ambalaj içerisindeki gıdada bulunan mikroorganizmalar öldürülmekte ve enzimler de inaktive olmaktadır. Kabın, hermetik olarak kapatılması da gıdaya yeni bir mikroorganizma bulaşmasını engelleyerek, uzun süreli bir raf ömrü sağlamaktadır (Cemeroğlu, 2019).

Gıdanın özelliğine ve beklenen raf ömrüne göre ısıl işlem uygulamaları farklılaşmaktadır. Genel olarak bunlar, “hafif ısıl işlem” ve “şiddetli ısıl işlem” olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Hafif ısıl işlem grubunun tipik örnekleri, pastörizasyon ve haşlamadır. Ancak günümüz gıda teknolojisinde haşlama işlemi gıda muhafazasından daha çok gıda hazırlama veya işleme metodu olarak uygulanmaktadır. Sterilizasyon ve dondurma gibi muhafaza yöntemlerinden önce uygulanan ön işlem gibidir. Sterilizasyon ise şiddetli ısıl işlem grubunun en yaygın örneğidir. Genel olarak sıcaklık arttıkça reaksiyon hızı da artmaktadır. Bu kural hem kimyasal hem enzimatik hem de mikrobiyal reaksiyonlar için geçerlidir. Ancak

sıcaklık belirli bir derecenin üzerine çıktığında enzimler ve mikroorganizmalar inaktive olmakta ve yol açtıkları tepkimeler durmaktadır (van Boekel ve diğ., 2010).

Pastörizasyon denilince ambalajlama öncesi veya sonrası gıdaların 100°C ve altında belirli bir süre tutulması anlaşılmaktadır. Daha çok asidik gıdalara (pH < 4.5) bozulmaya neden olan mikroorganizmaların (maya veya küf) öldürülmesi ve enzimlerin inaktivasyonu yolu ile belirli bir raf ömrü kazandırmak için de uygulanmaktadır. Meyve suyu, domates salçası, meyve konservesi bunun başlıca örnekleridir. Pastörizasyon ayrıca düşük asitli gıdalardaki (pH > 4.5) patojenik mikroorganizmaların öldürülmesi, bozulmaya yol açan diğer mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktive edilmesi ve böylece raf ömrünün uzamasını sağlamak için de kullanılmaktadır. Bu uygulamanın en yaygın örneği ise içme sütüdür. Her iki uygulamada da gıdanın duyuşal özellikleri ve besleyici değerindeki değişimlerin minimum düzeyde kalması gözetilmektedir. Pastörizasyon parametreleri (sıcaklık ve süre) ile bozulmaya neden olan organizmaların tümüyle öldürülmesi amaçlanmamaktadır. Ancak, vejetatif hücreler ölmekte, çoğu mikroorganizma ısıdan dolayı şoka girmekte, ancak ısıya dayanıklı termofilik mikroorganizmalar ve bakteri sporları ise canlılığını korumaktadır. Bu olgu, pastörizasyon sonrası soğutma işlemini uygulamasını gerektirmektedir (Fellows, 2009).

Pastörizasyon; meyve konservesi, domates salçası, meyve suyu, şarap, bira ve içme sütü gibi çok sayıda gıdaya uygulanmaktadır. Eskiden sütün pastörizasyonu kaynama noktası altındaki bir sıcaklığa ısıtılması ve bu sıcaklıkta belirli bir süre tutulması şeklinde uygulanıyordu. Çünkü çok yüksek sıcaklıklarda sütte doğal olarak bulunan proteinlerin koagülasyonu söz konusuydu. Modern tekniklerin gelişmesi ile sütün pastörizasyonu çok daha yüksek sıcaklık derecelerinde daha kısa bir süre tutularak gerçekleştirilmektedir ve proteinlerin geri dönüşsüz hasarı da engellenmektedir (ABB, 2018).

Pastörizasyon işleminin uygulandığı gıdaların duyuşal niteliklerinde küçük değişikliklere de yol açması kaçınılmazdır. Örneğin meyve suyunun pastörizasyonu sırasında uçucu madde ve aroma kaybı olabilmektedir. Bu kaybı engellemek için pastörizasyon öncesi hava alma (dearasyon) işlemini uygulanmaktadır. Havanın alınması ayrıca C vitamini ve karotenoid gibi besin kayıplarını da en aza indirmektedir. Uçucu bileşiklerin kaybindan kaynaklanan kalite düşüşünü önlemek

için ise pastörizasyon öncesi meyve suyunun aroması ayrılarak daha sonra yeniden kazandırılmaktadır (aroma recovery) (Rahman, 2007).

Pastörize süt ve çiğ süt arasındaki renk farkı pastörizasyondan önce gerçekleştirilen homojenizasyon işlemi ile alakalıdır. Pastörizasyon öncesi süt homojenize edilerek yağ ve suda çözünen bileşenleri emülsiyon haline getirilmektedir. Bu olgu, pastörize sütün çiğ süte göre daha beyaz bir görünüme sahip olmasına neden olmaktadır. Bitkisel gıdalardaki renk değişmesi sıcaklık derecesine ve ısıtma süresine bağlıdır (Peng ve diğ., 2017).

Genel olarak pastörizasyon, atmosferik basınç altında, birkaç saniyeden 30 dakikaya kadar süre ile gerçekleştirilmektedir. Uygulanan sıcaklık derecesi 65-100 °C arasında değişmektedir. Ancak mikroorganizma sporları ve bazı vejetatif formları tümüyle yok edemediğinden soğuk muhafaza gibi başka bir yöntemle desteklenmesi gerekebilmektedir. Pastörize gıdaların stabilitesi orta veya düşük düzeydedir ve raf ömrü gıdanın özelliğine ve tamamlayıcı muhafaza yöntemine göre değişkendir (Arancıoğlu, 2020).

Gıdaların korunması için yaygın olarak kullanılan sterilizasyon işlemi ise şiddetli bir ısı uygulamasıdır. Gıdadaki mikroorganizma türü ve formlarının tümüyle yıkımını sağlamaktadır. Ancak bu aşırı ısı uygulamasının zararlarından kaçınmak için “ticari sterilizasyon” adı verilen daha ılımlı olan bir ısı işlem uygulanmaktadır (Vaclavik ve Christian, 2014).

Isıl sterilizasyon; “gıdaların mikrobiyal ve enzim aktivitelerini inaktive etmek için 100°C'nin üzerindeki bir sıcaklıkta, uzun bir süre ısıtılma işlemi” olarak tanımlanmaktadır. Sterilizasyon uygulanan gıdaların ortam sıcaklığındaki raf ömrü altı aydan uzundur. Sterilizasyon dolmuş sonrası (gıda ambalaj içinde iken) uygulandığında şiddetli ısı işleminden dolayı gıdaların besleyici değerinde ve duyuşal niteliklerinde önemli değişiklikler gözlenmektedir. Bu nedenle, yeni teknolojik gelişmeler ile ambalaj içi sterilizasyon işleminin süresini kısaltarak veya sterilizasyonu ambalajlama öncesi uygulayarak (aseptik işlem) besin değerine ve duyuşal bileşenlere verilen zararın azaltılması amaçlanmaktadır. Gıdaya uygulanacak sterilizasyon süresi; gıdada bulunması muhtemel mikroorganizmaların veya enzimlerin ısı direncine, ısıtma koşullarına, gıdanın pH değerine, kabın boyutuna ve gıdanın fiziksel durumuna bağlıdır (Fellows, 2009).

Sterilizasyon gıdalara iki şekilde uygulanmaktadır: İlki, gıdaların hermetik ambalajlar içerisinde belirli bir sürede ve sıcaklıkta ısıtılma maruz bırakılmasıdır. Bu işlem, meyve suyu, sebze, meyve, salça ve et gibi besinlere uygulanmaktadır. Bir diğeri ise; aseptik proseste olduğu gibi gıdaların ambalajlanmadan önce ısıtılma maruz bırakılması, kapalı ortamda soğutulması ve steril gıdanın steril ambalajlara (şişe, kavanoz, karton kutu) doldurulup hermetik olarak kapatılmasıdır (MEB, 2011b). Ticari sterilizasyon en çok konserve gıdalar için, UHT (Ultra High Temperature) ise içme sütü için uygulanmaktadır. Isıtılma koşulları gıdanın cinsi, pH değeri gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Asitli gıdalar için 100 °C yeterli gelirken, asit içeriği düşük olanlar için daha yüksek sıcaklıklar gerekebilmektedir. UHT süt yaklaşık 140 °C'da 4 saniye ısıtılma tabii tutulmaktadır (Arancıoğlu, 2020).

1.1.2. Soğukta muhafaza

Soğutma, gıdanın donma noktasının hemen üzerindeki sıcaklık olan 0°C'ye düşürülme işlemidir. Bu işlemin amacı gıdanın doğal haline en yakın şekilde korumaktır. Soğutmanın amacı; sıcaklığın 0°C'ye düşürülerek ortamdaki mikroorganizmaların faaliyetlerinin durdurulması ve başta solunum olmak üzere normal koşullarda oluşan, fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal olayların en aza indirgenmesidir. Soğutma, gıdaların bozulmasını engellememekte, ancak belli bir süre ile gecikmesini sağlamaktadır (Kurtkaya ve Binici, 2014). Isıtılma yöntemleri ile kıyaslandığında soğuk muhafazanın önemli bir avantajı, gıdaların doğal besinsel, dokusal ve duyuşsal özelliklerinin çok az değişmesidir (Arancıoğlu, 2020).

1.1.3. Dondurarak muhafaza

Dondurma işlemi, gıdaların besin kalitesini kaybetmeden normal koşullara göre daha uzun bir süre korunmasını sağlamaktadır. Dondurulmuş gıdalar, diğeri yöntemlerle muhafaza edilenler ile kıyaslandığında, besin değeri açısından daha yüksek kaliteye sahip olmaktadır. Dondurma işlemi; gıdanın depolama ömrüne, donma öncesi koşullarına, ambalajlama şekline, depolama sıcaklığına ve depolama koşullarına göre farklılık göstermektedir. Bu işlem sırasında, gıdanın sıcaklığı donma noktasının altına düşürüldüğünden gıdadaki su buza dönüşmekte ve

mikroorganizmalar tarafından kullanılamaz hale gelmekte, kimyasal ve enzimatik reaksiyonlar da durmakta ve gıdanın bozulması yavaşlatılmaktadır (Olgunoğlu ve diğ., 2002). Ancak, gıdaların donması, bozulmalarına sebep olan fiziksel ve biyokimyasal reaksiyonları durdurmamaktadır. Gerçi -18 °C'ın altında mikrobiyal büyüme tamamen durmakta ve ancak enzimsel faaliyetler (özellikle lipaz) çok daha yavaş hızlarda devam etmektedir. Bu nedenle donmuş gıdaların depolanması sırasında, depolama sıcaklığı ve süresine bağlı olarak yavaş da olsa bir kalite kaybı söz konusudur (Rahman, 1999).

Donuk gıdalarda en önemli kalite değişimlerinden birinin don yanığı olduğu belirtilmektedir. Bu olgu, depoda bağıl nemin birden düşmesi ile buharlaşma sonucu gıdanın bazı bölgelerinin kurumasıdır (Ekşi ve Karadeniz, 1996). Donuk gıdalar çözündürüldüğü zaman fiziksel ve kimyasal olarak farklılıklar göstermektedir (James ve diğ., 2015). Buz kristallerinin çözünmesi ile oluşan sıvı ya gıda tarafından adsorbe edilmekte ya da gıdadan dışarı sızmaktadır. Yavaş ve kontrollü çözündürme ile gıdanın su kaybı azaltılabilmekte ve fiziksel değişime uğraması önlenmektedir (Garden-Robinson, 2004). Ancak, çözünme sırasındaki su kaybı (sızma kaybı) dondurma hızı ile ilişkilidir. Yavaş dondurmada daha büyük buz kristali oluşmakta ve hücre duvarına zarar verdiği için sızma kaybı da daha fazla olmaktadır (Ekşi ve Karadeniz, 1996).

1.1.4. Kurutarak muhafaza

Gıdaların kurutularak muhafaza edilmesi eski çağlardan beri insanların doğadan öğrendiği ve uyguladığı bir yöntemdir. Bu nedenle en eski gıda muhafaza yöntemi olarak da görülmektedir (Cemeroğlu, 2019). Kurutma, gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılan bir muhafaza yöntemidir ve gıdaya kontrollü koşullarda ısı uygulanması ile içerdiği suyun buharlaşması ya da süblimleşmesi sonucu uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Bu işlemin amacı gıdanın su aktivitesini azaltarak raf ömrünün arttırılmasıdır (Baysal ve diğ., 2013). Aynı zamanda kurutma işlemi gıdanın kütle ve hacmini de azaltmaktadır. Bundan dolayı kurutulmuş gıdanın ambalajlama, taşıma ve depolama maliyeti konserve ve donuk gıdalara göre daha düşüktür (Alwazeer, 2018). Ayrıca kurutma için gerekli enerji, diğer gıda muhafaza işlemlerine göre daha düşüktür. Bununla birlikte kurutucunun seçimi, enerji

tasarrufundan daha çok gıda kalitesine yöneliktir. Çevresel etki ve proses güvenliği de kurutma sisteminin seçimini etkileyen faktörlerden biridir (Mujumdar, 1997).

Kurutulmuş et, meyve, sebze ve tuzlanmış balık su miktarının azaltılmasıyla uzun raf ömrü kazandırılan gıdalardır. Su aktivitesinin (a_w), gıda kalitesi ve stabilitesi üzerindeki etkisine duyulan ilgi 1950’li yıllarda başlamıştır. Su aktivitesi, ortamdaki mikrobiyal gelişim ve metabolik faaliyetler için gerekli olan serbest su miktarının göstergesidir ve 0 ile 1 arasında değişmektedir. Gıdanın su içeriği arttıkça a_w değeri de artarak 1’e yaklaşmaktadır. Çoğu gıdanın a_w değeri 0,99 civarındadır. Mikroorganizmaların gelişmesi için optimum a_w değeri 0,98-0,99 aralığındadır. Genel olarak, gıdaların bozulmasına yol açan bakteriler 0,90’ın, mayalar 0,88’in, küfler ise 0,80’in altında aktivite gösterememektedirler (Arancioğlu, 2020).

Kurutma, proses koşullarına ve enerji kaynağına göre doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kurutma için gerekli enerji doğal kurutmada güneşten, yapay kurutmada ise ısıtılan havadan gıdaya iletilmektedir. Güneşte kurutma, iklim koşulları ve gıda güvenliği açısından her gıda için uygun değildir. Açık alanda uygulandığı için hijyenik koşullar kontrol edilememekte, mikroorganizma kontaminasyonu söz konusu olmakta, kalite kaybı ve gıda kaybı yaşanabilmektedir. Yapay kurutma sistemlerinin ise ilk yatırım maliyetinin yüksekliği ve enerji gereksiniminin fazlalığı gibi olumsuz yanları vardır. Ancak kurutmanın kapalı, uygun ve kontrollü koşullarda gerçekleştirilmesi gıda güvenliği, gıda kalitesi ve kaybı açısından önemli avantajlar sağlamaktadır (Gürlek ve diğ., 2015).

Gıdadaki suyun buharlaştırılması için gerekli ısının taşınma tarzına göre “konveksiyon kurutma”, “kontakt kurutma” ve “radyasyon kurutma” gibi üç farklı kurutma sisteminden söz edilmektedir. Konveksiyon kurutmaya sıcak hava kurutma da denilmektedir ve suyun buharlaşması için gerekli olan ısı gıdaya bir gaz tarafından yani hava ile taşınmaktadır. Bu sistemde sıcak hava gıdanın içinden, üzerinden ve arasından geçirilmektedir. Bu amaçla; tünel kurutucu, akışkan yatak kurutucu ve püskürterek kurutucu gibi sistemlerden yararlanılmaktadır. Kontakt kurutma yönteminde ise ısı, kondüksiyonla gıdaya taşınmaktadır. Yani, kurutulacak gıda hareketsizken veya hareket ederken temas ettiği yüzeylerden maddeye ısı geçmektedir. En yaygın örneği de silindirik (valsli) kurutuculardır. Radyasyon kullanılarak kurutma işleminde ise kurutulacak gıdaya ısı, herhangi bir maddi taşıyıcıya gerek duyulmaksızın sistemdeki bir radyasyon kaynağıyla

ulaştırılmaktadır. Bu amaçla mikrodalga, dielektrik ve infrared gibi elektromanyetik enerji türlerinden yararlanılmaktadır (Cemeroğlu, 2019).

Kurutmada kalite açısından ortaya çıkabilecek en olumsuz değişme, gıdanın dokusu ve rengi ile ilgilidir. Kurutma sıcaklığına bağlı olarak Maillard reaksiyonu veya enzimatik oksidasyon nedeni ile gıdanın rengi kararabilmektedir. Gıdanın içerisindeki suyun buharlaşması ile ise sertleşme gibi tekstürel değişimler ortaya çıkabilmektedir (İçier ve Sabancı, 2013).

1.1.5. Modifiye atmosferde paketleme

Modifiye atmosferde paketleme (MAP) yöntemi, ticari olarak bazı ürünlerin uluslararası taşınması sırasında kullanımı ile sınırlıyken, zamanla gelişmesi ve ekonomik olmasından dolayı yaygınlaşmıştır (Erdinç ve Acar, 1996). MAP teknolojisi çoğunlukla taze veya tüketime hazır gıdaların dahil olduğu minimum işlenmiş meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatmak ve güvenli bir şekilde muhafaza etmek için uygulanmaktadır (Sandhya, 2010). Elemanın düşük oksijenli ve yüksek karbondioksitli atmosferde muhafaza edilerek raf ömrünün arttırılabileceği 1920'li yıllarda gösterilmiştir. 1930'lu yıllarda yapılan bir çalışma ile ise karbondioksit içeren atmosferde taşınarak sığır eti depolama ömrünün yaklaşık iki katına çıkarılabileceğini kanıtlamıştır. Günümüzde modifiye atmosferde paketlenen gıda yelpazesinde önemli bir artış olmuştur. Bu kapsamda çiğ ve pişmiş et, kanatlı eti, balık, sebze ve meyve, taze makarna, pizza, peynir, patates cipsi, kahve ve çay gibi çok sayıda gıda yer almaktadır (Davies, 1995).

MAP uygulamasında gıda ambalajının iç atmosferi değiştirilmektedir. Ambalajdaki havanın bileşimi azot ve karbondioksit ile modifiye edilerek gıdanın raf ömrünü %200'e varan oranda arttırabilmektedir. O₂, CO₂ ve N₂ en çok kullanılan gazlardır. CO₂ oranı arttırıldığı için bu ambalajlama tekniği birçok aerobik bakteri, küf ve mayanın gelişmesini engellemektedir. MAP, gıdanın görünümünü iyileştirme, zararlı atıkları en aza indirme, raf ömrünü uzatma ve kimyasal koruyucu ihtiyacını azaltma işlevi gördüğü için en yaygın gıda ambalajlama teknolojilerinden biridir (Vaclavik ve Christian, 2014).

Kılınç ve Çaklı (2004) MAP'in avantajlarını raf ömrünü %50-400 arttırması, gıda kalitesinin korunması, dilim gıdaların daha kolay saklanması, kokusuz ve

kullanışlı olması ve kimyasal koruyucu gereksinimini azaltması olarak sıralamaktadır. Başlıca olumsuz yanları ise; pahalı olması, sıcaklık kontrolü gerektirmesi, kullanımı için eğitim gerektirmesi ve her gıda için farklı gaz karışımı kullanılma zorunluluğudur (Kılınç ve Çaklı, 2004).

1.1.6. Kimyasal koruyucular ile muhafaza

Gıdaların bozulmasına sebep olan mikroorganizmaların gelişmesini, çoğalmasını, faaliyetlerini engelleyen ve ölmesini sağlayan birçok kimyasal bileşik bulunmaktadır. Bu bileşiklerden insan sağlığına zararlı olmayanlarının belirli dozlarda ilave edilmesiyle gıdaların mikrobiyolojik yollardan bozulmasının engellenmesine “kimyasal madde” veya “koruyucu maddeler” ile muhafaza denmektedir. Kimyasal koruyucular, doğal gıda bileşeni olmayan ve gıdaya yabancı olan maddelerdir. Bunların kullanım miktarı sınırlıdır ve izne bağlıdır (Cemeroğlu ve diğ., 2001). Bu amaçla kullanılan kimyasal koruyucuların çeşidi ve dozu ülkelere göre farklılık göstermektedir. Sorbik asit ve sorbatlar, benzoik asit ve benzoatlar, propiyonik asit ve propiyonatlar, SO₂ (kükürt dioksit) ve sülfidler, nitrat ve nitrit, nisin ve natamisin bunların yaygın örnekleridir (Çaklı ve Kışla, 2003; Ekşi, 2017; Yörük ve Danyer, 2016).

Kimyasal koruyucular, genetik yapıyı, protein sentezini, enzim sistemini ve hücre zarını etkileyerek mikroorganizmaları öldürmektedir. Bazıları maya/küfe, bazıları ise bakteriye karşı daha etkili olmaktadır. Doğru koruyucu seçimi için koruyucunun etki spektrumu, gıdanın pH değeri ve koruyucunun gıdada çözünürlüğü ve koruyucunun gıdanın duyuşal özelliklerine etkisi gibi faktörlerin dikkate alınması gereklidir (Ekşi, 1988).

Gıdaların muhafaza edilmesi için uygulanan fiziksel yöntemlerin gittikçe gelişmesi ve işletmelerdeki hijyen koşullarının iyileşmesine bağlı olarak koruyucu maddelerin kullanılma zorunluluğu ve kullanılma alanları oldukça azalmıştır (Cemeroğlu ve diğ., 2001). Bununla birlikte günümüzde de salam, sucuk, zeytin ezmesi, peynir, ekmeğ, kuru meyve, gazlı içecek gibi çok sayıda gıdada koruyucu madde kullanılmasına izin verilmektedir. Diğer katkı maddeleri gibi kimyasal koruyucuların da gıdanın etiketinde belirtilmesi zorunludur (Ekşi, 2017a).

1.1.7. Işın ile muhafaza

Gıda ışınlanma; gıdanın bozulmasını, çürümesini ve böceklenmesini önlemek, hastalıklara yol açan mikroorganizmalardan arındırmak için kontrollü bir iyonize radyasyon kaynağından çıkan ışınlara maruz bırakılması olarak tanımlanmaktadır (Demirci ve Güner, 2008). Işın kaynağı, radyonüklit denilen kararsız izotoplardır. Bunlar kararlı hale gelmek için alfa, beta ve gamma ışınını yaymaktadır. Enerji taşıyan bu ışınlar gıdada iyonlaşmaya yol açmakta ve bu yolla gıdadaki mikroorganizma ve böcekler gibi zararlıları da öldürmektedir. Bu amaçla kullanılan başlıca izotoplar; kobalt-60 (Co60), sezyum-137 (Cs137) ve stronsiyum-90 (Sr90)'dır. Gıdaya uygulanan radyasyon dozu Gray (Gy,1000 Gy:1 kGy) olarak ifade edilmektedir. Zararlı olduğu için gıda muhafazası için en çok 10 kGy'e izin verilmektedir (Ekşi, 2021).

Bu uygulamaya soğuk pastörizasyon veya radurizasyon da denilmektedir. Çünkü bu işlem sırasında gıdanın sıcaklığı yükselmemektedir. Dolayısı ile gıdada pastörizasyon veya dondurmada olduğu gibi herhangi bir renk ve doku değişimine yol açmamaktadır (Webb ve Penner, 2000). Gıda üzerindeki patojenleri inaktive ettiği ve mikroorganizma yükünü azalttığı için başta gıda güvenliği ve besin değerleri ile tüketici güvenliğinin de sağlanmasına katkıda bulunmaktadır (Akakçe ve Çam, 2019).

Bununla birlikte ışınlanma; gıdalardaki uygulama alanları ve yaratabileceği sağlık sorunları nedeniyle tartışma yaratmıştır. Günümüzde, bu teknolojik işlemle ilgili oldukça geniş bir veri tabanı bulunmasına rağmen hala bu tartışmalar sürmektedir. Ülkemizin de dahil olduğu 40 ülkede, iyonlayıcı ışınlanma işlemi ile gıdaların korunarak raf ömrünün uzatılmasına izin vermektedir (TAEK, 2011).

Uygulanan radyasyon dozu düşük seviyelerde olduğu için gıdanın radyoaktif hale gelmesi söz konusu değildir. Yalnızca kimyasal değişiklikler oluşmaktadır ve bu değişikliklerin geleneksel pişirme yöntemleri sonucunda oluşan değişikliklere benzer olduğu gözlenmektedir. Araştırmalar, ışınlanan gıdanın mutajenik veya toksik olmadığını ve ışınlanmanın gıdalarda kimyasal kalıntı bırakmadığını göstermektedir (Webb ve Penner, 2000).

Günümüze iyonize radyasyon; patates ve soğanda çimlenmenin, kanatlı etinde patojen gelişmesinin ve meyvelerde çürüme ve küflenmenin, tahıl depolarında haşere gelişmesinin önlenmesi, baharatta mikroorganizma yükünün azaltılması ve böylece depolama süresinin uzatılması amacı ile uygulanmaktadır (Çetinkaya ve Halkman, 2006; Ekşi, 2021).



Şekil 1.1. Gıda ışınlama sembolü (Radura)

Kaynak: Öner, D. (2018, Ağustos 29). *Bu sembole dikkat!*. Tusoder. <https://www.tusoder.org.tr/bu-sembole-dikkat/>

Gıdadaki radyasyon kalıntısı ise Becquerel/kg (Bq/kg) olarak ifade edilmektedir. Maksimum kalıntı limiti süt için 50 Bq/kg olarak belirlenmiştir. Ancak tüketicilerin radyasyon (ışınlama) hakkındaki yaygın kuşku su nedeni ile gıdanın etiketinde ışınlandığını belirtilmesi gerekli olmuştur (Tomar, 2002). Türkiye’de de ışınlanan gıda etiketinin temel görüş alanında “ışınlanmıştır” veya “ışınlama işlemi uygulanmıştır” ifadesinin bulunması ve yeşil renkli uluslararası ışınlama sembolü olan raduranın (Şekil 1.1) yer alması zorunludur (Anonim, 2019).

1.1.8. Yüksek hidrostatik basınç ile muhafaza

Yüksek hidrostatik basınç (YHB), gıdalarda bulunan patojenleri ve saprofit mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlayan bir gıda muhafaza işlemidir. Günümüzde, gıda üretiminde mikroorganizmaların inaktivasyonu için kullanımı artmaktadır. Bu işlemde basınç, sıcaklık yerine geçen stabilize edici bir faktör olarak görev almaktadır. Ultra yüksek basınç veya yüksek basınç işlemi olarak da tanımlanmaktadır. Bu işlem sırasında katı ve sıvı gıdalara, ambalajlı veya ambalajsız olarak 100 ve 1000 MPa arasında basınç uygulanmaktadır (Arıcı, 2006).

Basıncın uygulanması sırasında işlem sıcaklığı 0 °C’nin altından 100 °C’in üstüne kadar çıkabilmektedir. Ticari olarak maruz kalma süreleri, bir milisaniye darbesinden 20 dakikaya kadar değişebilmektedir. Gıdalardaki kimyasal

değişiklikler, işlemin sıcaklığına ve süresine bağlı olarak gerçekleşmektedir. YHB, gıdanın boyutu, şekli ve gıda bileşeninden bağımsız olarak gıdanın kütlesi boyunca anında ve tek düze şekilde hareket etmektedir (FDA, 2014).

YHB, gıdaların lezzet, renk ve tekstüründe etkili olan ve ısıl işlem proseslerine alternatif bir teknik olarak gıda endüstrisindeki önemi giderek artmaktadır. Bu uygulama, proteinlerin yapısında modifikasyona yol açarak fonksiyonel ve jel oluşturma özelliklerini de geliştirmektedir. Bu nedenle YHB uygulanan salam, sosis ve yoğurt benzeri gıdaların su tutma ve jel oluşturma kapasiteleri artmaktadır (Özlu ve Atasever, 2007).

YHB tekniği; reçel, turunçgil meyve suyu, meyveli yoğurt, meyve jölesi, istiridye gibi asidik gıdaların pastörizasyonu; ayrıca etin gevrekliğinin artırılması, çikolatanın sertleştirilmesi, gıdanın dondurulması ve çözündürülmesi, nişasta ve proteinlerin jelleştirilmesi, sebze kabuklarının soyulması, balık ve kıymanın tekstürünü korumak için kullanılmaktadır (Oğuzhan, 2013).

YHB uygulamalarının başlıca avantajları; uygulanan gıdanın boyutuna ve şekline bağlı olmaması, gıdanın doğal aromasını etkilememesi, gıdanın vitamin değerlerini değiştirmemesi, ambalajlı gıdalara uygulanabilmesi, serbest aminoasitleri etkilememesi, koruyucu madde kullanılmasına gerek olmaması, ısıya duyarlı gıdalara kolay uygulanabilmesi, zamana veya kütleyle bağlı olmaması, işlem süresinin kısa olması, yalnızca elektrik enerjisi gerektirdiğinden çevreye atık bırakmaması olarak sıralanmaktadır (Heinz ve Buckow, 2009).

Buna karşılık YHB uygulamalarının; gıdalardaki bazı enzimlerin basınca çok dayanıklı olması, bazı sporları etkisiz hale getirememesi, yapısal olarak kırılabilir olan gıdalara uygulanırken ekstra özen gerektirmesi ve yüksek kurulum maliyeti gibi dezavantajlarından da söz edilmektedir (Naik ve diğ., 2013).

1.1.9. Ohmik ısıtma

Ohmik ısıtma, yiyeceklerden veya diğer malzemelerden elektrik akımı geçirilerek ısıtılması olarak tanımlanmaktadır. Ohmik ısıtma, gıdaya temas eden elektrotların, frekansı ve dalga biçimiyle diğer elektrikli ısıtma işlemlerinden ayrılmaktadır (FDA, 2014). Joule ısıtma, elektro-iletken ısıtma ve elektro-ısıtma

olarak da bilinen ohmik ısıtma, gıda biliminde 1980'den beri uygulanan bir sterilizasyon tekniğidir (Khan ve diğ., 2016). Bununla birlikte iç direnç, konveksiyon yollu dış dirençle karşılaştırıldığında, heterojen gıdaların kalitesinde önemli bir düşüşe sebep olmaktadır. Bu durum gıdalarda kullanımı açısından sınırlayıcı bir faktördür. Parçacıklı gıdaların işlenmesi açısından ise büyük bir gelişme olarak kabul edilmektedir (Goullieux ve Pain, 2014).

Ohmik ısıtma, mikrodalga ısıtmaya benzer ancak farklı frekanslarda çalışmaktadır. Bu ısıtma sistemi gıdaların sıvı ve katı içerisinden bir elektrik akımı geçirerek aynı anda ısıtıldığı işlemidir. Ohmik ısıtmanın prensibi, ısı şeklindeki elektrik enerjisinin bir elektrik iletkeni tarafından dağıtılmasıdır. Gıdaya akan elektrik enerjisi, termal enerjiye dönüştürülmektedir. 'Joule' etkisi olarak bilinen gıda elektrik direnci, hacimsel bir ısınmaya olmaktadır. Ohmik ısıtma, geleneksel termal proseslerdeki yüzey ve ortam sıcaklıklarını göz ardı edebilmektedir. Bu nedenle verimi çok yüksektir (>%90) (Cappato ve diğ., 2017).

Üretilen enerji, sistemde kullanılan elektrik kuadrik alan ve ısıtma malzemesinin iletkenliği ile doğru orantılıdır. Ohmik ve diğer sistemler arasındaki temel fark, ısıtılan alanın doğrudan elektrotlarla yaratılmasıdır. Ohmik ısıtıcı elektrotları, ısıtılmış ortama bağlanan elektrik akımı olarak düşünülmekte ve elektrotlar da elektrik akımını ortama eşit olarak dağıtmaktadır. Ohmik ısıtmada sinüzoidal dalga formu kullanılmaktadır ve mikrodalga ısıtmada kullanılan frekanstan daha düşüktür (Indiarito ve Rezaharsanto, 2020).

Ohmik ısıtmanın avantajları; düşük sermaye ve artan verimlilik ile yatırım optimizasyonu sağlaması, parçacıklı ve sıvı-parçacıklı gıdaları ısıtılabilmesi, yüksek sıcaklıklara hızlı bir şekilde ulaşabilmesi, ısı transferi sırasında sıcak yüzeyleri bulunmadığından yanma nedeniyle gıdanın hasarlanma riskinin düşük olması, sistemin anında kapatılabilmesi, hareketli parçacıklarının olmamasından ve bakım maliyetinin düşük olmasıdır (Shiby Varghese ve diğ., 2014).

Buna karşılık gıdanın ısıtma düzeyinin kontrol zorluğu gibi bazı dezavantajları da vardır. Sıcaklık derecesinin ayarlanmasında elektriksel iletkenlik kritik bir faktördür. Ancak proses sırasında sıcaklık artışına bağlı olarak iletkenlik de değiştiği için kontrol zorlaşmaktadır. Diğer bir dezavantaj ise bazı gıdaların yağ globülleri gibi iletken olmayan ve ısınmanın homojen olmasını engelleyen maddeler içermesidir. Süt ürünlerindeki yüksek lipid konsantrasyonu, mikrobiyolojik

inaktivasyonu zorlayan soğuk bölgeler oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum da gıda kalitesi ve güvenliği için risk teşkil etmektedir (Cappato ve diğ., 2017).

1.1.10. Vurgulu elektrik alan (PEF)

Yenilikçi yöntemlerin geliştirilmesi; gıda kalitesinin iyileştirilmesi, yeni gıdaların geliştirilmesi ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi yolu ile gıda endüstrisinin rekabet gücünü arttırmaktadır. Bunlardan biri de vurgulu elektrik alan (PEF) teknolojisidir. Tüketicilerin yüksek besin değeri, taze gıdalara ilgi duyması ve çevre dostu yöntemlerle işlenen gıdalara ulaşım talebi PEF'in önemini arttırmaktadır. PEF, yüksek voltaj büyüklüğüne sahip elektrik dalgaları kullanılan bir yöntemdir. Bu amaçla hazne içerisindeki elektrotlar arasına yerleştirilen gıdaya yüksek voltajlı kısa elektrik darbeleri verilmektedir. İşlenen gıdanın özelliğine ve beklenen etkilere bağlı olarak elektrik alan kuvveti (kV/cm), darbe frekansı, darbe genişliği, darbe dalgasının şekli ve maruz kalma süresi gibi koşullar değiştirilebilmektedir (Nowosad ve diğ., 2021).

PEF teknolojisinin temel ilkesi, mikrosaniye ile milisaniye arası ve 10-80 kV/cm yoğunluğuna sahip yüksek elektrik alanlarının kısa darbelerinin uygulanmasıdır. İşlem süresi, darbe sayısı ile efektif darbe süresi çarpılarak hesaplanmaktadır. İşlem, bir dizi elektrot arasına yerleştirilen gıdaya vurgulu elektrik akımlarının gönderilmesine dayanmaktadır. Uygulanan yüksek voltaj, mikrobiyal inaktivasyona neden olan bir elektrik alanı oluşturmaktadır. İşlem sonrası gıdalar ambalajlanarak buzdolabında saklanmaktadır (Maged ve Ayman, 2012).

PEF, geleneksel ısı işlemlerin yerini alma potansiyeli olan ısı olmayan bir gıda koruma tekniğidir. Gıda endüstrisinde sıvı veya yarı sıvı gıdaları işlemek ve korumak için kullanılmaktadır. Geleneksel işlemlerle kıyaslandığında, gıdanın lezzet, renk ve besin değerini daha iyi koruması, geliştirilmiş protein işlevselliği, arttırılmış raf ömrü ve azaltılmış patojen miktarı gibi avantajları bulunmaktadır (Grimi ve diğ., 2011).

PEF teknolojisinin bazı büyük dezavantajları da bulunmaktadır. Mikroorganizma sporları, bu işlem sırasında hayatta kalabilmektedirler. Bu nedenle dirençli spor varlığı söz konusu olan gıdalar için ısı gıda proseslerinin tercih

edilmesi daha uygundur. İşlem sonrasında gıdada kalan sporlar gıdanın erken bozulmasına ve raf ömrünün kısalmasına neden olmaktadır. Diğer dezavantajı ise yüksek maliyetin kullanımı sınırlamasıdır. PEF teknolojisinin yatırım maliyeti, soğutma gibi diğer gıda proseslerinden daha yüksektir (Stoica ve diğ., 2013).

1.1.11. Vurgulu ışık

Vurgulu ışık (PL), gıdadaki patojenik ve saprofit mikroorganizmaları hızla etkisiz hale getiren yeni bir teknolojidir. Geleneksel işlemler için iyi ve tamamlayıcı bir alternatif olduğu görülmektedir. Bu yöntem, yoğun ve kısa süreli, geniş spektrumlu ışık darbelerinin uygulanmasına dayanmaktadır. Antiseptik etkinin hem fotokimyasal hem de fototermal etkilerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Saniyede atılan geniş spektrumlu ve yüksek yoğunluklu flaş, mikropları hızlı ve etkili bir şekilde etkisiz hale getirmektedir. Vurgulu ışık yöntemi, yiyeceklerin yüzeyindeki veya su gibi saydam ortamlarındaki mikroorganizmaları etkisiz hale getirdiğinden etkinliği de gıdada nüfuz ettiği yüzeye göre değişmektedir (Elmnasser ve diğ., 2007).

PL, vurgulu ultraviyole ışık (PUV), yoğun ışık darbesi (ILP), yüksek yoğunluklu geniş spektrumlu vurgulu ışık (BSPL), yüksek yoğunluklu vurgulu UV ışığı (HIPL) veya vurgulu beyaz ışık (PWL) terimleriyle eş anlamlıdır. PL teknolojisi 1996 yılında FDA tarafından gıda üretim ve işlenmesi, gıda ile temas eden yüzeylerin dekontamine edilmesi için onaylanmıştır (Mandal ve diğ., 2020).

PL, geniş spektrumlu beyaz ışığın kısa süre içerisindeki yüksek darbelerinden oluşan ve hem gıda hem de ambalaj için uygulanan yeni bir termal olmayan muhafaza yöntemidir. Mikrobiyal hücreleri ve sporları inaktive etmek için UV yoğunluklu, geniş spektrumlu ve yüksek frekanslı ışık darbeleri kullanılmaktadır. PL, çok yüksek bir yoğunluğa sahip olması dışında güneş ışığı gibi sıradan beyaz ışıktan oluşmaktadır ve gıdaya çok kısa süreli uygulanmaktadır. Güneş ışığı gibi ultraviyole (UV) ile yakın kızılötesi (IR) dalga boylarına kadar değişen bir elektromanyetik spektruma sahiptir. Işık darbeleri, flaş lambalardaki ksenon gibi inert gazların uyarılması ve elektrik darbesi uygulaması sırasında oluşan gaz moleküllerinin çarpışması ile oluşturulmaktadır (Popescu ve diğ., 2018).

1.1.12. Ultrases (US)

Ultrases teknolojisinin kullanımı 1900'lü yıllarda başlamıştır. İnsan kulağının duyabileceğinin üzerinde, 20 kHz ile 10 MHz arasındaki frekansa sahip ses dalgalarına ultrases denilmektedir ve akustik bir enerji olarak tanımlanmaktadır (Tüfekçi ve Özkal, 2015).

Yeni termal olmayan gıda muhafaza yöntemlerinden biri olan ultrases, gıdanın besin değeri ve organoleptik özellikleri (doku, renk, tat) değişmeden ve düşük enerji tüketimli etkili bir koruma sağlamaktadır. Yüksek yoğunluklu ultrasonik dalgaların hücreleri parçalayabildiği ve düşük enerjili olanların da enzimleri denatüre ederek metabolizmasını değiştirebildiği gözlenmiştir. Ultrases, mikrobiyal aktiviteyi ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, ısı işlem ile kombine edilerek gıdanın sterilizasyon hızını da arttırabilmektedir. Böylece hem ısı işlemin süresi ve yoğunluğu hem de gıdada yol açacağı hasar azalmaktadır. Ultrasesin; gıdaya doğrudan uygulama, cihaz ile birleştirme ve ultrasonik bir banyoya daldırma gibi üç farklı varyasyonu vardır (Chemat ve diğ., 2011).

Ses alanının ürettiği enerjiye göre ise; düşük enerjili ultrases (frekansı >100 kHz ve <1 W/cm² yoğunlukları) ve yüksek enerjili ultrases (frekansı 18-100 kHz arası ve yoğunlukları >1 W/cm²) olmak üzere iki farklı ultrasonik uygulamadan söz edilmektedir. Sınıflandırma, ses gücü (W), ses enerjisi yoğunluğu (Ws/m³) ve ses yoğunluğu (W/m²) temelinde yapılmaktadır. Düşük yoğunluklu ultrases işlemi analitik amaçlıdır. Gıdanın bileşimi, fiziksel durumu, yapısı ve morfolojisi gibi fizikokimyasal özellikleri hakkında bilgi almak için kullanılmaktadır. Yüksek yoğunluklu olan ise emülsiyon geliştirmek, hücreleri parçalama, kristalizasyon, gaz giderme, enzim inaktivasyonu, kurutmayı iyileştirme ve filtrasyonu geliştirme gibi proses amaçlı uygulanmaktadır (Kushawaha ve diğ., 2020). Bu teknolojinin asıl amacı, işlem süresini kısaltmak, enerji tasarrufu sağlamak ve kalitesini geliştirerek raf ömrünü uzatmaktır. İnsan sağlığı üzerine hiçbir olumsuz etkisi kanıtlanmamıştır (Ercan ve Soysal, 2013).

Gıda proseslerinde ultrases iki amaçla uygulanmaktadır. Bunlardan birincisi geleneksel teknolojilerin yerini almak, ikincisi ise geleneksel teknolojilere yardımcı olmaktır. Geleneksel teknolojilere yardımcı olmak için kullanıldığında gıdanın verimini arttırmakta ve proses sırasında ortaya çıkan olumsuzlukları azaltmaktadır.

Bu etki, gıda proseslerinin ultrasonik olarak iyileştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Tao ve Sun, 2015). Ultrases teknolojisinin uygulama kolaylığı, gıdaya zararsızlığı ve çevre dostu olması nedeniyle yaygınlaşması beklenmekle birlikte geleneksel teknolojilerin yerini alması zor gözükmemektedir. Çünkü bu teknoloji tek başına uygulandığında özellikle gıda muhafazası açısından tek başına yeterli olmamaktadır. Isı veya basınç ile kombine edildiğinde ise işlemin etkinliği artmaktadır. Ayrıca bazı gıdalar açısından sorunludur. Örneğin, sütte pastörizasyon veya sterilizasyon yerine kullanıldığında kavitasyon etkisi nedeniyle ortaya çıkan ani sıcaklık artışı, zararlı bakterilerin ölmesini sağlarken sütün renginin de değişmesine yol açmaktadır. Bu olumsuzlukların önüne geçilebilmesi durumunda gelecekte hem bilimde hem de gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılması beklenmektedir (Yüksel, 2013).

1.1.13. Salınımlı manyetik alan

Salınımlı manyetik alan teknolojisi, gıdalardaki mikroorganizmaların inaktivasyonu için kullanılmaktadır. Manyetik alan, hareket eden elektrik yüklerinin yer değiştirmesi ile ortaya çıkmakta ve sinüzoidal dalgalar halinde uygulanmaktadır. Manyetik alan vektörel bir büyüklüktür ve manyetik alanın yoğunluğu Tesla (T) ya da Gauss birimi ile ölçülmektedir. Salınımlı manyetik alan hem katı hem de sıvı gıdaların muhafazası için uygundur. Bu uygulamada gıda, plastik ambalaj içerisine yerleştirilmekte, 1-100 atım, 5-500 kHz frekansta, 0-50 °C'de, 25-100 milisaniye tutulmaktadır. Uygulama, ortam sıcaklığında ve atmosferik basınç altında gerçekleştirilmektedir. Genellikle, gıdaların raf ömrünü uzatması ve kalitesinin iyileştirilmesi için geleneksel yöntemlerle birlikte kullanılmaktadır (Gülel, 2020).

1.1.14. Mikrodalga

Mikrodalga teknolojisi, askeri ekipmanların üretimi ve tasarımı üzerine yapılan çalışmalarda 2. Dünya Savaşı sırasında keşfedilmiştir. Gıda endüstrisinde birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlar; gıdayı pişirme, buzunu çözme, kurutma, dondurarak kurutma, sterilizasyon, pastörizasyon, temperleme ve ısıtma işlemleridir (Konak ve diğ., 2009).

Mikrodalga, 1 mm'den 1m'ye kadar dalga boyuna karşılık gelen 300 MHz ile 300 GHz frekans aralığındaki elektromanyetik dalgaların bir parçası olarak tanımlanmaktadır. 915 MHz ve 2.45 GHz mikrodalga frekansları endüstriyel, bilimsel ve tıbbi uygulamalar için kullanılmaktadır (Puligundla ve diğ., 2013). Mikrodalga, ısı üretmek için polar moleküller ve yüklü gıda parçacıkları ile etkileşime girmektedir. Mikrodalğanın ısıtma mekanizması ile geleneksel ısıtma arasında farklılıklar bulunmaktadır. Mikrodalga ısıtmanın kullanılması, hem enerji ve zaman açısından tasarruf sağlamakta hem de beslenme kalitesi açısından bazı gıdaların tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini arttırmaktadır. Mikrodalga fırınlar, evlerde ve yemek servisi veren işletmelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak, mikrodalga ile pişirilen gıdalarda bazı problemler gözlenmektedir. Tespit edilen ana problemlerden bazıları, düşük hacim, sert doku, kızarma eksikliği ve tat değişimidir (Şumnu, 2001).

Günümüzde kullanım alanları, geleneksel yöntemler ile kombinasyon şeklindedir ve başarılı uygulamaları vardır. Pastörizasyon ve sterilizasyon için mikro dalga ısıtma teknolojisi patojenik mikroorganizmaları etkili bir şekilde öldürmekte ve geleneksel yöntemler ile kıyaslandığında sıvı gıdaların kalitesinde ciddi bir hasar olmaksızın proses süresini azaltmaya önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Pişirme, haşlama ve fırınlama gibi gıda proseslerinde gıdanın besin kalitesinin korunmasını sağlamaktadır. Kurutma prosesinde kullanıldığında ise daha az enerji harcamaktadır (Puligundla ve diğ., 2013).

Bununla birlikte gıda endüstrisindeki mikrodalga uygulamaları oldukça yavaş ilerlemektedir. Bunun; gıda endüstrisinin pek yenilikçi olmaması ve araştırma bütçelerine düşüklüğü, mikrodalga uygulamasında ısı kontrolünün zorluğu, ısınmanın homojen olmaması (kenarların fazla ısınması) ve maliyetin yüksekliği gibi faktörlerden kaynaklandığı belirtilmektedir. Bununla birlikte, mikrodalga ısıtmanın geleneksel ısıtma tekniklerine göre birçok nitel ve nicel avantajları bulunmaktadır. Bunların en önemlisi, ısının üretildiği yerin kendisi olmasıdır. Yani, küçük ısı iletkenliklerinin veya ısı transfer katsayılarının etkisi önemli değildir. Bu sayede daha büyük parçalar daha kısa sürede ve daha eşit bir sıcaklık dağılımıyla ısıtılabilir. Ayrıca bu üretim hızında artış ve gıda kalitesinde iyileşme sağlamaktadır. Diğer bir avantajı ise elektromanyetik radyasyon enerjisinin gerektiğinde neredeyse tümüyle ısıya dönüştürülebilmesidir. Ayrıca, yer tasarrufu ve

düşük gürültü seviyesi gibi başka avantajları da bulunmaktadır (Regier ve Schubert, 2001).

Görüldüğü gibi gıda muhafazası için çok sayıda proses uygulanmaktadır. Son yıllarda bu prosesler; termal gıda prosesleri ve termal olmayan gıda prosesleri olmak üzere iki gruba ayrılarak değerlendirilmektedir. Bunun başlıca nedeni; besin değeri ve duyuşsal özelliklerinin korunması, enerji tasarrufu, çevre koruma ve zararlı madde oluşumu açısından termal proseslerin olumsuzluğudur. Bu olgu, termal proseslere alternatif arayışına yol açmıştır.

Yukarıda tanımlanan gıda muhafaza yöntemlerinden kurutma, pastörizasyon, sterilizasyon, aseptik dolun, mikrodalga gibi uygulamalar termal proses kapsamında sayılmaktadır. Buna karşılık, YHP, PEF, PL, US gibi uygulamalar termal olmayan proses gurubundadır (Pereira ve Vicente, 2010). Ancak, bunların çoğu henüz araştırma aşamasındadır ve ticari uygulamaları henüz kısıtlıdır.

1.2. Gıda Pişirme Yöntemleri

Gıdaların muhafaza edilmesi ve duyuşsal özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla Antik Çağ'dan beri bazı işlemlere tabi tutulmaktadır. Pişirme, bu yöntemler içerisinde en sık kullanılanı olup, farklı kültürlerin farklı pişirme yöntemleri bulunmaktadır. Batı toplumlarının yemek alışkanlıklarını, buharda pişirme, haşlama ve kızartma şekillendirirken, Çin'de genellikle az yağda pişirme yöntemi kullanılmaktadır (Özer ve Tepe, 2019). Isıyla pişirme yöntemlerinden kaynatma, buharda pişirme, kızartma, fırınlama, kavurma ve mikrodalga sıklıkla kullanılmaktadır. Bu termal işlemler, gıdanın duyuşsal ve dokusal özelliklerini geliştirmektedir. Termal işlemler, karbonil-amin reaksiyonları (Maillard tepkimesi) ile yeni biyoaktif bileşiklerin de oluşmasına yol açmaktadır (Zhao ve diğ., 2019).

Pişirme, gıdaların belli bir süre boyunca ısı uygulamasına tabi tutulması ile tat, kıvam, renk, şekil ve dokularının değiştirilerek arzu edilen ve yenilebilir duruma getirilmesi olarak tanımlanmaktadır (İşci, 2013). Gıdaların pişirilmesi ile lezzetleri ve sindirilebilirliği artarken zararlı mikroorganizmalar azalmaktadır. Ancak, yüksek ısı kullanıldığında besin öğelerinde kayıp ve toksik bileşiklerin oluşumu

gözlenmektedir. Pişirme süresinde oluşan yanma ve kahverengileşme olayı mutajenik ve karsinojenik bileşikleri oluşturmaktadır (Ayaz ve Yurttagül, 2008).

Piştirme yöntemleri, kuru ve sulu ısıda piştirme olarak iki ana gruba ayrılmaktadır (Tablo1.1).

Tablo 1.1. Yiyecek ürünlerinin piştirme yöntemleri

Kuru Isıda Piştirme Yöntemleri	Sulu Isıda Piştirme Yöntemleri
Tavada Az Yağda Piştirme (Sote-Saute)	Sıcak Su İçerisinde Piştirme (Poşe)
Tavada Yağda Kızartma (Pan-Frying)	Kaynama Derecesinin Altında Piştirme (Simmering)
Bol Yağda Kızartma (Deep Frying)	Haşlama (Boiling)
Üstten Isı Uygulayarak Piştirme (Broiling)	Buharda Piştirme (Steaming)
Izgara (Grill)	Az Miktarda Sıvı ile Piştirme (Brasing)
Fırında Piştirme (Roasting, Baking)	Kendi Suyu ile Piştirme (Stewing)

Tablo 1.1’de belirtildiği gibi birçok piştirme yöntemi bulunmaktadır. Bunların en önemlileri haşlama, kızartma, fırınlama, ızgara ve poşe yapmadır.

1.2.1. Haşlama

Haşlama, meyve ve sebzede bulunan enzimlerin inaktive hale getirilmesi amacıyla dondurma, kurutma ve konserve işlemlerinden önce dokuyu değiştirerek, rengi, lezzeti ve besin değerlerini korumak için dokudaki havanın uzaklaştırılması işlemidir. Bu uygulama, gıda endüstrisinde kullanılan eski ve köklü bir işlemdir. İlk teknolojik gelişmeler, ürünün kalitesini arttırmaya odaklanmıştır. Ancak, enerji verimliliği ve atık su miktarı ana sorun olmuştur. Gıdada bulunan doğru enzimi hedeflemek, haşlama süresini kısaltacak ve tüm bu sorunların da üstesinden gelecektir (Powers ve diğ., 2004)

Haşlanma işlemi, gıdalardaki mikroorganizma sayısının düşmesini ve enzimlerin inaktivasyonu sağlaması gibi yararlarına ek olarak bir yandan da hammaddelerin etkin bir şekilde temizlenmesini ve dokuların yumuşamasını sağlamaktadır. Ancak, besin değerlerinde düşüş ve kalitenin azalması gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Ayrıca, haşlama sırasında kullanılan ve atık olarak

çıkan suyun yol açtığı çevre kirliliği de önemli bir sorun yaratmaktadır (Sayın ve Tamer, 2014).

Haşlama, en yaygın pişirme yöntemlerindedir. Özellikle et ve sebze yemeklerinin hazırlanması için tercih edilmektedir. İlk olarak tencerede su kaynatılır ve haşlanacak gıda suyun içerisine atılır. Düşük ateşte bir süre haşlanır. Bu yöntemin kullanılması ile etler sertleşmeden, sebzeler ise dağılmadan pişirilmektedir. Haşlama işlemi sırasında, gıdadan besin kayıpları yok denilecek kadar azdır. İşlem sonucunda artan haşlama suları ise baharatlar ile çeşnilendirilerek daha sonradan çorba ve sos hazırlamasında kullanılabilir (Doğan, 2020).

1.2.2. Kızartma

Yüksek sıcaklıktaki kızdırılmış yağ içerisinde gıdanın atılması ile uygulanmaktadır. Genellikle az yağda ve derin yağda kızartma şeklinde yapılmaktadır. Az yağ ile yapılan kızartma işlemine soteleme denmektedir. Soteleme, küçük ve eşit parçalar halinde kesilmiş çiğ gıdaların büyük ve yayvan bir tava içerisinde yüksek ısıda az miktardaki yağ ile kısa süre içerisinde pişirilmesidir. Sote için genellikle ısıya dayanıklı olan ayçiçeği yağı, diğer bitkisel yağlar ve riviera tipi zeytinyağları tercih edilmektedir (Mutlu, 2018). Derin yağda kızartma işleminde ise gıdanın her tarafının kızgın yağ ile temas etmesi gerekmektedir. Bu nedenle derin kaplar kullanılmaktadır. Kızartma ısısı 170-200 °C olmalıdır (MEB, 2011a).

1.2.3. Fırında pişirme

Gıdaların, fırın tepsisine yerleştirilerek, fırın içerisindeki sıcak hava yardımıyla pişirilmesidir. Et, balık, sebze ve hamur işlemleri gibi birçok ürün fırında pişirilebilmektedir. Her gıdanın pişirme sıcaklığı ve süresi farklıdır. Rosto işlemi de fırında gerçekleşmektedir. Üstü açık bir şekilde pişirilen gıdanın üst tabakasının pişerken kurumaması için sık sık yağlanması gerekmektedir (Doğan, 2020). Pişirmede fırın sıcaklığı 120-230 °C arasında değişmektedir ve gıdanın dış yüzeyi daha fazla ısıya maruz kalmaktadır (Anonim, 2021b).

1.2.4. Izgara

Gıdaların doğrudan ısıya yani ateşe maruz bırakılarak pişirilmesi yöntemidir. Odun, kömür, havagazı veya elektrik aracılığı ile ateş elde edilebilmektedir. Bu yöntemde, gıdaların üzerinde yüksek ısı kaynaklı kızarmış bir tabaka oluşmaktadır. Izgarada pişen gıdanın pişme süresi, ısının pişirme gücüne ve gıdaya bağlı olarak değişmektedir (Anonim, 2021a). Kömür ile barbekü veya mangal yapılan ızgaralarda kömürün kor haline gelmesini ve gıdanın kömüre değmemesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Dikkat edilmediği durumlarda gıdalarda polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) gibi kanserojen maddeler oluşabilmektedir (Doğan, 2020).

1.2.5. Poşe

Sulu pişirme yöntemlerindedir. Bu yöntemde daha yumuşak etler, balıklar ve yumurta gibi gıdalar kullanılmaktadır. Haşlama yöntemine kıyasla daha düşük ısı uygulanmaktadır. Bunun nedeni, dokusu yumuşak olan bu gıdaların kaynama sırasında oluşan kabarcıklardan dolayı parçalanmasını engellenmesidir. Pişirme ısısı genellikle 65-80 °C arasında tutulmaktadır (Mutlu, 2018).

Görüldüğü gibi hazırlanması ve pişirilmesi için mutfakta uygulanan proseslerin tümü termal uygulamaya dayanmaktadır. Dolayısı ile gıdalardaki proses bulaşanları incelenirken endüstriyel ölçekte uygulanan muhafaza yöntemleri kadar mutfak ölçeğinde uygulanan işlemlerin de dikkate alınması gereklidir. Mutfakta sıcaklık kontrolünün genellikle yetersizliği konunun önemini daha da arttırmaktadır.

2. GIDALARDAKİ BAŞLICA PROSES BULAŞANLARI

2.1. Gıda Bulaşanı Kavramı

Gıda bulaşanı deyince; gıdalarda doğal olarak bulunmayan ancak uygulanan işlemler sırasında oluşan ve sağlığa zararlı olan bileşikler anlaşılmaktadır. Bu konu hakkındaki araştırmaların 1912 yılında Fransız kimyacı Louis Camille Maillard tarafından tanımlanan karbonil-amino tepkimesinin keşfi ile başladığı düşünülebilir. Bu tepkime bazı gıdalar için renk ve lezzet oluşumu açısından olumludur. Ancak, hidroksimetilfurfural gibi bazı zararlı bileşiklerin oluşmasına da yol açmaktadır. Daha sonraki yıllarda hidroksimetilfurfurala, ısıl işlem sonucu farklı gıdalarda oluşan akrilamid, polisiklik aromatik hidrokarbon, trans yağ asidi, epoksi yağ asidi, monokloropropandiol gibi bileşikler de eklenmiştir (Belitz ve diğ., 2009).

Gıdaların yaklaşık %80-90'ına tüketim öncesi bir işlem uygulanmaktadır. Isıtma ise evde ve endüstride kullanılan en yaygın gıda işleme yöntemidir. Pişirmede yüksek sıcaklıkların kullanılması dış etkenlere de bağlı olarak gıda kalitesi ve güvenliğini olumsuz etkileyen toksik madde oluşumuna neden olmaktadır. Bu zararlı bileşikler özellikle kızartma, kavurma, ızgara ve konserve gibi prosesleri sırasında oluşmaktadır (Nerín ve diğ., 2016). Bu bileşiklerin sağlık üzerine etkisi hakkında farklı görüşler vardır. Bir görüşe göre bunlardan bazıları antioksidan ve antimutajen özelliği nedeni ile sağlık açısından olumludur. Başka bir görüşe göre ise bunların kanserojen ve mutajenik etkili olanları da vardır. Heterosiklik aromatik amin (HAA), polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) ve kloropropanol (3-monokloropropandiol) gibi bileşikler bu gruptandır (Studer ve diğ., 2018).

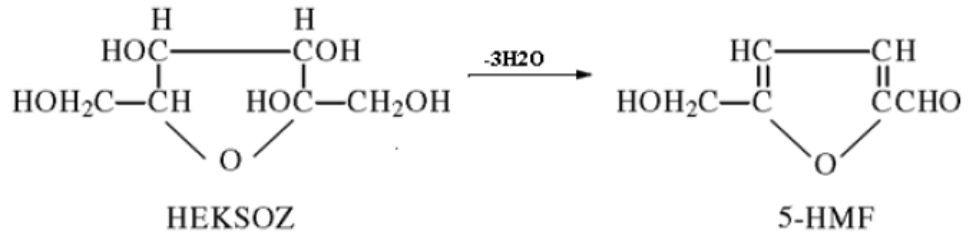
Gıdalara uygulanan ısıl işlemlere bağlı olarak Maillard reaksiyonu (MR) ve karamelizasyon gibi enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları serbest radikal (SR) oluşmasına da neden olmaktadır. Özellikle yüksek sıcaklık uygulamalarında aşırı reaktif SR oluşmakta ve ortam sıcaklığı tekrar düşürülse bile oluşan bu

radikaller yapılarını koruyabilmektedir. Serbest radikaller vücutta oksidatif gerilime yol açan zararlı bileşiklerdir. Furan, heterosiklik aromatik amin ve akrilamid gibi bileşiklerin kanserojenik, mutajenik ve genotoksik olduğunu gösteren araştırmalar da vardır. Bunlar gıdanın duyuusal özelliklerini de olumsuz etkilemekte ve muhafaza ömrünün kısılmasına yol açmaktadır (Babür ve Gürbüz, 2015; Güneş, 2016; Nizamlıoğlu ve Nas, 2019)

Proses bulaşanı oluşması açısından özellikle ısı uygulamarının kritik olduğu görülmektedir. Bunlar; gıdanın maruz kaldığı ısı yüküne (sıcaklık derecesi ve uygulama süresi) göre farklı gıdalarda farklı bileşiklerin oluşmasına yol açmaktadır. Bu kapsamda önemli proses bulaşanlarının başlıcaları; hidrokümetilfurfural (HMF), akrilamid, polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH), trans yağ asidi (TYA), epoksi-yağ asidi (EYA), monokloro-propandiol (MCPD) ve esterleridir. Ayrıca, ısı işleme bağlı olarak oluşmasa bile biyojen amin ve radyasyon kalıntısı da proses bulaşanı sayılmalıdır.

2.2. Hidrokümetilfurfural (5-HMF)

Hidrokümetilfurfural (5-HMF) esas olarak heksozların asidik ortamda ısıtılması sırasında su kaybetmesi ile oluşan bir aldehittir. Gerçi pentozların ısıtılması sırasında da aynı yolla furfural oluşmaktadır. Ancak gıdalarda pentoz varlığı yaygın olmadığı için daha çok 5-HMF üzerinde durulmaktadır (Şekil 2.1).



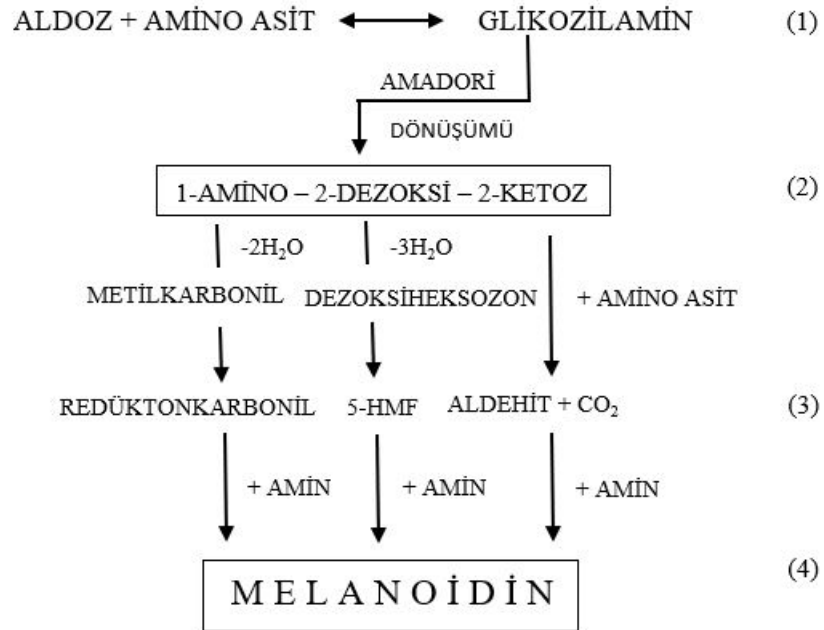
Şekil 2.1. Heksozlardan 5-Hidrokümetilfurfural oluşumu

Kaynak: Batu, A., Aydoğmuş, R.E., ve Batu, H.S. (2014). Gıdalarda Hidrokümetilfurfural (HMF) Oluşumu ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(1): 40-55.

Hidrokümetilfurfural aynı zamanda Maillard reaksiyonu sırasında oluşan ara bileşiklerden biridir. Bilindiği gibi Maillard tepkimesi; hem amino (NH₂) ve hem de karbonil grubu içeren gıdalarda sıcaklığın etkisi ile başlayan ve melanoidin oluşumu

ile sonuçlanan çok basamaklı bir değişimdir. NH_2 kaynağı gıdanın içerdiği protein, peptid, amino asit gibi bileşikler, karbonil grubunun kaynağı ise indirgen glukoz, fruktoz, laktoz, riboz gibi indirgen şekerlerdir. Eğer bir gıdada NH_2 ve karbonil grubu varsa, belirli bir sıcaklık derecesinin üzerinde bu tepkimenin başlaması kaçınılmazdır. Ayrıca pH ve a_w değeri tepkime hızını etkilemektedir (DeMan, 1980; Ekşi, 1986).

Tepkime esas olarak dört basamaktan geçmektedir. Birinci basamak karbonil ve amino grubu içeren bileşiklerin kondenzasyonu ile N-bağlı glikozilamin oluşmasıdır. İkinci basamakta glikozilamin 1-amino-1-deoksi-2-ketoz (ADOK) ve türevi bileşiklere izomerize olmaktadır. Bu basamağa Amadori dönüşümü de denilmektedir. Üçüncü basamakta ADOK'tan 2 mol su ayrılması ile metildikarbonil ve 3 mol su ayrılmasıyla dezoksiheksozon oluşmakta; daha sonra ise metilkarbonil redüktodikarbonile (RDC) ve dezoksiheksozon ise 5-hidroksimetilfurfurala (5-HMF) dönüşmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Maillard tepkimesi basamakları

Kaynak: Ekşi, A. (1986). Gıdalarda Kimyasal Bileşim Değişimleri ve Kontrolü. Bursa I. Uluslararası Gıda Sempozyumu (4-6 Nisan 1986). Bursa: Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını.

Üçüncü basamakta; ayrıca ADOK amino asitleri ile tepkimeye girerek aldehit ve karbondioksit (CO_2) oluşturmaktadır. Gıdada renk, tat ve koku değişimi bu üçüncü basamakta başlamaktadır. Dördüncü basamakta ise üçüncü basamakta oluşan karbonilli bileşiklerin aminler ile kondenzasyonu ve birbiri ile polimerizasyonu

sonucunda koyu kahve renkli melanoidinler oluşmaktadır (DeMan, 1980; Ekşi, 1986).

HMF oluşumu direkt gıdaya uygulanan ısı yoğunluğu ile ilişkilidir. Ayrıca, yüksek karbonhidrat içeren gıdalarda, yüksek ısıdan kaynaklanan hasarın bir indikatörü olarak da kabul edilmektedir. Kahvaltılık tahıl, karamel, makarna ve ekmek gibi gıdaların bu açıdan incelenmesi için de kullanılmaktadır. Uygulanan ısının miktarı ve süresi yansıra pH, su aktivitesi, ortamdaki şekerin cinsi HMF oluşumunu etkilemektedir. İnsan sağlığında HMF ve akrilamid alımı ile tümör oluşumu arasında bir ilişki olduğu aktarılmaktadır (Güneş, 2016).

İnsan vücudunda HMF iki maddeye metabolize olmaktadır. Bunlardan biri 5-hidroksimetil-2-furoik asittir (HMFA) ve bu idrarla atılmaktadır. Diğeri ise 5-sülfoksimetilfurfuraldır (SMF) ve DNA veya bir protein ile kompleks oluşturabilmektedir. Kemirgenler üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda SMF'nin potansiyel toksisitesi ve kanserojen etkisinden bahsedilmiştir. Tahıl bazlı gıdalarda da yoğun bir HMF oluşumu gözlenmektedir (Ghazouani ve diğ., 2021).

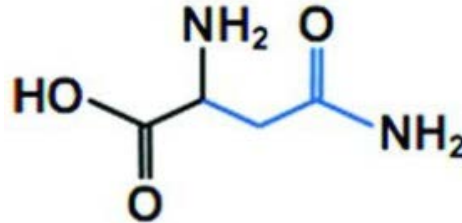
HMF'nin çok yüksek konsantrasyonlarda sitotoksik olduğu, gözlerde, üst solunum yollarında, deride ve mukus zarlarında tahrişe sebep olduğu bildirilmiştir. HMF, *in vitro* verilerine göre insan sağlığında ciddi bir risk oluşturmamakta, ancak spesifik metabolitlerinin özellikleri endişe vermektedir. HMF, vücutta sülfotransferaz tarafından 5-sülfoksimetilfurfurala (SMF) dönüştürülmektedir. SMF'nin *in vitro* olarak genotoksik bir potansiyele sahip olduğu ve insan sağlığı için tehlikeli olduğu gözlenmiştir. Ancak, insanlardaki *in vivo* verilerin eksikliği tam olarak bir değerlendirmeye izin vermemektedir. 5-HMF'nin olası karsinojenisitesine ilişkin çeşitli bulgular ve sınırlı kanıt olduğundan, hayvan deneylerindeki toksisite ile ilgili yan etki olmaksızın gözlenen maksimum dozun (NOAEL) günlük 80-100 mg/kg olduğu sonucuna varılmıştır (Mogol, 2014).

HMF, sindirim sisteminde kolayca absorbe edilmektedir. Son çalışmalar, organizmada HMFA, (5-hidroksimetil-2-furoil)glisin (HMFG) ve SMF'ye dönüştüğünü göstermektedir (Monien ve diğ., 2009). Bunlardan SMF, genotoksik ve mutajenik etki göstermektedir (JECFA, 1996). Başka bir deyişle DNA hasarına yol açabilmektedir. Hedef organlarının böbrek ve karaciğer olduğu belirtilmektedir (Bakhiya ve diğ., 2009).

Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (JECFA) (1996)'ya göre HMF için endişe eşiği kişi başına günde 540 µg'dır. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) (2005) tarafından tahmin edilen alım düzeyi ise kişi başına günde 1600 µg'dır. Yani endişe eşiğinin üç katıdır. Ancak, bu bir tahmindir ve abartılı olma olasılığı da vardır. Fakat gıda ile alınan HMF miktarının endişe eşiğini az veya çok aştığı anlaşılmaktadır. Bu durumda yapılması gereken şey, gıdalardaki HMF oluşumunun azaltılmasıdır (Ekşi, 2017b).

2.3. Akrilamid

Akrilamid, 2-propenamid, etilen karboksiamid, akrilik amid, vinil amid gibi isimlerle bilinen poliakrilamid sentezinde kullanılan beyaz kristal formda bir monomerdur. Su, alkol, dietil eter ve aseton içerisinde çözünmektedir. Katı formda akrilamidin oda sıcaklığındaki formu sabit iken, UV ışığına maruz kaldığında ve kaynama noktasında kolaylıkla polimerize olabilmektedir (Gölkücü ve Tokgöz, 2014). Akrilamid, C₃H₅NO kimyasal formuna sahiptir ve kimyasal yapısı Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Akrilamid'in kimyasal yapısı

Kaynak: Atalay, E. (2020, Ocak 9). *Gıdalarda Akrilamid Oluşumu*. Labakademi. <https://labakademi.com/gidalarda-akrilamid-olusumu/#:~:text=Akrilamid%2C%20g%C4%B1dalarda%20%C4%B1s%C4%B1%20i%C5%9Flem%20s%C4%B1ras%C4%B1nda,toksik%20ve%20kanserojen%20bir%20bile%C5%9Fiktir.>

Akrilamid, ilk kez 1893 yılında Almanya'da Christian Moureau tarafından kimyasal bir bileşik olarak bulunmuştur. Ticari olarak kullanımı Almanya'da 1952-1954 yılları arasında gerçekleşmiştir ve gıdalardaki önemi ise İsveç Gıda Komisyonu tarafından 2002 yılında ortaya konmuştur. Akrilamid, günlük yaşamımızda kullandığımız birçok gıdanın içerisinde farklı formlarda yer alan, monomerik ve polimerik olmak üzere iki formu bulunan, çok yönlü organik bir bileşiktir (Karagöz, 2009).

Akrilamid, ısıtma prosesleri sırasında oluşan önemli bir bulaşan olup, genotoksik ve kanserojen olduğu varsayılan oldukça reaktif bir maddedir. Akrilamid yüksek sıcaklıktaki (>120 °C) gıda prosesleri sırasında, ağırlıklı olarak nişasta ve karbonhidrat bakımından zengin gıdalarda ve asparajin varlığında oluşmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Gıdalarda akrilamid oluşumu

Kaynak: Çelik, F.S. (2015). *Akrilamidin HEK293 Hücre Hattında Genotoksik ve Sitotoksik Etkilerinin Araştırılması* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.

Gıdalarda akrilamid, Maillard tepkimesinde olduğu gibi asparajin amino asidi ile indirgen bir şeker (glikoz, fruktoz gibi) arasındaki tepkime sonucunda oluşmaktadır. Ancak akrilamid oluşumu birçok koşula bağlıdır. Bunların en önemlisi ısı transferi ve sıcaklık derecesidir. Özellikle patates ve tahıl bazlı, ısı işlem gören gıdalarda oluşmaktadır. Proses sıcaklığındaki bir azalma, akrilamid konsantrasyonunu da azaltmaktadır. Sadece kızartma değil, fırında ısıtma da akrilamid oluşumuna neden olmaktadır. Akrilamid analiz yöntemlerinin çoğu benzer yaklaşımlara dayanmaktadır. Bu amaçla kütle spektrometresine bağlı gaz kromatografisi (GS/MS) veya kütle spektrometresine bağlı sıvı kromatografisi kullanılmaktadır (Nerín ve diğ., 2016).

Akrilamid, monomer ve polimer olarak iki farklı yapıda bulunabilmektedir. Monomer formdaki akrilamid toksik etkili iken, polimer formdaki akrilamid toksik değildir. Monomerik formdaki akrilamidin hayvan deneylerinde sinir sistemlerine zarar verdiği ve kanserojen/mutajen etki gösterdiği belirtilmektedir (Nizamlıoğlu ve Nas, 2019).

Çoğunlukla karbonhidrat bazlı gıdalarda rastlanmasına rağmen protein içerikli kompozit et ürünlerinde de kızartma, buğulama ve fırınlama işlemleri sonucunda yüksek miktarlarda akrilamid oluşabilmektedir. Et türevi gıdalarda

akrilamid oluşumu, kullanılan yağın çeşidi, yağın kullanım sayısı, sistemde öncül madde varlığı, pişirme yöntemi, sıcaklık, süre ve depolama gibi faktörler etkili olmaktadır. Sağlık üzerine olumsuz etkisinden dolayı gıdalardaki akrilamid oluşumunun azaltılmasına çalışılmaktadır. Bu kapsamda; ısıl proses sıcaklığı ve süresinin olabildiğince düşürülmesi, öncül madde miktarının azaltılması, sisteme çeşitli katkıların (katyon, enzim, aminoasit ve antioksidan gibi) eklenmesi ve oluşan akrilamid bileşiğinin sistemden uzaklaştırılması gibi önlemler üzerinde durulmaktadır (Kavuşan ve Serdaroglu, 2019).

Akrilamid, genotoksik, karsinojenik, nörotoksik, üreme ve gelişim üzerinde toksik etkileri bulunmaktadır. Ayrıca, akrilamide uzun süre maruz kaldığı zaman uyku hali, duygu durumunda değişimler, halüsinasyonlar ve çarpıntı şeklinde belirtiler de ortaya çıkmaktadır (Arusoğlu, 2015). Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) tarafından sınıflandırıldığında akrilamid insanlar için olası kanserojen olan Grup 2A'da yer almaktadır. Bu grupta yer alan maddeler, kanser yapıcı özelliklerinin kesin olmamakla birlikte kanserojenite açısından güçlü kanıtlar bulunduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (IARC, 2002).

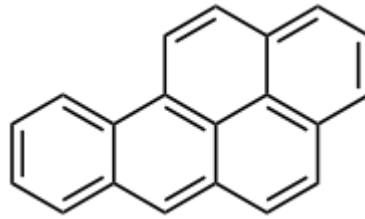
EFSA, 2015 yılında akrilamid için risk değerlendirme listesi yayınlamış ve tüm yaş grubundaki tüketiciler için kanser geliştirme riski oluşturduğunu belirtmiştir. JECFA (2005) ise akrilamidin bir insan sağlığı sorununa işaret edebileceğini ve alım miktarının azaltılması için çaba gösterilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca, 120°C'da oluşmaya başlıyor ve 170-180°C aralığında maksimum seviyeye ulaşmaktadır. EFSA, evde yemek pişirmenin insanın gıda yoluyla maruz kaldığı akrilamid seviyesinin üzerinde önemli bir etkiye neden olacağını bildirmektedir. Ağız yoluyla alınan akrilamid, sindirim sisteminde emilir ve tüm organlara dağıtılarak büyük ölçüde metabolize olmaktadır. Buna neden olan ana metabolitlerden biri Glisidamid'dir ve hayvanlarda görülen gen mutasyonları ile tümörlerin en olası nedenidir. Genotoksik olan bu bulaşana herhangi bir düzeyde maruz kalmanın DNA'ya zarar verebileceğinden ve kansere yol açabileceğinden, EFSA, gıdalardaki tolere edilebilir günlük akrilamid alım (TDI) miktarını ayarlayamayacaklarını bildirmiştir. Bunun yerine, tümör oluşumunu engelleyebilmek için günlük 0,17 mg/kg, diğer nörolojik değişiklikler için ise 0,43 mg/kg olarak bildirmişlerdir (EFSA, 2015).

2.4. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH)

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), et ve ürünlerinin pişirilmesi, işlenmesi ve saklanması sırasında açığa çıkan zararlı bileşiklerdir. İki ya da daha fazla aromatik halka içeren, sadece karbon ve hidrojen atomlarından oluşan organik bileşiklerdir (Güneş, 2016). Bu bileşikler hidrofobik karaktere sahiptir ve bu nedenle sudaki çözünürlükleri oldukça düşüktür. PAH'lar doğal ya da insan kaynaklı olarak organik bileşiklerin eksik yanması sonucunda oluşmaktadır (Alver ve diğ., 2012). Doğal olarak, orman yangınları veya volkanik patlamalar sırasında oluşmaktadır. İnsan kaynaklı olarak ise endüstriyel kaynaklı atıkların toprağa salınması, motorlu taşıtlar ve sigara ile oluşmaktadır (WHO, 1998).

Özellikle kömür ve odun üzerinde ızgara veya füme edilen gıdalarda PAH oluşumu gözlenmektedir. Isınan etlerin yağları kömürün üzerine düşmekte ve pirolize (tam olarak yanmama) uğrayarak PAH oluşturmaktadır. Oluşan PAH'lar duman yoluyla etin yüzeyine yapışmaktadır. Doğada 100'den fazla PAH olmasına rağmen bunlardan yalnızca 16 tanesi mutajenik/kanserojenik olarak tanımlanmıştır (Gümüş ve Yardımcı, 2019).

En kanserojenik olarak bilinen PAH, benzo(a)piren'dir. Kimyasal yapısı Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5. Benzo(a)piren'in kimyasal yapısı

Kaynak: EFSA. (2008). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food, Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA Journal*, 724, 1-114.

PAH bileşikleri, kömür gibi fosil yakıtların, karbon içeren maddelerin ve gıda gibi diğer organik bileşiklerin yüksek sıcaklarda havasız ortamda tam yanmaması sonucunda oluşan çevre kirleticisi maddeler olarak da tanımlanmaktadır. Endüstriyel üretim yapılan bölgelerde çevre kirliliğinden dolayı PAH bileşikleri suya, toprağa ve havaya geçerek meyve, sebze ve tahıl gibi tarım ürünlerine bulaşmaktadır. Ayrıca,

kavrulmuş kahve, bitkisel yağ, süt ürünleri ve çay gibi işlenmiş ve ısıl işlem uygulanan gıdalar ile ambalaj materyallerinde de gözlenmektedir (Kılıç ve diğ., 2017).

PAH'lar sülfatlanma, nitritlenme ve fotooksidasyon gibi kimyasal tepkimeler ile daha zararlı bileşiklere dönüşebilmektedir. Yağ miktarı fazla olan etlerin ızgara edilmesi ile oluşan PAH miktarının az yağlı etlere kıyasla daha fazla olduğu; elektrikli fırın veya ızgaralarda PAH oluşumunun düşük seviyelerde kaldığı, ayrıca PAH oluşumu etin ateşe olan yakınlığıyla da bağlantılı olduğu ve ateşten uzaklaştıkça PAH miktarının azaldığı bildirilmiştir (Güneş, 2016).

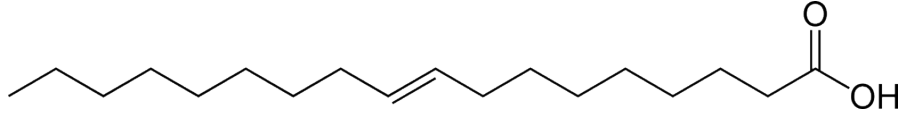
PAH oluşumunun 400 °C'nin altındaki sıcaklıklarda düşük düzeylerde olduğu gözlemlenirken, 400-1000 °C aralığında da sıcaklık artışıyla PAH oluşumu arasında doğrudan bir ilişki olduğu da saptanmıştır. Öte yandan; pişirme türü, yakıt türü, gıda kütleme maddeleri ile dumanlama süresi ve gıdanın yağ içeriği de PAH oluşumunu etkileyen faktörlerdir. Gıdanın ateşe olan mesafesinin 6-7 cm olduğunda daha fazla PAH meydana gelmektedir. Elektrikli fırınlarda ve ızgaralarda daha az PAH oluştuğu belirlenmektedir (Ayaz ve Yurttagül, 2008). Kapalı tencerede, kendi suyunda ya da az su konularak pişirilen gıdalarda PAH oluşmamaktadır (İşci, 2013).

IARC tarafından PAH'lar karsinojenik olarak değerlendirilmektedir. Yapılan hayvan deneyleri sonucunda benzo(a)pirenin (BaP) ağızda, deride ve solunum borusunda tümör oluşumuna yol açtığı gözlenmiştir. Almanya'da tütülenmiş etler için BaP maksimum 1µg/kg olarak sınırlanmıştır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)/ Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından gıdalardaki maksimum miktar 1987 yılında 10 µg/kg olarak belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre ise BaP'in kabul edilebilir üst sınırı balık ürünlerinde 2 µg/kg, tütülenmiş et ürünlerinde ise 5 µg/kg'dır (Terzi ve Çelik, 2006).

2.5. Trans Yağ Asidi

Trans yağ asitleri (TYA), insanlığın beslenme serüveninde sürekli olarak var olmuştur. Çünkü geviş getiren pek çok hayvanın süt ve etlerinin yağlarında az miktarda da olsa doğal kaynaklı TYA bulunmaktadır. Buna karşılık, TYA

izomerlerine doğada çok daha sık rastlanmaktadır (Yüksel ve Yüksel, 2020). Trans yağ asitlerinin kimyasal yapısı Şekil 2.6’da verilmiştir.



Şekil 2.6. Trans yağ asidinin kimyasal yapısı

Kaynak: Bhardwaj, S., Passi, S.J., Misra, A. (2011). Overview of Trans Fatty Acids: Biochemistry and Health Effects. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 5(3): 161-164.

Sıvı bitkisel yağların katı margarine dönüştürüldüğü kısmi hidrojenasyon işlemi sırasında trans yağ asidi oluşmaktadır. Bu oluşum; doğal esansiyel yağ asitleri tahrip edildiği, metabolik aktivitelerini kaybettiği, linoleik asit desatürasyonu engellediği ve oluşan yapay izomerler yapısal olarak doymuş yağlara benzediği için insan sağlığı açısından olumsuzdur. Trans yağ asitlerinin bilinen besinsel bir faydası olmadığı ve metabolik sonuçları olumsuz olduğu için tüketimin en aza indirilmesini ve gıdaların trans yağ asidi içeriği hakkında tüketicilerin bilgilendirilmesi önem taşımaktadır (Ascherio ve Willett, 1997).

Bunlar trans konumunda en az bir veya daha fazla çift bağa sahip doymamış yağ asitleridir. Trans yağ asitlerinin iki ana kaynağı bulunmaktadır. İlki, bitkisel yağların kısmi hidrojenasyonu yoluyla elde edilen margarinler, ikincisi ise geviş getiren hayvanların sütündeki yağlardır (Gebauer ve Baer, 2013). Doğal yolla oluşan çoğu asidin çift bağları cis ve izole bir konfigürasyon göstermektedir. Bununla birlikte, trans çift bağlar, cis çift bağlara göre daha karardır ve yeterli aktivasyon enerjisinin sağlandığı reaksiyonlarda oluşmaktadırlar. Bu nedenle 170-180 °C’de uygulanan kızartma işlemleri de TYA içeriğini belirgin bir şekilde arttırmaktadır (Brühl, 2014).

Sıcaklığın 150 °C’ın üzerine çıktığı yağda kızartma işlemlerinde; sıcaklık derecesi, yağın cinsi ve nem miktarına bağlı olarak yağda kimyasal bozunmalar ortaya çıkmaktadır. Kızartma yağı birkaç kez kullanıldığı zaman sindirilebilirliği değişmektedir. Kızartma sırasında ortaya çıkabilen değişimlerden biri de TYA oluşmasıdır. TYA oluşumu kızartma ısı ve süresi ile kızartılan materyale bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca uygulanan analiz yöntemine göre de saptanan TYA

miktarı farklı olabilmektedir. Öte yandan, trans tüketim miktarı ile kardiyovasküler hastalık riski arasında bir ilişki olduğu ileri sürülmektedir (Güneş, 2016).

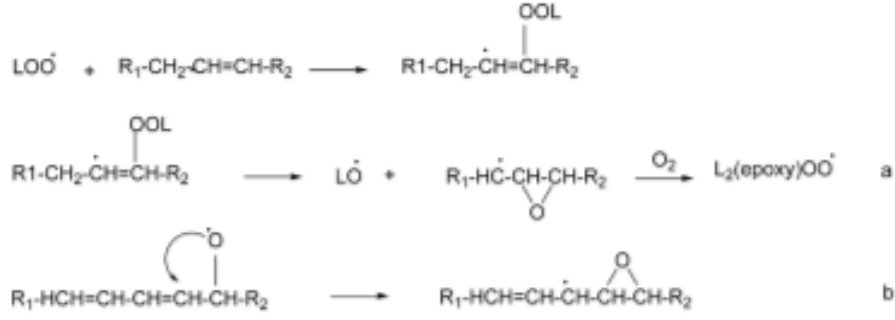
Gıda endüstrisinde trans yağın tercih edilmesindeki temel neden katıldığı gıdada stabil olması ve maliyetinin düşük olmasıdır. TYA, restoranlarda ve hazır yemek sektöründe de daha uzun süre kullanılabilirdiği için kızartma yağı olarak tercih edilmektedir (Yüksel ve Yüksel, 2020). FAO ve WHO, gıda proseslerinin trans yağ oluşumunu azaltacak yönde uygulanması konusunda tavsiyede bulunmaktadır. FAO, 2003 yılında trans yağ tüketiminin mümkün olduğunca en düşük seviyede olması gerektiğini belirtmiştir (Taşan ve Demir, 2019)

Trans yağ asidi oluşumunu azaltılması için alternatif hidrojenasyon yöntemleri üzerinde çalışılmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği'ne göre yağın 100 g'ında 1g'dan az olması koşulu ile gıdanın etiketinde "trans yağ içermez" ifadesinin yazılmasına izin verilmektedir (Anonim, 2017a). Basına yansıyan bilgilere göre ise margarinlerde trans yağ miktarının 100 g'da 2g'ı geçmemesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır.

2.6. Epoksi Yağ Asidi

Muhafazasını sağlamak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla gıdalara işlem uygulama ve ambalajlama sıklığı artmıştır. Ancak bu durum işleme ve depolama sırasında gıdaların yüksek sıcaklıklara, ışığa, metal iyonlarına ve oksijene maruz kalarak lipid oksidasyonuna ve ilişkili zararlı bileşiklerin oluşumuna yol açmıştır. Lipid oksidasyonu; otoksidasyon, fotooksidasyon ve enzimatik oksidasyon olmak üzere başlıca üç mekanizma ile ortaya çıkmaktadır. Lipid oksidasyonu gıdanın lezzetini ve toksik bileşiklerin oluşması nedeniyle gıdanın güvenliğini olumsuz etkilenmektedir (Waraho ve diğ., 2011).

Epoksi yağ asitleri, ikincil lipid oksidasyon bileşikleridir. Tüm lipid oksidasyon mekanizmalarında epoksi yağ asitlerinin oluşum yolları olabileceği düşünülmektedir. İkili bağ yerinde veya yakınında meydana gelen epoksit halka (oksiran halkası) oluşumu Şekil 2.7'de verilmiştir (Mubiru ve diğ., 2014).



Şekil 2.7. Lipid oksidasyonu sırasında epoksit halka oluşumu

Kaynak: Mubiru, E., Shrestha, K., Papastergiadis, A., ve De Meulenaer, B. (2014). Development and Validation of a Gas Chromatography-Flame Ionization Detection Method for the Determination of Epoxy Fatty Acids in Food Matrices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(13), 2982–2988.

Epoksi yağ asitleri (EYA), yağlarda doğal olarak bulunmayan ancak kızartma sırasında doymamış yağ asitlerinden oluşan ve oksiran halkası içeren zararlı bileşiklerdir. Bunlar, hücrenin işlevlerini ve metabolik süreçlerini olumsuz etkilemektedir. Yağlarda oluşan EYA miktarı, kızartma sıcaklığına ve maruz kaldığı süreye bağlı olarak artmaktadır. Epoksi yağ asidinin oluşumunu azaltmak için, 180 °C’yi geçmemeli ve kızartma süresi kısa tutulmalıdır. Ayrıca, her kızartmadan sonra yağ süzülmesi, serin bir yerde muhafaza edilmeli, tekrardan kullanılmadan önce bir miktar yeni yağ eklemelidir. Yağların 3-4 kez kullanımından sonra atılması önerilmektedir (Ekşi, 2018).

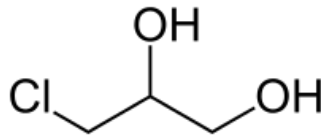
EYA, oldukça reaktif olduklarından ve geleneksel yöntemlerle analiz edilmesi zor olduğu için oksidasyon mekanizmalarında bulunan önemli bir bileşiktir. Ayrıca, tüm lipid oksidasyon mekanizmaları, epoksi yağ asitlerinin oluşumuna yol açtığı için oksidasyon işleminde ana rolü olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, gıdalardaki epoksi yağ asitlerinin belirlenmesi çok önemlidir (Demirci, 2015).

Kızartma sırasında oluşan polar yapıdaki bozunma ürünlerinin bir kısmı küçük molekül ağırlıklı aldehitler, ketonlar, epoksitler, hidrokarbonlar ve siklik yapıdaki uçucu bileşiklerdir. Uçucu olmayan bozunma ürünleri ise orta molekülü aldehitler, okso-, hidroksi-, epoksi ve siklik asit gruplarını içeren trigliseritlerdir. Kızartma işlemi devam ettiği sürece bozunma ürünleri miktarı da giderek artmaktadır (Depren ve diğ., 2008).

Yağ asitlerinin harici hidroperoksitler tarafından oksidasyonu, çift bağ formunda bir epoksi halkasının oluşmasına yol açmaktadır. Tamamen epoksilenmiş yağ asitler, poli vinil klorür için ticari bir plastikleştirici katkı maddesi olan epokside soya fasulyesi yağında (ESBO) gözlenmiştir. ESBO, konserve kapaklarının kapatılması için kullanılmaktadır. Monoepoksi yağ asitleri de termokside zeytin, ayçiçeği ve restoranlardaki kızartma yağlarında ve kızartılmış yiyeceklerin satıldığı yerlerde gözlenmiştir. Avrupa’da kızartma yağlarının kullanılabilirliği için maksimum limit 1 mg/kg epoksi yağ asidi olarak belirlenmiştir. (Brühl, 2014).

2.7. 3-Monokloropropan-1,2-diol (3-MCPD)

3-monokloropropan-1,2-diol (3-MCPD), başlıca 5 bileşikten oluşan kloropropanol bileşiklerden biridir. Bu bileşikler; 2-MCPD, 2,3-MCPD, 1,3-MCPD, 3-monokloropropan-1-ol ve 3-MCPD’dir. 3-MCPD, 2 fonksiyonel alkol grubu ve bir klorür içeren 3-karbonlu bir bileşiktir ve $C_3H_7ClO_2$ molekül formülü ile gösterilmektedir. Kimyasal yapısı Şekil 2.8’de verilmiştir. Renksiz ve sıvı formundadır ancak sarı renge dönüşme eğilimi de bulunmaktadır. Su, alkol, dietil eter ve asetonda çözünmektedir (Lee ve Khor, 2015).



Şekil 2.8. 3-MCPD’un kimyasal yapısı

Kaynak: Sevindirici, G., Özdikicierler, O., Yemişçioglu, F. (2018). Rafine Bitkisel Yağlarda 3-MCPD ve GE Riski: Yapısı, Oluşum Mekanizması, Yasal Düzenlemeleri ve Azaltılma Yöntemleri. *GIDA*, 43(5): 886-895.

3-MCPD ilk kez 1978 yılında asitle hidrolize edilmiş bitkisel proteinlerde ve esterlerinde tespit edilmiştir. Bu ürün, gıdalarda lezzet arttırıcı olarak kullanılmaktadır (Rahn ve Yaylayan, 2010). Endüstriyel kullanımda, 3-MCPD, ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından “alfa-klorohidrin” adı verilen bir kemirgen öldürücü olarak listelenmiştir. Gıda endüstrisinde, 3-MCPD, asit hidroliz bitkisel protein (asit-HVP) üretiminin bir yan ürünüdür. Bitkisel proteinin asit hidrolizi, fermantasyon işlemi olmaksızın kısa bir süre içinde yapay soya sütü üretmek için

kullanılmaktadır. Orta ve yüksek konsantrasyonlarda 3-MCPD tüketiminin, böbrek ve üreme organı yetmezliğine sebep olduğu bildirilmiştir. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından da karsinojen madde olarak sınıflandırılmıştır (OEHHA, 2010).


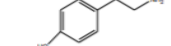



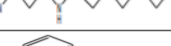
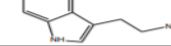
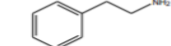
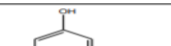
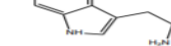
Gıdada 3-MCPD oluşumu; sıcaklık, pH değeri, nem içeriği, şeker ve lipid içeriği, uygulanan prosesin türü ve muhafaza koşulları gibi birçok faktörden etkilenmektedir. 3-MCPD oluşumu için üç farklı mekanizma bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, asit-HVP oluşumundaki gibi, klorür iyonlarının varlığında gliserol ve diğer lipidlerin asit hidrolizidir. İkincisi, asit-HVP yokluğunda, lipidlerin sodyum klorür ile ısıl prostesten geçirilmesidir. Üçüncüsü ise 3-MCPD esterlerinin lipazlar tarafından hidrolizidir (Baer ve diğ., 2010).

Kloropropanoller, gliserol molekülü üzerinde çeşitli konfigürasyonlarda bir veya iki klor atomuna sahip olan klorlu gliserol türevleridir. 3-MCPD, 2-MCPD ve glisidolün her biri, yenilebilir bitkisel yağlarda yaygın olarak bulunan yağ asitleri ile ester oluşturabilmektedir. Glisidol (GE), 3- ve 2-MCPD'nin oluşumu ve ayrışması ile ilişkilidir. Bitkisel yağların rafine edilmesi sırasında yağ asitleri ile monoesterler oluşturmaktadır. Gıdalardaki tek GE kaynağı, rafine yağlara uygulanan koku giderme (deodorizasyon) işlemi sırasında di-açilgliserol (DAG) veya mono-açilgliserol (MAG)'ün yüksek sıcaklığa maruz kalmasıdır. 3- ve 2-MCPD ve GE, en çok palm yağında bulunmaktadır. Özellikle hamur işleri, bebek mamaları ve keklerde de bulunan bu yağlar insan sağlığı için toksik özellikler göstermektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda da bu toksisitenin önlenmesi için 3-MCPD'nin günlük alım miktarı 2 µg/kg olarak belirlenmiştir (EFSA, 2018).

3-MCPD ve esterleri, genellikle gıdaların işlenmesi sırasında açığa çıkan gıda bulaşanlardır. Bu bileşiklerin oluşumu için klor iyonlarının varlığıyla birlikte yüksek sıcaklık uygulaması (>200°C) gerekmekte, bu da ekmek, bisküvi, kraker gibi tahıl ürünleri, salam, jambon gibi sıklıkla tüketilen et ürünlerinin üretimi esnasında bu bileşiklerin oluşumuna zemin hazırlamaktadır (Yıldırım ve Yorulmaz, 2017).

2.8. Biyojen Aminler

Biyojen aminler, bitki, hayvan ve mikroorganizmaların çeşitli metabolik aktiviteleri sonucu oluşan, alifatik veya aromatik ve özellikle de heterosiklik yapıda olan ve gıdalarda da bulunabilen küçük moleküllü toksik bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Kimyasal açıdan biyojen amin oluşumu amino asitlerin dekarboksilasyonuna dayanmaktadır (Yerlikaya ve Gökoğlu, 2002). Ayrıca, aldehit ve ketonların aminasyon ve transaminasyonu ile de biyojen amin oluşabilmektedir. Biyojen aminler gıdaların tazelik veya bozulma derecesinin bir göstergesi olarak da kullanılmaktadır. Gıdalarda bulunan biyojen aminlerin başlıca örnekleri; histamin, tiramin, triptamin, serotonin, putressin, kadaverin, oktopamin, dopamin, agmatin, spermin, spermidin, diaminobutan ve feniletilamindir. Histamin hem gıdalardaki yıkım olaylarının indikatörü olarak hem de gıda zehirlenmelerinin sebebi olarak gösterilmektedir. Gıdalarda histamin, histidin-dekarboksilaz enzimi bulunan mikroorganizmaların serbest histidini histamine dönüştürmesi sonucu oluşmaktadır (Alper ve Temiz, 2001). Biyojen amin çeşitleri ve kimyasal yapısı Şekil 2.9'da verilmiştir.

Histamin (HIS)	
Tiramin (TYR)	
Kadaverin (CAD)	
Spermidin (SPD)	
Spermin (SPM)	
Triptamin (TRPT)	
Feniletilamin (PHEN)	
Serotonin (SER)	
Dopamin (DOP)	
Agmatin (AGM)	

Şekil 2.9. Biyojen amin çeşitleri ve kimyasal yapısı

Kaynak: Toy, N. (2010). *Laktik Asit Bakterileri Serbest Hücre Ekstraktlarının Patojen Bakterilerinin Gelişimine ve Biyojen Amin Üretimine Etkisinin Araştırılması* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana.

Biyojen aminler özellikle proteince zengin ve fermente edilmiş gıda maddelerinin üretimi, işlenmesi ve depolanması sırasında oluşan hem gıdaların

bozulmasından hem de gıda zehirlenmesinden sorumlu toksik bileşiklerdir. Bir gıdanın belirli bir düzeyin üzerinde (80-100 ppm) biyojen amin içermesi o gıdayı tüketen insanlarda çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır. Örneğin, balık (orkinos) histamin zehirlenmesi olaylarından adı en sık geçen gıdalardan biridir ve 2040-5000 mg/g düzeyinde histamin içermektedir. Balıklarda histamin oluşumunu önlemenin en güvenli yolu balığın yakalandıktan hemen sonra kesilmesi, kanının akıtılması ve soğutulmasıdır (Yerlikaya ve Gökoğlu, 2002).

Histamin ve tiramin en toksik özelliklere sahip biyojen aminler olarak kabul edilmektedir. Gıdaların fermentasyonu sırasındaki yoğun mikrobiyal aktivite BA oluşumu için gerekli koşulları sağlamaktadır. Kurutulmuş balık, balık sosu, peynir, fermente sosis ve fermente sebze de fazla miktarda bulunmaktadır. Günlük 25-50 mg arası histamine maruz kalınması sağlığı olumsuz etkilemektedir (EFSA, 2011). Histamin zehirlenmesi, nefes almada güçlük, kaşıntı, kızarıklık, kusma, ateş ve hipertansiyona yol açmaktadır. Sindirim sisteminde bulunan monoaminoksidaz (MAO) ve diaminoksidaz (DAO) enzimlerinin genetik olarak eksikliğinde veya bu enzimleri inhibe eden ilaçlar kullanıldığında (ağrı kesici ve depresyon, Alzheimer, Parkinson ilaçları), mide hastalığında ve yüksek düzeyde alkol kullanıldığında histamin duyarlılığı artmaktadır (Özdestan, 2013).

Histamin tek başına düşük seviyede toksisiteye neden olmayabilir, ancak histaminden 5 kat daha yüksek konsantrasyonlarda putresin ve kadaverin gibi diğer biyojen aminlerin varlığı histaminin toksisitesini arttırmaktadır. Putresin, spermin ve spermidin için toksisite seviyeleri sırasıyla 2000, 600 ve 600 ppm'dir. Tiramin ve kadaverin için ise akut toksisite seviyesi 2000 ppm'den yüksektir. NOEL değerleri tiramin, putresin ve kadaverin için 2000 ppm, spermidin için 1000 ppm ve spermin için 200 ppm'dir (Til ve diğ., 1997).

Biyojen amin içeren gıdaların belli bir dozun üzerinde tüketilmesi sağlığı olumsuz etkilemekte ve yüksek dozlarda ölümlerle yol açabileceği de bildirilmektedir. Bu nedenle fermentasyon sırasında meydana çıkan bu toksik bileşiklerin gıdalardaki miktarının tayin edilmesi hem insan sağlığı hem de gıdanın kalitesi açısından büyük önem taşımaktadır (Akyol ve diğ., 2015). Ülkemizde balık dışındaki gıdalarda belirlenmiş herhangi bir yasal limit bulunmamaktadır (Ercan ve diğ., 2017).

3. GIDALARDAKİ PROSES BULAŞANI DÜZEYLERİ

3.1. Gıdalardaki HMF Düzeyi

Gıdalardaki HMF düzeyi, gıdanın kalitesi ve ısıl işlem uygulanıp uygulanmadığının kontrolü açısından önemlidir. Taze ve ısıl işlem görmemiş gıdalarda HMF bulunmazken ısıl işlem uygulanan veya yüksek sıcaklıkta depolanan gıdalarda az veya çok HMF oluşabilmektedir. Çeşitli gıdalardaki HMF düzeyi Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Çeşitli gıdalardaki HMF miktarı

Gıda Grubu	Değişim Aralığı (mg/kg)
Kahve	100-1900
Kurabiye	0,5-74,5
Bebek Maması	0-65,6
Kahvaltılık Tahıllar	6,9-240,5
Meyve Suyu	2-22
Bal	10,4-58,8
Pekmez	21,12-61,2
Nar Ekşisi	18-1542
Kurutulmuş Meyveler	5,5-1350
Makarna	0,08-7

Kaynak: Toker, Ö. S. (2012). *Farklı Gıdalarda 5-HMF Düzeyinin Belirlenmesi ve Riskli Bulunan Gıdaların 5-HMF İçeriğinin Farklı Yöntemler Kullanılarak Azaltılması Olanaklarının Araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi, Kayseri; Mogol, B. A. (2014). *Mitigation of Thermal Process Contaminants by Alternative Technologies* (Yayınlanmış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

Ekşi ve Artık (1986) farklı meyve sularının pastörize edildikten sonra kendiliğinden soğuyan ve soğutulması sonucunda ortaya çıkan HMF düzeylerini karşılaştırmıştır. Kendiliğinden soğuyan meyve sularının HMF düzeyi, soğutma uygulanan meyve sularına göre daha fazla bulunmuştur. Ayrıca, meyve suyu çeşidine bağlı olarak da HMF oran değişmektedir.

Oral (2006), salep çeşitleri, hazır kahve tozları ve kakaolu tozlarındaki HMF varlığını incelemiştir. Salep içecek çeşitlerinde 101.60-199.96 mg/L aralığında HMF saptanmış ve bu değerin oldukça yüksek olduğunu belirtilmiştir. Hazır kahve ve kakaolu toz içecek grubunda bulunan HMF miktarı ise sırasıyla 1154.65-2810.88 mg/kg ve 590.60-1421.45 mg/kg arasındadır. Ayrıca toksik bir bileşik olan HMF'nin laktik asit bakterileri tarafından %35 oranında azaltılabileceğini tespit etmiştir.

Arribas-Lorenzo ve Morales (2010)'in İspanya'daki farklı kahve çeşitlerinde saptadıkları en yüksek HMF miktarı 1119 mg/kg'dır. Tüketim miktarı dikkate alındığında, kahve ile günlük HMF alımının çok yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

Ülkemizde fazla miktarda işlenen ve tüketilen pekmezin kalitesini belirleyen faktörlerin en önemlisi HMF oluşmasıdır. Pekmezin koyulaştırma sıcaklığı, koyulaştırma süresi ve muhafaza koşullarına bağlı olarak HMF konsantrasyonun arttığı gözlenmiştir. Bu oluşum, pekmezin kalitesini düşürmektedir. Türk Gıda Kodeksi Pekmez Tebliği'ne (Anonim,2017b) göre HMF miktarı sızılı pekmezlerde 75 mg/kg, katı pekmezlerde ise 100 mg/kg'dan fazla olmamalıdır. Ancak ticari pekmez örneklerinde bu HMF limitinin aşıldığı görülmektedir. Nitekim, Üstün ve Tosun (1997) 11 farklı ticari üzüm pekmezi örneğinde HMF miktarını 7.4-166.1 mg/kg, Türkben ve diğ. (2016) ise 14 farklı pekmez örneğinde 5.93- 762.2 mg/kg arasında bulmuşlardır.

Ayrıca, cevizli sucuk, sade lokum ve aromalı lokum örneklerinde de 5-HMF analizi yapılmıştır. Bunlara 5-HMF miktarı sırası ile 2.78 ppm, 12.37 ppm ve 37.19 ppm olarak bulunmuştur. HMF miktarının özellikle cevizli sucukta fazla olduğu dikkati çekmektedir. Bilindiği gibi cevizli sucuk üretimi için taze üzüm şırası önce nişasta ile kaynatılarak pelte edilmekte ve iplere dizilen cevizle batırılıp çıkarılarak 60-70°C'da kurutulmaktadır. Dolayısı ile hem koyulaştırma hem de kurutulma sırasında yüksek HMF oluşmaktadır. Lokumda HMF oluşması ise asitli ortamda ve yüksek sıcaklıkta ısıtılmasına bağlıdır (Toker, 2012).

HMF oluşması söz konusu olan gıda gruplarından biri de reçellerdir. Ekşi ve Velioğlu (1990)'nun bulgularına göre ticari reçel örneklerinde HMF miktarı 6.2-307.0 mg/kg arasında değişmektedir ve vişne reçeli örneklerinin ortalama HMF miktarı daha diğerlerinden daha yüksektir.

Gökmen ve ark. (2016), ülkemizde sıklıkla tüketilen mantının kurutulması sırasında kullanılan geleneksel sıcak hava yönteminin yerine HMF oluşumunu azaltmak için infrared (IR) kurutma yöntemini incelemiştir. IR kurutma yöntemi hem tek başına hem de vakum kurutma kombinasyonu ile uygulanmıştır. Buna göre, vakumla kombine IR kurutma yöntemi, geleneksel yöntemle göre HMF oluşumunu büyük ölçüde azaltmış ve gıdanın duyu özelliklerini de arttırmıştır.

Urgu ve ark. (2017), ısı işlem uygulanan içme sütlerinde (pastörize, UHT ve laktozsuz UHT) HMF varlığını araştırmışlardır. HMF miktarı; pastörize süt örneklerinde 1,15-4,78 $\mu\text{mol/L}$, UHT süt örneklerinde 2,16-12,74 $\mu\text{mol/L}$, laktozsuz UHT örneklerinde ise 27,35-35,74 $\mu\text{mol/L}$ aralığında bulunmuştur. HMF düzeyindeki artış ısının artmasıyla doğru orantılı bulunsada diğer gıdalar ile kıyaslandığında bu oranın birçok gıdaya göre düşük olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek HMF miktarı laktozsuz (laktozu galaktoz ve glukoz hidrolize edilen) UHT sütlerde saptanmıştır. Laktozsuz UHT sütlerde ayrıca, ısı etkisi ile renk değişiminin de daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

3.2. Gıdalardaki Akrilamid Düzeyi

Gıdaların hazırlanması ve korunması için genellikle 90-220°C'de uygulanan kızartma, fırınlama, ızgara ve sterilizasyon gibi ısı işlemlerin yol açtığı değişimlerden biri de akrilamid oluşmasıdır. Çiğ ve ısı işlem uygulanmayan gıdalarda akrilamid oluşmazken yüksek ısı işlem uygulanan gıdalarda fazla miktarda akrilamid oluşabilmektedir. Taşan (2008)'e göre 100-120°C üzerindeki ısı uygulamalarında akrilamid miktarı proteince zengin gıdalarda 100 mg/kg'ın altında kalırken karbonhidratça zengin gıdalarda 100-4000 $\mu\text{g/kg}$ arasında değişmektedir.

Araştırma sonuçlarına göre farklı gıdalarda bulunan akrilamid düzeyleri Tablo 3.2'de verilmiştir. Bu gıdalardan farklı olarak, zeytin, makarna ve pilavda da çok düşük oranlarda akrilamid tespit edilmiştir.

Tablo 3.2. Çeşitli gıdalarda bulunan akrilamid seviyeleri

Gıda Grubu	Değişim Aralığı (µg/kg)
Patlamış Mısır	365-715
Patates Cipsi	600-2000
Patates Kızartması	300-3600
Et ve Balık Ürünleri	<30-50
Kurutulmuş Meyve	<30
Kavrulmuş Badem	207-313
Kurabiye, Bisküvi	100-600
Ekmek	<30-160
Helva	<10-229
Tahin	<10-145
Türk Kahvesi	200-336
Kahvaltılık Tahıllar	50-250
Tulumba	<10-701

Kaynak: Kaplan, O., Kaya, G., Ozcan, C., Ince, M., ve Yaman, M. (2009). Acrylamide Concentrations in Grilled Foodstuffs of Turkish Kitchen by High Performance Liquid Chromatography-mass Spectrometry. *Microchemical Journal*, 93(2), 173–179; Boyacı, C. P., ve Cengiz, M. F. (2012). Gıdalarda Akrilamid Risk Değerlendirme Çalışmaları. *GIDA*, 37(5), 287–294; Ölmez, H., Tuncay, F., Özcan, N., ve Demirel, S. (2008). A Survey of Acrylamide Levels in Foods From the Turkish Market. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(7), 564–568.

Ülkemizde tüketilen bazı gıdalardaki akrilamid düzeyleri de incelenmiştir. En yüksek akrilamid miktarı 3600 µg/kg ile kızartılmış patatesten saptanmıştır. Tulumba gibi yüksek sıcaklıkla kızartılarak yapılan geleneksel tatlılarda da yüksek düzeylerde akrilamid bulunmuştur. Spesifik bir gıdadaki akrilamid düzeyinin uygulanan ısı işlem seviyesine bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir. Ayrıca, patates cipsi, kahvaltılık tahıllar ve bebek bisküvilerinin önerilen muhafaza süresi ile akrilamid miktarları incelenmiş ve üretim tarihinden sonraki 6 aylık muhafaza süresi boyunca akrilamid düzeylerinde önemli ölçüde bir değişiklik tespit edilmemiştir (Ölmez ve diğ., 2008).

Anne sütü ile bebeklere akrilamid geçip geçmediğini belirlemek için yapılan çalışmada, patates cipsi tüketen annelerin sütlerinde akrilamid saptanmıştır. Bu durum, anne sütü tüketen bebekler için de akrilamidin risk oluşturabileceğini göstermektedir. Hamile ve emziren annelerin patates cipsi, kızartması ve fırınlanmış ürünlerini sağlık açısından tüketmemeleri gerektiği de belirtilmiştir (Tareke ve diğ., 2002). Ayrıca, gıdanın ambalajının yapısında akrilamid bulunuyor ise pişirme prosesi sırasında gıdalara geçebileceği de gözlenmiştir (Karagöz, 2009).

Güven (2010), İzmir piyasasındaki kumru ve boyoz örneklerindeki akrilamid miktarını incelemiştir. Bu gıdalarda sırasıyla 35,11 µg/kg ve 42,48 µg/kg akrilamid varlığı tespit etmiştir.

Sakin-Yilmazer ve ark. (2013), fırın tipi ve pişirme sıcaklığının muffinlerdeki akrilamid konsantrasyonu, yüzey esmerleşmesi, sıcaklık profilleri ve kuruma oranları üzerine etkisini araştırmıştır. Bu amaçla ürünler 145, 160 ve 175°C’da konveksiyon ve buharlı fırınlarda pişirilmiştir. Akrilamid düzeyinin 145°C’da 40 dakika pişirmede limitlerin altında olduğu, en yüksek akrilamid düzeyinin ise 160°C’da 50 dakika ve 175°C’da 40 dakika pişirilerde olduğunu gözlemlemiştir. Tüm fırın tipleri için, pişirme süresi arttıkça akrilamid düzeyi de artmıştır. Buhar destekli pişirme türünde daha düşük akrilamid düzeyi olmasına rağmen, ortalama nem içeriğinde önemli bir değişiklik olmamıştır.

3.3. Gıdalarda PAH Düzeyi

PAH’lar, dumanlama ve pişirme gibi işlemler sonucu et ürünlerinde, kontamine olmuş havadan sebze ve meyvelere, denizlerin kirlenmesi ile de deniz ürünlerine bulaşmaktadır. Yapılan çalışmalar, PAH miktarının pişirmede kullanılan yöntem ve ısı kaynağına göre değiştiğini göstermektedir. Tablo 3.3’te çeşitli gıdaların pişirme yöntemlerine göre PAH düzeyleri verilmiştir.

Tablo 3.3. Pişirme yöntemlerine göre çeşitli gıdalarda bulunan PAH düzeyleri

Gıda Grubu	Pişirme Yöntemi	Toplam PAH Düzeyi (µg/kg)
Domuz eti	Dumanlama	6.03
	Kömür mangalı	10.20
	Kömürde dumanlama (Alaçam ile)	470.91
Tavuk eti	Mikrodalga	53.56
	Tava	62.41
Sığır eti	Kömür mangalı	132

Kaynak: Kılıç, Ö., Aykın Dinçer, E., ve Erbaş, M. (2017). Gıdalarda Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Bileşiklerinin Bulunuşu Ve Sağlık Üzerine Etkileri. *GIDA*, 42(2), 127–135.

Lawrence ve Weber (1984), Kanada'daki balık ve et ürünlerinde PAH düzeylerini araştırmış ve kömürde pişirilen hamburger etindeki PAH miktarının yağda kızartılanın aksine çok yüksek olduğunu ve bu miktarın karsinojenik seviyede olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca, tütülenmiş balıkların tütüleme süresine göre PAH miktarının arttığını, tütülenmiş olanların ise PAH içermediğini tespit etmiştir.

Buckley ve Liroy (1992), en yüksek PAH içeriğine sahip gıdaların, bitkisel yağlar, katı yağlar, kızartmalar, kabuklu deniz ürünleri, tütülenmiş etler, kızartılmış ekmek, mayonez ve patates cipsi; en düşüklerin ise domates, portakal suyu, pirinç, süt ve mercimekte olduğunu tespit etmiştir.

Terzi ve ark. (2008), güçlü bir kanserojen olan BaP miktarını tespit etmek için 40 tane döner kebab örneğini incelemiştir. Örneklerin 20 tanesi kömür ateşinde, geriye kalan 20 tanesi de gazlı ateşte pişirilmiştir. Kömür ateşinde pişmiş örneklerdeki BaP miktarı, gazlı ateşte pişirilene göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bu miktarın Türk Gıda Kodeksi'nin izin verdiği limit değerinin üzerinde olduğunu belirtmişlerdir.

Babaoğlu (2015), farklı hayvansal yağların ilavesiyle dana ve kuzu ince bağırsaklarından üretilen kokoreçlerde oluşan PAH düzeylerini incelemiştir. Örneklerin toplam PAH içeriği 3.07-40.11 µg/kg arasında değişmektedir. Dana kokoreçlerin, kuzu kokoreçlere göre daha fazla PAH içerdiği belirtilmiştir. En yüksek PAH düzeyi dana kokoreçte belirlenirken, en düşük kuzu ve kuyruk yağının birlikte kullanılarak üretilen kokoreçte tespit edilmiştir.

Hao ve ark. (2016), kolza, soya, yarfıstığı ve zeytinyağlarını kullanarak tavuk nugget ve patates gıdalarını derin yağda kızartarak, işlem süresinin PAH oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Tüm yağlardaki PAH seviyesi kızartma öncesinde çok düşük seviyelerde saptanmıştır. Kızartma sonrasında ise soya yağında en yüksek, yarfıstığı yağında ise en düşük seviyede PAH içeriği tespit edilmiştir. Ayrıca, derin yağda kızartma işleminde, kızartma süresi arttıkça PAH oluşumunun arttığı da tespit edilmiştir.

3.4. Gıdalarda Trans Yağ Asidi Düzeyi

TYA'lar gıdaların işlenmesi sırasında, kısmi hidrojenasyonda ve ısıtma işlemi sırasında yapay olarak oluşabilmektedir. Doğada ise memelilerin yağlarında eser miktarda da olsa trans ve konjuge yağ asitleri bulunmaktadır (Kıralan ve diğ., 2005). Çeşitli gıdalardaki TYA miktarı Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Çeşitli gıda gruplarındaki trans yağ asidi miktarı

Gıda Grubu	Total Trans Yağ Asidi (%)
Beyaz ekmek	0.1
Gofret	26.6
Mısır cipsi	0.7
Kraker	2.1
Kakaolu kek	4.6
Meyveli kek	15.4
Müsli	27.0
Yulaflı bisküvi	20.3

Kaynak: Dağlıoğlu, O., Taşan, M., ve Tunçel, B. (2002). Determination of Fatty Acid Composition and Total Trans Fatty Acids in Cereal-Based Turkish Foods. *Turkish Journal of Chemistry*, 26(5), 705–710.

Yılmaz ve ark. (2000), margarin kullanan ve kullanmayan insanların kanlarındaki TYA oranını araştırmıştır. Seksen kişi üzerinde yapılan denemede 6 adet yumuşak (TYA: %5.65) ve 6 adet sert (TYA: %17.2) margarin kullanmıştır. Kandaki toplam yağda TYA oranı sert margarin tüketenlerde %12.4, yumuşak margarin tüketenlerde %5.28, margarin tüketmeyenlerde ise %10.7 bulunmuştur.

Türkiye'deki tahıl bazlı gıdaları incelemiş, bulgur dışındaki gıdalarda % 0.1-31 arasında değişen trans yağ asidi tespit edilmiştir (Dağlıoğlu ve ark. (2002)). En yüksek TYA miktarı gofrette bulunurken beyaz ekmek ve mısır cipsinin de eser miktarda TYA içerdiği saptanmıştır. TYA'nın sağlık açısından riskli olduğu göz önüne alınarak tahıl bazlı gıdaların tüketimine dikkat edilmesi önerilmiştir.

Sausenthaler ve ark. (2006), Almanya'daki 2 yaş ve altı çocuklarda görülen egzama ve alerjik hastalıkların margarin ve tereyağı ile olan ilişkisini incelemek için bir araştırma yapmıştır. Margarin tüketen çocuklarda hastalık semptomları

gözlemlenirken, tereyağı tüketenlerde herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Bu alerjik reaksiyonlara trans yağ asitlerinin yol açabileceği belirtilmiştir.

Zock (2006), trans yağ asitleri ile kalp ve damar hastalıkları arasındaki ilişkiyi incelemek için yaptığı çalışmada, doymamış yağ asidi içerikli gıdalar kullanarak, enerji miktarı eşit olacak şekilde bir diyet hazırlamıştır. Diyetteki trans yağ asidi miktarı azaltıldığında insülin duyarlılığının iyileştiği ve tip 2 diyabet riskinin azaldığını tespit etmiştir.

Remig ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada trans yağ asitlerinin kardiyovasküler hastalıklara neden olduğunu ve gıdalarla günlük alınan %2'lik trans yağın, kardiyovasküler hastalığa yakalanma riskini %23 oranında artırdığını tespit etmiştir.

Demir (2011), yaptığı çalışmada bisküvi, kek, margarin ve cipsi TYA oranı açısından incelemiş ve bunların yağında sırasıyla %0.11-0.46, %0.17-0.92, %0.19-0.79, %0.26-1.21 TYA tespit etmiştir. Bu tür hazır gıdaların aşırı alımı sonucu yetersiz ve dengesiz beslenmenin obezite gibi hastalıklara yol açacağını özellikle endüstriyel uygulamalar ile oluşan trans yağ asitlerinin de yüksek düzeylerde koroner kalp hastalıklarına neden olacağını belirtmiştir.

3.5. Gıdalarda Epoksi Yağ Asidi Düzeyi

Epoksi yağ asitleri, lipid oksidasyonu sırasında oluşan ikincil lipid oksidasyonu ürünleri arasındadır. Uzun zincirli yapıya sahip olan EYA'lar yağlı tohumlarda ve kütinlerde doğal olarak bulunmakta veya depolama ve yağ rafinasyonu sırasında hidroperoksitlerden oluşmaktadır. EYA'larda bulunan oksiran halkası uygun koşullar oluşması halinde proteinler ve DNA ile reaksiyona girerek toksik etki oluşmasına neden olmaktadır. Sağlık riski hakkında alakalı güçlü bir kanıt olmasa da bazı kanser türlerine yol açabilecekleri öne sürülmektedir (Mubiru ve diğ., 2017). Çeşitli gıdalardaki EYA miktarı Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Çeşitli gıdalardaki epoksi yağ asidi düzeyi

Gıda Grubu	Epoksi Yağ Asidi Düzeyi (µg/g)
Bisküvi	73.81
Mayonez	49.16
Yer Fıstığı	74.31
Tereyağı	115.34
Pişmiş Jambon	3.24
Kıyma	5.58
Ceviz	48.88

Kaynak: Mubiru, E., Shrestha, K., Papastergiadis, A., ve De Meulenaer, B. (2014). Development and Validation of a Gas Chromatography-Flame Ionization Detection Method for the Determination of Epoxy Fatty Acids in Food Matrices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(13), 2982–2988.

Demirci (2015), epoksi yağ asitlerinin fotooksidasyon sonucu oluşmaları hakkında daha fazla bilgi edinmek için üç farklı yağ türünün (keten tohumu, ayçiçek ve zeytinyağı) klorofil varlığındaki fotooksidasyonunu incelemiştir. Yağların hepsi sıyırma işleminden geçirilerek bir kısmı 2:1 oranında sıyırma işlemi yapılmamış rafine zeytinyağı ile karıştırılmış, diğer kısım ise kontrol grubu olarak 2:1 oranında sıyırma işleminden geçirilmiş rafine zeytinyağı ile karıştırılarak oksidasyon derecesinin karşılaştırılmasını amaçlamıştır. Rafine zeytinyağı klorofil kaynağı olarak kullanılmış, klorofil içermeyen sıyırma işleminden geçirilmiş zeytinyağı örneklerinin oksidasyon seviyelerinin karşılaştırılması için kontrol grubunda kullanmıştır. Toplam 56 günlük inkübasyon sonunda, klorofil içermeyen keten tohumu yağı örneklerindeki toplam epoksi yağ asidi miktarı (10866.28 µg/g), klorofil içeren keten tohumu yağı örneklerindeki (6200.16 µg/g) yaklaşık iki katı bulunmuştur. Ayrıca, klorofil içeren keten tohumu yağı örneklerinin başlangıç epoksi yağ asidi miktarının en fazla olduğu tespit edilmiştir. Klorofil içeren keten tohumu, ayçiçek ve zeytinyağının epoksi yağ asidi miktarları sırasıyla 82.42, 62.97 ve 61.77 µg/g olarak bulmuştur. Klorofilin fotosensitizer etkisinden dolayı sıyırma işleminden geçirilmemiş zeytinyağı içeren keten tohumu yağı örneklerinin daha yüksek miktarda epoksi oluşumu göstermesi beklenirken klorofil içermeyen keten tohumu yağı örneklerindeki toplam epoksi miktarını daha yüksek bulmuştur. Klorofil içermeyen keten tohumu yağı örneklerinin daha fazla miktarda epoksi oluşumu göstermesinin,

sıyırma işlemleri sırasında bazı antioksidan maddelerin de ayrılmış olmasından kaynaklandığını düşünmüştür.

Brühl ve ark. (2016), kullanılmış kızartma yağlarında ve bazı gıdalardaki monoepoksi yağ asitlerinin oluşumunu araştırmıştır. Epoksi yağ asitleri, kullanılmış kızartma yağlarında ortalama 3,7 g/kg, çikolatada ise 2 g/kg olarak tespit etmiştir. Ayrıca, kabak çekirdeği, badem, yer fıstığı, ayçiçek ve zeytinyağlarında sırasıyla ortalama 3.4 g/kg, 1.7 g/kg, 1.4 g/kg, 1.0 g/kg ve 0.2 g/kg seviyelerinde bulunmuştur. Ayrıca, 16 saat boyunca 175 °C'da ısıtılan ayçiçek, kolza, soya ve keten tohumu yağı için epoksi yağ asidi miktarı sırasıyla 30 g/kg, 18.8 g/kg ve 4.6 g/kg olarak tespit etmişlerdir.

Mubiru ve ark. (2017), Belçika'daki gıdalarda bulunan EYA miktarını tespit etmek için 17 gıda kategorisini analiz etmiştir. Bulduğu verileri de Belçika Ulusal Gıda Tüketim Anketi'nden elde ettiği tüketim verileriyle kıyaslayarak günlük maruziyet seviyesini değerlendirmiştir. Ayrıca, toksikolojik endişe eşiğiyle bir değerlendirme gerçekleştirmiştir. Anket sonucunda 17 gıda içerisinde en çok EYA alımının mayonez, margarin ve tüketime hazır gıdalardan alındığını gözlemlemiştir. Toksikolojik endişe eşiği verilerine dayanarak, peynir, atıştırmalık yiyecekler, bitkisel yağlar, patates kızartması, kuruyemiş, cips, işlenmiş çiğ et, kurabiye, somon ve domuz pastırması tüketiminin insan sağlığı için bir risk oluşturduğunu tespit etmiştir.

Khor ve ark. (2019), yaptıkları bir çalışmada palm yağı 160, 170 ve 180°C'da ısıtıldığında keto, hidroksi ve epoksi yağ asidinin oluştuğunu gözlemlemiştir. Ayrıca, 180°C'da 24 saat ısıtılan palm yağında epoksi yağ asidi oluşumunun en fazla olduğunu ve 7,4 g/kg'a çıktığını gözlemlemiştir. Avrupa için kabul edilebilir değer olan 7 g/kg limitini aştığını ve sağlık için risk oluşturduğunu vurgulamıştır.

3.6. Gıdalarda 3-MCPD Düzeyi

3-MCPD ve glisidil esterleri gıdaların işlenmesi sırasında açığa çıkan gıda bulaşanları olup, gıdanın kalitesini etkilemesinin dışında sağlık için de olumsuz etkilere yol açmaktadır. Bu bileşiklerin oluşumu için klor iyonlarının varlığı ile yüksek sıcaklık uygulanması (>200°C) gerekmektedir. Ekmek, bisküvi, kraker gibi

tahıl ürünleri, salam, jambon gibi işlenmiş et ürünlerinin üretimi bu bileşiklerin oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Ayrıca, rafine bitkisel yağlarda bulunan en yüksek gıda bulaşanlarıdır (Yıldırım ve Yorulmaz, 2017). Farklı gıdalardaki MCPD seviyeleri tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Çeşitli gıdalardaki 3-MCPD düzeyleri

Gıda Grubu	3-MCPD Düzeyi (mg/kg)
Salam	< 0.010-0.069
Bulyon	< 0.005
Çay	< 0.010-0.016
Patates kızartması	0.100-0.258
Kürlenmiş balık	< 0.010-0.081
Çorba ve soslar	< 0.010
Patates cipsi	0.229-1.000
Margarin	0.164-0.441
Tahıl ürünleri	< 0.010-0.134

Kaynak: Yıldırım, A., ve Yorulmaz, A. (2017). Gıdalarda Bulunan 3-Monokloropropan-1,2-diol ve Glisidil Esterlerinin Analiz Yöntemleri, Azaltılmalarına Yönelik Çalışmalar ve Sağlık Üzerine Etkilerine İlişkin Güncel Gelişmeler. *Türk Tarım-Gıda ve Teknoloji Dergisi*, 5(12), 1497–1507.

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre gıdalarda izin verilen 3-MCPD miktarı hidrolize bitkisel proteinler ve soya sosu için 20 µg/kg olarak bildirilmiştir (Anonim, 2011).

Zelinková ve ark. (2009), yaptığı çalışmada patates kızartması ve patates cipslerindeki 3-MCPD esterlerinin oluşumunu incelemiştir. Patateste kızartma işlemi öncesi 27-64 µg/kg, kızartma sonrası 100-258 µg/kg, patates cipsinde ise 229-1008 µg/kg 3-MCPD tespit etmiştir. Ayrıca, kızartma için kullanılan palm yağını da incelemiş ve 654-1920 µg/kg arasında 3-MCPD saptamıştır. Bu ürünlerde işleme tekniğinin sonucu olarak 3-MCPD esterlerinin oluştuğunu ve özellikle kızartma yağının, patatesin kızartılmasındaki bulaşanların oluşmasındaki ana kaynak olduğunu bildirmiştir.

Önal (2016), yaptığı çalışmada Türkiye'de piyasada bulunan patates cipslerindeki 3-MCPD miktarını incelemiştir. Patates cipsleri %30-34 civarında yağ içerdiğinden, yağda bulunan proses bulaşanlarının düzeyinin risk oluşturduğunu ve cips üretim işleminin 3-MCPD ve glisidil esterlerinin oluşumuna yol açtığını belirtmiştir.

Aydın (2019), yaptığı çalışmada ham yağ elde aşamalarından biri olan kavurma işleminde olan farklı sıcaklık ve süre koşullarının, fındık yağında 3-MCPD ve glisidil ester oluşumuna, oksidatif stabiliteye, yağ asidi bileşimine ve serbest yağ asidi içeriğine etkisini incelemiştir. Fındık örneklerine iki farklı kavurma işlemi uygulamış, ilk yöntemde fındık boyutlarını küçülttükten sonra farklı sıcaklık (80-160°C) ve sürelerde (15, 30, 45, 60 dakika) fırında kavurmuştur. İkinci yöntemde ise boyutlarını küçülttükten sonra fındıkları farklı güç (350, 460, 600 watt) ve sürelerde (3, 5, 7 dakika) kavurma işlemi uygulamıştır. Fırında kavurma işlemi ile yağlarda trans yağ asidi oluşmamış, yüksek sıcaklık ve uzun süre (160 °C ve 60 dakika) kavurma işleminde yağda 3-MCPD ester seviyesi az da olsa artmıştır, glisidil oluşumu gözlenmemiştir. Mikrodalga ile kavurma işleminde ise yağlarda trans yağ asidi oluşmamış, ayrıca 3-MCPD ve glisidil de oluşmamıştır.

Şirinyıldız ve ark. (2019), Türkiye piyasasında satılan bitkisel yağlar (fındık yağı, ayçiçek yağı, kanola yağı ve mısır yağı) ve margarinlerdeki 3-MCPD esterlerinin miktarını araştırmak için marketlerden alınan toplam 27 tane margarin ve bitkisel yağı incelemiştir. Çalışmanın sonucuna göre bitkisel yağlar arasında en yüksek 3-MCPD miktarı (2.49 mg/kg) mısır yağında tespit edilmiştir. Diğer yağlarda ise kanola yağı (0.95 mg/kg), ayçiçek yağı (0.79 mg/kg) ve fındık yağı (0.45 mg/kg) olarak gözlemlenmiştir. Analiz edilen örneklerin içerisinde en fazla 3-MCPD ester miktarı ise margarinlerde (4.54 mg/kg) saptanmıştır.

Adam ve ark. (2020), Sudan'da yaptıkları bir çalışmada modern fırınlardaki ekmeklerde MCPD'nin tespit edilmesini amaçlamışlardır. Farklı eyaletlerden 25 farklı ekmek örneği (13 tane yuvarlak, 12 tane uzun ekmek) toplamış, nem ve yağ içerikleriyle birlikte yetişkinler ve çocuklar için günlük MCPD maruziyetini hesaplamışlardır. Yuvarlak ekmek örneklerindeki nem içeriği %31,7-35,7 ve yağ içeriği %0,7955-0,9894, uzun ekmekte ise nem içeriği %28,2-33,6 olarak, yağ içeriği ise 0,7684-1,005 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, 3-MCPD değerleri ise yuvarlak ekmekte 0,15493-1,05873 ppm, uzun ekmekte ise 0,11334-0,59644 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu düzey, Avrupa Gıda Standardizasyonu Komitesi'nin önerdiği değerden daha düşük olduğundan yetişkinler ve çocuklar için bu tür ekmek tüketiminin 3-MCPD varlığı açısından herhangi bir sağlık riski oluşturmadığını bildirmişlerdir.

3.7. Gıdalarda Biyojen Amin Düzeyi

Gıdalardaki BA'lar fizyolojik ve toksikolojik etkileri nedeniyle potansiyel bir halk sağlığı sorunu oluşturmaktadır. Son yıllarda özellikle balıktaki histaminlerle ilişkili olarak, gıdalardaki BA'larla ilişkili gıda zehirlenmesi vakalarında önemli bir artış olmuştur. BA'lar çok çeşitli gıdalarda (balık, peynir, et, şarap, bira, sebze) değişen konsantrasyonlarda bulunmakta ve BA oluşumu, gıdanın işlenmesi ve korunması sırasındaki proseslerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, BA'lar ısıya dayanıklıdır (Ruiz-Capillas ve Herrero, 2019). Çeşitli gıdalarda bulunan BA'lar Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7. Çeşitli gıdalardaki biyojen amin miktarı (mg/kg)

Ürün Grubu	Histamin	Tiramin	Kadaverin	Putresin	Triptamin	Spermidin	Spermin
Çiğ domuz eti	4.7	-	13.3	7.8	-	7.0	67.1
Pişmiş domuz eti	-	1.3	-	2.3	-	-	31.3
Pişmiş dana eti	-	24.7	-	4.7	-	-	28.4
Kurutulmuş sosis	<1-200	3-320	<1-790	<1.850	<10-91	<1-14	19-48
Fermente sosis	-	0.9	-	2.6	-	-	9.6
Salam	-	-	-	-	17	-	-
Hindi eti	-	-	-	-	7.5	-	-
Lahana turşusu	56	89	-	-	-	6.4	-
Mantar	-	-	-	-	-	59	-
Mantar (konserve)	-	-	-	-	-	47	-
Bezelye (donmuş)	-	-	-	-	-	9.3	-
Kuşkonmaz	-	-	-	-	-	11.3	-
Kuşkonmaz (konserve)	-	-	-	-	-	77	-

Kaynak: Alper, N., ve Temiz, A. (2001). Gıdalardaki Biyojen Aminler ve Önemi. *Türk Hij Den Biyol Derg*, 58(2), 71–80; Jairath, G., Singh, P. K., Dabur, R. S., Rani, M., ve Chaudhari, M. (2015). Biogenic amines in meat and meat products and its public health significance: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 6835–6846.

El-Sayed (1996), yaptığı çalışmada Mısır'daki fermente peynirlerde biyojen amin varlığını araştırmıştır. Fermente peynir örneklerinin %70'inde ortalama 58.7 mg/kg düzeyinde tiramin, 21.1 mg/kg putresin ve 41 mg/kg kadaverin tespit etmiştir. Ayrıca, örneklerin %30'unda da polamin ve spermin tespit etmiştir. Analiz ettiği

fermente peynir örneklerinin hiçbirinde histamin, triptamin ve spermidin tespit etmemiştir.

Özdekan (2009), Türkiye’de üretilen çeşitli gıdalardaki biyojen aminin belirlenmesini için bir araştırma gerçekleştirmiştir. Ortalama toplam biyojen amin düzeyi şalgam suyu örneklerinde 72.7 mg/L, tarhana örneklerinde 245 mg/kg, kefir örneklerinde 10.9 mg/L olarak tespit etmiştir. Ayrıca, şalgam suyunda en fazla bulunan biyojen amin putresin, tarhana ve kefir örneklerinde ise tiramin olarak belirlemiştir.

Patsias ve ark. (2006), MAP tekniğini kullanarak pişirilmiş tavuk etinde biyojen amin oluşum miktarını araştırmıştır. MAP (%30 CO₂, %70 N₂) ile 4 °C’da 23 güne kadar önceden pişirilmiş tavuk etini, normal depolama ile karşılaştırmış ve MAP yöntemi ile gıdada oluşan putresin ve tiramin adlı biyojen amin miktarlarının önemli bir ölçüde azaldığını tespit etmiştir.

4. GIDALARDA PORSES BULAŞANLARININ AZALTILMA YOLLARI

Günümüzde artan sağlıklı beslenme trendiyle birlikte insanlar gıda güvenliğine daha çok önem vermeye başlamıştır. Özellikle obezite ve kalp-damar hastalıkları gibi beslenme ile ilişkili hastalıkların artması nedeniyle her gün tüketilen gıdalardaki sağlığa zararlı etkileri bilinen bileşiklerin tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır. Tüketicilerin sağlıklı ve güvenli gıda konusunda bilinçlenmesi, gıdalardaki sağlığa zararlı olabilen bileşiklerin tespit edilmesi konusunda yapılan çalışmaların da artmasını sağlamıştır. Bu olumsuz bileşiklerden başlıcaları; HMF, akrilamid, PAH, trans yağ asidi, epoksi yağ asidi, 3-MCPD ve biyojen aminlerdir.

Bunlara genel olarak “proses bulaşanı” denilmektedir. Bunun nedeni, gıdalara uygulanan muhafaza ve pişirme amaçlı prosesler sırasında oluşmaları ve insan sağlığına zararlı olmalarıdır. Bu bileşiklerin kimyasal yapıları, gıdalarda oluşma koşulları, farklı gıdalardaki düzeyleri ve sağlık üzerine etkileri bundan önceki bölümlerde açıklanmıştır. Araştırma bulguları bazı gıda gruplarında fazla miktarda proses bulaşanı bulunabileceğini ve gıdanın tüketim miktarına göre günlük alımın endişe eşiğini aşabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, bunların gıdalardaki miktarının azaltılması gıda güvenliğinin sağlanması açısından önemli bir hedef olmalıdır. Bu hedefe ulaşmayı sağlayacak olan başlıca öneriler, bulaşan ve gıda grubu bazında olmak üzere aşağıda tanımlanmıştır. Bu önerilerin yaşama geçirilmesi öncelikle gıda sanayi ve gastronomi sektörünün görevi olmalıdır.

(1) Hidroksimetilfurfural (HMF), Maillard reaksiyonu sırasında ortaya çıkan bir ara bileşiktir. Isıl işlem uygulanan gıdalarda yüksek miktarlarda bulunmakta ve insan sağlığı için zararlı etkileri bulunduğundan tüketimi için bir sınırlandırılma getirilmesi gerekmektedir. HMF, sindirim sisteminde kolayca absorbe edilmektedir ve kükürtlü amino asit varlığında organizmada ve sülfoksi-metilfurfurala (SMF) dönüşmektedir (Monien ve diğ., 2009). SMF, genotoksik ve mutajenik etkili, DNA

hasarına yol açan bir maddedir (JECFA, 1996). Hedef organların böbrek ve karaciğer olduğu belirtilmektedir (Bakhiya ve diğ., 2009). JECFA (1996)'ya göre HMF için endişe eşiği kişi başına günde 540 µg'dır. EFSA (2005) tarafından tahmin edilen alım düzeyi ise kişi başına günde 1600 µg'dır.

Ülkemizde, özellikle pekmez, reçel ve bal gibi gıdalarda fazla miktarda HMF oluştuğu görülmektedir (Tablo 3.1). Azaltılması için hem geleneksel yöntemler iyileştirilebilir hem de alternatif yöntemler uygulanabilir. Pekmez ve reçel için alternatif yöntem koyulaştırmanın vakumlu evaporatörlerde yapılmasıdır. Evaporasyon sıcaklığı, uygulanan vakuma bağlı olarak daha düşük olduğu (50-70°C) için HMF oluşumu azalacaktır. Ancak bunun ev ve köy koşullarında uygulanabilirliği kısıtlıdır. O nedenle geleneksel koyulaştırma yönteminin iyileştirilmesi için de çaba harcanmalıdır. Ekşi (2017b)'nin vurguladığı gibi bu amaçla; üzüm suyu (şıra) daha küçük miktarlarda kaynatılmalıdır, kaynatma kabı yayvan olmalıdır, kaynatmaya ara verilmemeli ve kaynatma sırasında yeni şıra eklenmemelidir, kaynatma boyunca sık sık karıştırılmalıdır, aşırı koyulaştırmaktan kaçınılmalıdır, biraz soğuyunca hemen kavanozlara doldurulmalı ve mümkünse taşırılmalı su ile soğutulmalıdır, serin bir ortamda depolanmalıdır.

(2) Akrilamid, indirgen şeker ve amino asit (özellikle asparajin) içeren gıdalarda ısıtma işlemi sırasında oluşan bir bileşiktir. Gıdada 120°C de oluşmaya başlamakta ve 170-180°C de maksimuma ulaşmaktadır (Ekşi, 2018). Dolayısı ile en riskli işlemler fırınlama ve yağda kızartmadır. Fazla miktarda arjinin içerdiği için özellikle patates kızartması (300- 3600 µg/kg) ve patates cipsinde (600- 2000 µg/kg) saptanan akrilamid miktarları oldukça yüksektir. Bunun gibi patlamış mısır (365-715 µg/kg), Türk kahvesi(200-336 µg/kg) ve kavrulmuş bademde(207- 300 µg/kg) de fazla miktarda akrilamid bulunmaktadır (Tablo 3.2). Akrilamid hem nörotoksik hem de kanserojen bir maddedir. EFSA tarafından belirlenen alt güvenlik limiti (BMDL₁₀) vücut ağırlığı üzerinden tümör oluşumu için 0.17 mg/kg, nörotoksik etki için ise 0.43 mg/kg'dır. Buna göre gıda ile alınan akrilamid miktarının sağlık endişesi düzeyine yakın olduğu belirtilmektedir (EFSA, 2015).

Gıdalarda akrilamid oluşumunu azaltmak için proses koşullarını değiştirilmesi ve bu kapsamda nem ve pH değerini düşürülmesi, uygulanan sıcaklığın azaltılması ve işlem süresinin kısaltılması önerilmektedir. Bir diğer öneri ise gıdalara pişirme öncesi uygulanan ön prosesler ile akrilamidin oluşumunu

azaltmaktır. Ön proses olarak, kullanılan gıdayı haşlama ve suda bekletme akrilamid düzeyini önemli bir miktarda düşürmektedir. Haşlama prosesinde, gıdanın yüzeyindeki nişasta jelatinize olduğu için yağ absorpsiyonu azalmaktadır. Ayrıca, asparajinin gıdadan ayrılmasını da sağlamaktadır. Bu sayede gıdadaki akrilamid oluşumu azalmaktadır. Soğuk suda bekletme ise haşlama kadar etkili olmamaktadır. Haşlama sırasında, sıcaklık hücre zarlarının geçirgenliğini artırarak akrilamidin öncü maddelerinin ekstrakte olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, yüksek hidrostatik basınç ve mikrodalga gibi geleneksel olmayan pişirme yöntemleri önemli bir düzeyde azalma sağlanmaktadır.

(3) Polisiklik-aromatik hidrokarbon (PAH)'lar, hem çevresel hem de gıdanın pişirilmesi sırasında oluşabilmektedir. Çevresel olarak odun, kömür, petrol gibi karbon içeren malzemelerin eksik yanması sonucu ve sigara dumanından oluşabilmektedir. Ayrıca, gıdaların tütsülenmesi ve kömürde pişirilmesi de PAH oluşmasına yol açmaktadır. Gıdaya uygulanan pişirme yöntemine, uygulanan sıcaklığa ve süresine bağlı olarak oluşum miktarı değişmekte ve yağ miktarına göre de artmaktadır. Genellikle et, balık ve tavuk ürünlerinin kızartılması, tütsülenmesi ve ızgara edilmesi ile oluşmaktadır (Tablo 3.3).

PAH grubundaki bileşiklerin genotoksik, mutajenik ve karsinojenik olduğu bilinmektedir. Gıda ile PAH alımını en az seviyelere indirmek için özellikle kömür veya ateş kullanılarak pişirilmesinin yerine haşlama ve buharda pişirme yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir.

(4) Trans yağ asitleri (TYA), bitkisel yağların hidrojenasyon, deodorizasyon, rafinasyon ve bunun yanı sıra kızartma gibi ısıl işlemlerde ortaya çıkabildikleri gibi geniş getiren hayvan etindeki ve sütündeki yağlarda da doğal olarak bulunmaktadır. Günümüzde trans yağ içermeyen gıda bulmak oldukça zorlaşmıştır. Özellikle tüketime hazır ve ambalajlı gıdaların birçoğunda trans yağ asidi bulunmaktadır. Bunların başlıca örnekleri; margarinler, fastfood tarzı kızartılarak hazırlanan gıdalar, kek, cips, kurabiye ve mayonezdır (Tablo 3.4).

TYA tüketimi ile kardiyovasküler hastalıklar arasında bir ilişki bulunduğu için gerek WHO gerekse FAO gıdalardaki trans yağ asidi alımının azaltılmasını tavsiye etmektedir. Gıdalardaki trans yağ asidi miktarını azaltılması margarin için uygulanan hidrojenasyon yönteminin değiştirilmesinden ve gıda işleme ve yemek pişirmede yüksek sıcaklıklardan kaçınılması gerekmektedir.

Tüketicilerin fazla trans yağ tüketiminden korunması için ise margarinlerin etiketinde trans yağ asidi miktarı deklare edilmelidir ve tüketiciler satın almadan önce gıda etiketini incelemelidir. Mutfakta margarin gibi yağların kullanılması gerektiğinde yumuşak margarin tipleri tercih edilmelidir. Kızartılmış yiyeceklerde trans yağ miktarı çok yüksektir. Bu nedenle, kızartma yerine buharda veya fırında pişirilmiş gıdalar tercih edilmeli ve pişirme sırasında ekstra yağ eklenmemelidir. Ayrıca, süt ve süt ürünleri tüketimi sırasında da az yağlı veya yağsız olanlar tercih edilmesi trans yağ asidinden korunma açısından büyük önem taşımaktadır.

(5) Epoksi yağ asitleri (EYA), yağlarda gerçekleşen ikincil oksidasyon sırasında oluşan bileşiklerdir. Doymamış yağlar; oksijen ışık ve sıcaklık gibi faktörlerin etkisi ile oksidasyona uğramaktadır. Bu reaksiyon sonucunda oluşan bileşikler gıdada tat ve koku değişimine yol açarak gıdanın kalitesini düşürdüğü gibi toksisiteye de neden olabilmektedir. Bu nedenle, bu bulaşanların azaltılması insan sağlığı için büyük önem taşımaktadır.

Epoksi yağ asitleri özellikle yağda kızartma sırasında termal oksidasyon nedeni ile ortaya çıkmaktadır. Kızartma sıcaklığına ve süresine bağlı olarak EYA miktarı artmaktadır. Bu nedenle EYA oluşmasını engellemek için kızartma sıcaklığı 180°C'yi geçmemeli ve kızartma süresi azaltılmalıdır. Ayrıca, her kızartma işleminden sonra yağ süzülmesi, serin bir yerde muhafaza edilmeli, tekrar kullanılacağı zaman ise bir miktar yeni yağ eklenmeli ve maksimum 3-4 kez kullanıldıktan sonra atılmalıdır.

(6) 3-Monokloropropandiol (3-MCPD) ve glisidol esterleri (GE), gıdanın yapısında bulunan klor miktarı ile uygulanan ısıl işlemin sıcaklığına ve süresine bağlı olarak oluşmaktadır. Başta palm yağı olmak üzere bitkisel yağların rafinasyonu sırasındaki yüksek sıcaklık nedeni ile ortaya çıkmaktadır. Patates kızartması, kurabiye, kek, çikolata gibi bu yağların kullanıldığı gıdalarda az veya çok rastlanmaktadır. MCPD ve GE, sindirim sistemindeki lipaz enzimi tarafından parçalanarak serbest hale geçmekte ve insan sağlığı üzerine zararlı etki yapmaktadır. Nörotoksik etkili olan 3-MCPD'nin tolere edilebilen günlük alımı 2 µg/kg'dır. EFSA tarafından yapılan değerlendirme çocuk gıdaları ile alınan miktarın bu limiti aştığını göstermektedir (Ekşi, 2018).

Gıdalarda 3-MCPD miktarının azaltılması oldukça zordur. Bu amaçla; farklı alternatifler tartışılmaktadır ve bunların çoğu palm yağına ilişkindir. Bunlardan

birincisi işlem öncesi palm meyvesinin su veya %75'lik alkol ile yıkanmasıdır. Böylece klor iyonu ve digliserit miktarı azaltılmaktadır. İkinci alternatif, deodorizasyon için uygulanan buhar distilasyonunda su yerine formik asitli sıvı kullanılmasıdır. Üçüncü alternatif ise oluşan MCPD türevlerinin palm yağından zeolit ve magnezyum silikat gibi adsorbanlarla uzaklaştırılmasıdır (Turan ve diğ., 2017). Tüketicini yapması gereken ise palm yağı içeren gıdalardan kaçınmasıdır.

(7) Biyojen amin oluşumu öncelikle mikroorganizma faaliyetine bağlıdır. Bunun için de gıdanın bileşiminin (pH değeri, a_w değeri, protein içeriği vb.) ve bulunduğu ortamın (sıcaklık, bağıl nem vb.) elverişli olması gereklidir. Farklı gıdalarda çok sayıda biyojen amin oluşumu söz konusu olmakla birlikte daha çok histamin ve tiramin zehirlenmelerine rastlanılmasıdır (Özdestan ve Üren, 2012). Gıdalardan ise daha çok balık ve diğer deniz canlıları günceldir. Gerçekte canlı balıkta histamin yoktur. Ancak ölüm sonrası balık dokusundaki histidin amino asidi *Morganella morganii* gibi bakteriler tarafından histamine dönüştürülmektedir. Balıkta bozulma belirtisi histamin miktarı 100 mg/kg'a çıktığında başlamaktadır. Histamin zehirlenmesi belirtileri ağızda acı tat oluşumu ile başlamakta ve kızartı, kaşıntı, kusma ve ishal ile devam etmektedir. Tansiyon düşüklüğü ve solunum güçlüğü de yaşanabilmektedir.

Taze balık ve taze ette biyojen amin oluşmasının önlenmesi için depolama sıcaklığının 5°C'nin altında olması gereklidir. Gıdalarda genel olarak biyojen amin oluşmasından kaçınılması için ise modifiye atmosfer ambalajlama, yüksek hidrostatik basınç, ışınlama ve kimyasal koruyucu madde önerilmektedir.

Sonuç olarak; gıdalarda özellikle ısı işlem sıcaklığı ve süresine bağlı olarak çok sayıda proses bulaşanı oluştuğu ve bunların gıdalardaki miktarının zararlı düzeylere ulaşabildiği görülmektedir. Bu nedenle gıdalardaki proses bulaşanlarının azaltılması için FAO, WHO ve EFSA gibi uluslararası kuruluşlar çaba göstermektedir. Genel olarak yapılması gereken ısı işlem koşullarının modifiye edilmesi ve ısı işlem yerine alternatif yöntemlerin uygulanmasıdır. Ancak bu uzun vadeli bir çözümdür. Bu nedenle öncelik uygulanan yöntemlerin geliştirilmesine verilmelidir. Bu amaçla her gıda için proses akışının bulaşan oluşumu açısından irdelenmesi ve konu hakkında gıda sanayinin, gastronomi sektörünün, ev kadınlarının eğitilmesi ve bilgilendirilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

- ABB, I. (2018, Şubat 10). *Recording and Control C1900 in pasteurization processes*. ABB.
https://library.e.abb.com/public/81ad901d59844fd3ba52a1ac77bcf3b6/TD_RandC_019-EN_A.pdf
- Adam, E. I. B., Idris, Y. M. A., ve Mariod, A. A. (2020). Revelation and Determination of 3-Monochloropropane-1,2-Diol (3-MCPD) in Bread from Modern Bakeries in Khartoum State, Sudan. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, 4(2), 70–81.
- Akakçe, N., ve Çam, F. (2019). Bir Gıda Koruma Yöntemi: Işınlama. *Cukurova University, Agriculture Faculty*, 2(34), 207–221.
- Akyol, V., Kundakçı, A., ve Ergönül, B. (2015). Gıdalarda Biyojen Aminler. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 294–305.
- Alper, N., ve Temiz, A. (2001). Gıdalardaki Biyojen Aminler ve Önemi. *Türk Hijyen Biyoloji Dergisi*, 58(2), 71–80.
- Alver, E., Demirci, A., ve Özçimder, M. (2012). Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 45–52.
- Alwazeer, D. (2018). Kuru Gıdaların Rengini Muhafaza Etmeye Yönelik Yeni bir Teknik: İndirgen Atmosferik Kurutma. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(4), 125–131.
- Anonim. (2011). *Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği*, Tebliğ No:28157. Resmi Gazete.
- Anonim. (2017a). *Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği*, Tebliğ No: 29960. Resmi Gazete.
- Anonim.(2017b). *TGK Üzüm Pekmezi Tebliği*, Tebliğ No: 2017/8. Resmi Gazete.
- Anonim. (2019). *Gıda Işınlama Yönetmeliği*, Tebliğ No: 2090. Resmi Gazete.
- Anonim. (2021a, Ocak 24). *Doğrama yöntemleri soslar ve pişirme yöntemleri*. Gastronomi-MutfakSanatları. http://www.gastronomi-mutfaksanatları.com/FileUpload/ks241201/File/5._hafta-_dograma_yontemelri__soslar_ve_pisirme_yontemleri.pdf
- Anonim. (2021b, Mart 2). *Rostolama ve fırında pişirme – Gastrofest*. Gastrofest. <https://www.gastrofests.com/rostolama-ve-firinda-pisirme/>
- Arancıoğlu, İ.Ö. (2020). Gıda Muhafaza Yöntemleri, *Gıda Mühendisliğine Giriş (1.Baskı)* (s.161–175). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

- Arribas-Lorenzo, G., ve Morales, F. J. (2010). Estimation of dietary intake of 5-hydroxymethylfurfural and related substances from coffee to Spanish population. *Food and Chemical Toxicology*, 48(2), 644–649.
- Arusoglu, G. (2015). Akrilamid Oluşumu ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Akademik Gıda*, 13(1), 61–71.
- Ascherio, A., ve Willett, W. C. (1997). Health Effects of Trans Fatty Acids. *Am J Clin Nutr*, 66, 1006-1010.
- Atalay, E. (2020, Ocak 9). *Gıdalarda Akrilamid Oluşumu*. Labakademi. <https://labakademi.com/gidalarda-akrilamid-olusumu/#:~:text=Akrilamid%2C%20g%C4%B1dalarda%20%C4%B1s%C4%B1%20i%C5%9Flem%20s%C4%B1ras%C4%B1nda,toksik%20ve%20kanserojen%20bir%20bile%C5%9Fiktir.>
- Ayaz, A., ve Yurttagül, M. (2008). Besinlerdeki Toksik Öğeler- II (1.Baskı). Ankara: Klasmat Matbaacılık.
- Aydın, E. (2019). *Kavurma Koşullarının Fındık Yağının 3-MCPD Ester İçeriği, Oskidatif Stabilitate ve Yağ Asidi Bileşimine Etkisi* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Babaoğlu, A.S. (2015). *Dana ve Kuzu Kokoreçlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH) Oluşum Düzeyi Üzerine Farklı Hayvansal Yağların Etkisi* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Babür, T. E., ve Gürbüz, Ü. (2015). Geleneksel Pişirme Yöntemlerinin Et Kalitesine Etkileri. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 3/4, 58–64.
- Baer, I., De La Calle, B., Taylor, P. (2010). 3-MCPD in Food Other Than Soy Sauce or Hydrolysed Vegetable Protein (HVP). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 396(1), 443–456.
- Bakhiya, N., Monien, B., Frank, H., Seidal, A., ve Glatt, H. (2009). Renal Organic Anion Transporters OAT1 and OAT3 Mediate The Cellular Accumulation of 5-Sulfoxymethylfurfural, A Reactive, Nephrotoxic Metabolite of the Maillard Product 5-Hydroxymethylfurfural. *Biochemical Pharmacology*, 78(4), 414–419.
- Batu, A., Aydoğmuş, R.E., ve Batu, H.S. (2014). Gıdalarda Hidroksimetilfurfural (HMF) Oluşumu ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(1): 40-55.
- Baysal, T., Rayman, A., ve Bozkır, H. (2013). Kurutulmuş Ürünlerin Ambalajlanması ve Saklanması. *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi - 17/20 Nisan 2013*, 37–41.
- Belitz, H. D., Grosch, W., Schieberle, P. (2009). Food chemistry. *Food Chemistry* (4. Baskı). Berlin: Springer.
- Bhardwaj, S., Passi, S.J., Misra, A. (2011). Overview of Trans Fatty Acids: Biochemistry and Health Effects. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 5(3): 161-164.
- Boyacı, C. P., ve Cengiz, M. F. (2012). Gıdalarda Akrilamid Risk Değerlendirme Çalışmaları. *GIDA*, 37(5), 287–294.

- Brühl, L. (2014). Fatty Acid Alterations in Oils and Fats During Heating and Frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(6), 707–715.
- Brühl, L., Weisshaar, R., ve Matthäus, B. (2016). Epoxy fatty acids in Used Frying Fats and Oils, Edible Oils and Chocolate and Their Formation in Oils During Heating. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(3), 425–434.
- Buckley, T. J., ve Lioy, P. J. (1992). An Examination of the Time Course from Human Dietary Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons to Urinary Elimination of 1-hydroxypyrene. *British Journal of Industrial Medicine*, 49, 113–124.
- Çaklı, Ş., ve Kışla, D. (2003). Su Ürünlerinde Mikrobiyal Kökenli Bozulmalar ve Önleme Yöntemleri. *E.Ü Su Ürünleri Dergisi*, 20(1–2), 239–245.
- Cappato, L. P., Ferreira, M. V. S., Guimaraes, J. T., Portela, J. B., Costa, A. L. R., Freitas, M. Q., Cunha, R. L., Oliveira, C. A. F., Mercali, G. D., Marzack, L. D. F., ve Cruz, A. G. (2017). Ohmic heating in dairy processing: Relevant aspects for safety and quality. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 104–112.
- Cemeroğlu, B. (2019). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 2. Cilt* (8. Baskı). Niğde: Talebe Yayın Dağıtım.
- Cemeroğlu, B., Yemencioğlu, A., ve Özkan, M. (2001). Meyve ve Sebzelelerin Bunlardan Elde Edilen Ürünlerin Başlıca Dayandırılma Yöntemleri. *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi* (s. 189–229). Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları : 24.
- Chemat, F., Zill-E-Huma, ve Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–835.
- Çelik, F.S. (2015). *Akrilamidin HEK293 Hücre Hattında Genotoksik ve Sitotoksik Etkilerinin Araştırılması* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Çetinkaya, N., ve Halkman, H. B. D. (2006). Türkiye’de Gıda İşinlama Teknolojisindeki Gelişmeler ve Yasal Düzenlemeler. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 1, 967–968.
- Dağlıoğlu, O., Taşan, M., ve Tunçel, B. (2002). Determination of Fatty Acid Composition and Total Trans Fatty Acids in Cereal-Based Turkish Foods. *Turkish Journal of Chemistry*, 26(5), 705–710.
- Davies, A. R. (1995). Advances in Modified-Atmosphere Packaging. *New Methods of Food Preservation* (1. Baskı, s.304–305). Boston: Springer.
- DeMan, J. (1980). *Principles of Food Chemistry* (1. Baskı). USA: The Avi Publishing Company.
- Demir, B. (2011). *Trans Yağ Asidi İçermez Beyanı Bulunan Bazı Endüstriyel Gıdaların Yağ Asidi Profilleri* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Demirci, M. (2015). *Formation of Epoxy Fatty Acids During Photooxidation* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

- Demirci, Ş. A., ve Güner, K. G. (2008). Işınlama ve Gıda Güvenliği. *Türkiye 10. Gıda Kongresi, 1*, 227–228.
- Depren, E., Seven, Ü., ve Güçer, Ş. (2008). Isıl İşlem Sırasında Zeytinyağında Meydana Gelen Fiziksel ve Kimyasal Değişimler. *I. Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, 1*, 146–150.
- Doğan, M. (2020). Gıda Mühendisliğinde Temel İşlemler. *Gıda Mühendisliğine Giriş* (1. Baskı, s. 91–97). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- EFSA. (2005). Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) related to Flavouring Group Evaluation 13 (FGE.13); Furfuryl and furan derivatives with and without additional side-chain substituents and heteroatoms from chemical group 14 (Commission Regulation (EC) No 1565/2000 of 18. *EFSA Journal*, 3(7), 1–73.
- EFSA. (2008). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food, Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA Journal*, 724, 1-114.
- EFSA. (2011). Scientific Opinion on Risk Based Control of Biogenic Amine Formation in Fermented Foods. *EFSA Journal*, 9(10).
- EFSA. (2015, Haziran 4). *Acrylamide in Food. EFSA Explains Risk Assessment*. EFSA. http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/corporate_publications/files/acrylamide150604.pdf
- EFSA. (2018). Update of the Risk Assessment on 3-monochloropropane diol and Its Fatty Acid Esters. *EFSA Journal*, 16(1), 1–48.
- Ekşi, A. (1986). Gıdalarda Kimyasal Bileşim Değişimleri ve Kontrolü. In *Bursa I. Uluslararası Gıda Sempozyumu (4-6 Nisan 1986)*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını.
- Ekşi, A. (1988). Gıda Muhafazası İçin Kimyasal Madde Uygulamaları. *Gıda Sanayi*, 1(5), 25–31.
- Ekşi, A. (2017a). Gıda Katkı Maddeleri. *Gıda Katkıları ve Başlıca İşlevleri* (s. 1–18). Ankara: Detay Yayıncılık.
- Ekşi, A. (2017b, Eylül 24). *Yanık Köy Pekmezi ve Mösyö Maillard*. Gıda Bilimi Notları. <https://gidabiliminotlari.com/2017/09/24/yanik-koy-pekmezi-ve-mosyo-maillard/>
- Ekşi, A. (2018, Mart 20). *Yanık gıdalardan uzak durmalı!*. Labmedya. <https://www.labmedya.com/yanik-gidalardan-uzak-durmali>
- Ekşi, A., ve Artık, N. (1986). Meyve Suyunda Hidroksimetilfurfural Miktarı Üzerine Pastörizasyon Sonrası Soğutma İşleminin Etkisi. *Gıda*, 11(3), 139–143.
- Ekşi, A., ve Karadeniz, F. (1996). Dondurulmuş Gıdalarda Kalite Değişimi ve Kontrolü. *Dünya Gıda*, 96, 27–29.
- Ekşi, A. ve Velioğlu, S. (1990). Hidroksimetilfurfural (HMF) Miktarı Açısından Ticari Reçellerin Durumu. *Gıda Sanayi*, 4(16): 30-34.
- El-Sayed, M. M. (1996). Biogenic Amines in Processed Cheese Available in Egypt. *International Dairy Journal*, 6(11–12), 1079–1086.

- Elmnasser, N., Guillou, S., Leroi, F., Orange, N., Bakhrouf, A., ve Federighi, M. (2007). Pulsed-light system as a novel food decontamination technology: A review. In *Canadian Journal of Microbiology* 53(7), 813–821).
- Ercan, S. Ş., ve Soysal, Ç. (2013). Use of Ultrasound in Food Preservation. *Natural Science*, 5(8), 5–13.
- Ercan, S. Ş., Soysal, Ç., ve Bozkurt, H. (2017). Gıdalarda Bulunan Biyojen Aminlerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Adıyaman Üni Sağlık Bilimleri Derg.*, 3(2), 534–550.
- Erdinç, B., ve Acar, J. (1996). Gıda Muhafazasında Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP). *GIDA*, 21(1), 17–21.
- FDA. (2014). Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies -Ultraviolet Light. *Safe Practices for Food Processes*, 2, 1–37.
- Fellows, P. J. (2009). Food processing technology: Principles and practice: Third edition. *Food Processing Technology: Principles and Practice: Third Edition*, 1–913.
- Garden-Robinson, J. (2004). Food Freezing Guide. *North Dakota State University*, 3–36.
- Gebauer, S. K., ve Baer, D. J. (2013). Trans-Fatty Acids: Health Effects, Recommendations, and Regulations. *Encyclopedia of Human Nutrition* (3. Baskı., Vol. 3, s.288–292). Elsevier Inc.
- Ghazouani, T., Atzei, A., Talbi, W., Fenu, M. A., Tuberoso, C., ve Fattouch, S. (2021). Occurrence of Acrylamide, Hydroxymethylfurfural and Furaldehyde as Process Contaminants in Traditional Breakfast Cereals: “Bsissa.” *Food Control*, 124, 107931.
- Gökmen, S., Sayaslan, A., ve Çağlar, A. (2016). Mantıda Farklı Kurutma Yöntemlerinin Hidroksimetil Furfural (HMF) Oluşumu ve Duyusal Kalite Üzerine Etkileri. *Cumhuriyet Science Journal*, 37(3), 176.
- Gölkücü, M., ve Tokgöz, H. (2014). Gıdalarda Akrilamid Oluşum Mekanizması ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Derim*, 22(1), 41–48.
- Goullieux, A., ve Pain, J.-P. (2014). Ohmic Heating, 399-426.
- Grimi, N., Mamouni, F., Lebovka, N., Vorobiev, E., ve Vaxelaire, J. (2011). Impact of apple processing modes on extracted juice quality: Pressing assisted by pulsed electric fields. *Journal of Food Engineering*, 103(1), 52–61.
- Günel, G. T. (2020). *Darbeli Elektrik Alan*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Gümüş, A. B., ve Yardımcı, H. (2019). Pişirme Sonucu Meydana Gelen Mutajenik-Karsinojenik Bileşikler. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 22(2), 136–141.
- Güneş, F. E. (2016). Pişirme Yöntemleri, Oluşan Kimyasal Maddeler ve İmmün Sistem. *Türkiye Klinikleri J Nutr Diet-Special Topics*, 2(2), 106–112.
- Gürlek, G., Akdemir, Ö., ve Güngör, A. (2015). Gıda Kurutulmasında Isı Pompalı Kurutucuların Kullanımı ve Elma Kurutmada Uygulanması. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 21(9), 398–403.

- Güven, G. (2010). *Kumru ve Boyozda Akrilamid Düzeylerinin Belirlenmesi (Yayınlanmış yüksek lisans tezi)*. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Hao, X., Li, J., ve Yao, Z. (2016). Changes in PAHs Levels in Edible Oils During Deep-Frying process. *Food Control*, 66, 233–240.
- Heinz, V., ve Buckow, R. (2009). Food Preservation by High Pressure. *Journal Fur Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit*, 5(1), 73–81.
- IARC. (2002). International Agency for Research on Cancer Iarc Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks To Humans. *IARC Press*, 82, 557.
- İçier, F., ve Sabancı, S. (2013). Kurutma ve İşletmede Hijyen. *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 29–36.
- Indiarto, R., ve Rezaharsanto, B. (2020). A review on ohmic heating and its use in food. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(2), 485–490.
- İşci, Ö. (2013, Mayıs). *Sağlıklı Pişirme Yöntemleri*. İstanbul Sağlık. http://www.istanbulsaglik.gov.tr/w/sb/per/belge/saglikli_pisirme.pdf
- Jairath, G., Singh, P. K., Dabur, R. S., Rani, M., ve Chaudhari, M. (2015). Biogenic amines in meat and meat products and its public health significance: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 6835–6846.
- James, C., Purnell, G., ve James, S. J. (2015). A Review of Novel and Innovative Food Freezing Technologies. *Food and Bioprocess Technology*, 8(8), 1616–1634.
- JECFA. (1996). WHO Food Additives Series:35. *IFCS*. WHO.
- Kaplan, O., Kaya, G., Ozcan, C., Ince, M., ve Yaman, M. (2009). Acrylamide Concentrations in Grilled Foodstuffs of Turkish Kitchen by High Performance Liquid Chromatography-mass Spectrometry. *Microchemical Journal*, 93(2), 173–179.
- Karabacak, A. (2015). *Gıda Bileşenleri Üzerine Isıl Olmayan İşleme Yöntemlerinin Etkileri*. (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Karagöz, A. (2009). Akrilamid ve Gıdalarda Bulunuşu. *TAF Prev Med Bull*, 8(2), 187–192.
- Kavuşan, H. S., ve Serdaroğlu, M. (2019). Bir Isıl İşlem Kontaminantı Akrilamid: Oluşum Mekanizmaları ve Et Ürünlerinde Akrilamid Oluşumunun Azaltılmasına Dair Stratejiler. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(2), 173–185.
- Khan, I., Tango, C. N., Lee, B., ve Oh, D. H. (2016). Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety – A review. *Food Control*, 73, 1–19.
- Khor, Y. P., Shin Hew, K., Abas, F., Lai, O. M., Cheong, L. Z., Nehdi, I. A., Sbihi, H. M., Gewik, M. M., & Tan, C. P. (2019). Oxidation and Polymerization of Triacylglycerols: In-Depth Investigations towards the Impact of Heating Profiles. *Foods*, 8(10), 475.
- Kılıç, Ö., Aykın Dinçer, E., ve Erbaş, M. (2017). Gıdalarda Polisiklik Aromatik

- Hidrokarbon Bileşiklerinin Bulunuşu Ve Sağlık Üzerine Etkileri. *GIDA*, 42(2), 127–135.
- Kılınc, B., ve Çaklı, Ş. (2004). Su Ürünlerinin Modifiye Atmosferde Paketlenmesi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 21(3–4), 349–353.
- Kıralan, M., Yorulmaz, A., ve Ercoşkun, H. (2005). Trans Yağ Asitleri Kaynakları ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi*, 7, 1–7.
- Konak, İ. K., Certel, M., ve Helhel, S. (2009). Gıda Sanayisinde Mikrodalga Uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3), 20–31.
- Kurtkaya, G., ve Binici, A. (2014). Soğukta Depolama Yöntemlerinin Su Ürünleri Kalitesine Etkiler. *Cilt*, 2(2), 5–6.
- Kushawaha, R., Singh, V., Puranik, V., Kaur, S., ve Kaur, D. (2020). Potential Application of Ultrasound in Food Processing. *Indian Food Industry Mag*, 2(5), 50–63.
- Lawrence, J., ve Weber, D. (1984). Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Some Canadian Commercial Fish, Shellfish and Meat Products by Liquid Chromatography with Confirmation by Capillary Gas Chromatography-mass Spectrometry. *J Agric Food Chem*, 32(4), 789–794.
- Lee, B. Q., ve Khor, S. M. (2015). 3-Chloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in Soy Sauce: A Review on the Formation, Reduction, and Detection of This Potential Carcinogen. *Compr Rev Food Sci F*, 14(1), 48–66.
- Maged, E. A. M., ve Ayman, H. A. E. (2012). Pulsed Electric Fields for Food Processing Technology. *Structure and Function of Food Engineering* (s. 279). InTech.
- Mandal, R., Mohammadi, X., Wiktor, A., Singh, A., ve Singh, A. P. (2020). Applications of Pulsed Light Decontamination Technology in Food Processing: An Overview. *Applied Sciences*, 10(3606), 1–40.
- MEB. (2011a). Et Yemekleri. *Aile ve Tüketici Hizmetleri* (s. 10–15). Ankara: MEGEP.
- MEB. (2011b). Gıda Teknolojisi. Ankara: MEGEP.
- Mogol, B. A. (2014). *Mitigation of Thermal Process Contaminants by Alternative Technologies* (Yayınlanmış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Monien, B., Frank, H., Seidal, A., ve Glatt, H. (2009). Conversion of the Common Food Constituent 5-Hydroxymethylfurfural into a Mutagenic and Carcinogenic Sulfuric Acid Ester in the Mouse in Vivo. *Chemical Research in Toxicology*, 22(6), 1123–1128.
- Mubiru, E., Jacxsens, L., Papastergiadis, A., Lachat, C., Shrestha, K., Mozumder, N. H. M. R., ve De Meulenaer, B. (2017). Exposure Assessment of Epoxy Fatty Acids Through Consumption of Specific Foods Available in Belgium. *Food Additives and Contaminants - Part A*, 34(6), 1–12.
- Mubiru, E., Shrestha, K., Papastergiadis, A., ve De Meulenaer, B. (2014). Development and Validation of a Gas Chromatography-Flame Ionization Detection Method for the Determination of Epoxy Fatty Acids in Food

- Matrices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(13), 2982–2988.
- Mujumdar, A. S. (1997). Drying Fundamentals. *Industry Drying of Foods* (1. Baskı, s.7–10). Blackie Academic and Professional.
- Mutlu, A. S. (2018). *Sabit Menü Sunumlarında Farklı Pişirme Yöntemlerine Göre Tabak Artığı Oluşumu* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.
- Naik, L., Sharma, R., ve Gaare, R. (2013). Application of High Pressure Processing Technology for Dairy Food Preservation - Future Perspective: A Review. *Journal of Animal Production Advances*, 3(8), 232–241.
- Nerín, C., Aznar, M., ve Carrizo, D. (2016). Food Contamination During Food Process. *Trends in Food Science and Technology*, 48, 63–68.
- Nizamlıoğlu, N. M., ve Nas, S. (2019). Gıdalarda Akrilamid Oluşum Mekanizmaları, Gıdaların Akrilamid İçeriği ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda*, 17(2), 232–242.
- Nowosad, K., Sujka, M., Pankiewicz, U., ve Kowalski, R. (2021). The application of PEF technology in food processing and human nutrition. *Journal of Food Science and Technology*, 58(2), 397–411.
- OEHHA. (2010). *Evidence on the Carcinogenicity of 3- Monochloropropane-1,2- diol* (s. 1–33). California Environmental Protection Agency.
- Oğuzhan, P. (2013). Yüksek Hidrostatik Basınç Teknolojisinin Gıda Endüstrisinde Kullanımı. *EÜFBED*, 6(2), 205–219.
- Olgunoğlu, I. A., Polat, A., Var, I. (2002). Dondurularak depolanan (-18°C) sudak (Sander lucioperca Bogustkaya & Naseka, 1996) filetolarında Kimyasal ve duyuşsal değişimler. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26(4), 879–884.
- Ölmez, H., Tuncay, F., Özcan, N., ve Demirel, S. (2008). A Survey of Acrylamide Levels in Foods From the Turkish Market. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(7), 564–568.
- Önal, B. (2016). *Patates Cipslerinde 3-MCPD Düzeylerinin Belirlenmesi* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi, İzmir.
- Öner, D. (2018, Ağustos 29). *Bu sembole dikkat!*. Tusoder. <https://www.tusoder.org.tr/bu-sembole-dikkat/>
- Oral, R. (2006). *Bazı Gıdalarda Hidroksimetilfurfural (HMF) İçeriğinin Saptanması, Depolanması Eşnasındaki Değişimi ve Biyolojik Yöntemle Azaltılması*. (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Özdestan, Ö. (2009). *Türkiye 'de Üretilen Bazı Fermente Gıdalarda Biyojen Aminlerin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma* (Yayınlanmış doktora tezi). Ege Üniversitesi, İzmir.
- Özdestan, Ö. (2013). Peynirde Biyojen Aminler. *Analiz* 35, 18, 42–47.
- Özdestan, Ö. ve Üren, A. (2012). Gıdalarda Biyojen Aminlerle İlgili Yasal Düzenlemeler. *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi*, 12, 27-40

- Özer, Ç., ve Tepe, B. (2019). Farklı Pişirme Tekniklerinin Havuç Dilimlerinin Bazı Kimyasal ve Biyoaktif Özellikleri Üzerine Etkisi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 7(4), 2630–2643.
- Özlu, H., ve Atasever, M. (2007). Gıdalara Yüksek Basınç Uygulaması. *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.*, 2(1), 7–27.
- Patsias, A., Chouliara, I., Paleologos, E. K., Savvaidis, I., ve Kontominas, M. G. (2006). Relation of Biogenic Amines to Microbial and Sensory Changes of Precooked Chicken Meat Stored Aerobically and Under Modified Atmosphere Packaging at 4 °C. *European Food Research and Technology*, 223(5), 683–689.
- Peng, J., Tang, J., Barrett, D. M., Sablani, S. S., Anderson, N., ve Powers, J. R. (2017). Thermal pasteurization of ready-to-eat foods and vegetables: Critical factors for process design and effects on quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(14), 2970–2995.
- Pereira, R., ve Vicente, A. (2010). Environmental Impact of Novel Thermal and Non-Thermal Technologies in Food Processing. *Food Research International*, 43, 1936–1943.
- Popescu, P.A., Mitelut, A. C., Popa, E., ve Popa, M. E. (2018). State of The Art on New Processing Techniques Used For Preservation of Agricultural Products- A Critical Review. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, XXII, 113–118.
- Powers, J. R., Cavalieri, R. P., ve Reyes De Corcuera, J. I. (2004). Blanching of Foods. *Encyclopedia of Agricultural, Food and Biological Engineering*, May 2015, 1–5.
- Puligundla, P., Abdullah, S. A., Chol, W., Jun, S., Oh, S., ve Ko, S. (2013). Potentials of Microwave Heating Technology for Select Food Processing Applications - a Brief Overview and Update. *J Food Process Technol*, 04(11), 1–9.
- Rahman, M. S. (1999). Food Preservation by Freezing. *Handbook of Food Preservation* (s. 259–260). Marcel Dekker Inc.
- Rahman, M. S. (2007). *Handbook of Food Preservation*. CRC Press.
- Rahn, A. K. K., ve Yaylayan, V. A. (2010). What Do We Know About The Molecular Mechanism of 3-MCPD Ester Formation? *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(3), 323–329.
- Regier, M., ve Schubert, H. (2001). Microwave Processing. *The Microwave Processing of Foods* (2. Baskı, s. 396–406). İngiltere: Woodhead Publishing Limited.
- Remig, V., Franklin, B., Margolis, S., Kostas, G., Nece, T. ve Street, J. C. (2010). Trans Fats in America: A Review of Their Use, Consumption, Health Implications, and Regulation. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(4), 585–592.
- Ruiz-Capillas, C. ve Herrero, A. M. (2019). Impact of Biogenic Amines on Food Quality and Safety. *Foods*, 8(62), 1–16.
- Sakin-Yilmazer, M., Kemerli, T., Isleroglu, H., Ozdestan, O., Guven, G., Uren, A., ve Kaymak-Ertekin, F. (2013). Baking Kinetics of Muffins in Convection and

- Steam Assisted Hybrid Ovens (baking kinetics of muffin...). *Journal of Food Engineering*, 119(3), 483-389.
- Sandhya. (2010). Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce: Current Status and Future Needs. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3), 381–392.
- Sausenthaler, S., Kompauer, I., Borte, M., Herbarth, O., Schaaf, B., Von Berg, A., Zutavern, A., ve Heinrich, J. (2006). Margarine and butter consumption, eczema and allergic sensitization in children. The LISA birth cohort study. *Pediatric Allergy and Immunology*, 17(2), 85–93.
- Sayın, L., ve Tamer, C. E. (2014). Yüksek Hidrostatik Basınç ve Ultrasonun Gıda Koruma Yötemi Olarak Kullanımı. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1), 83–94.
- Sevindirici, G., Özdikicierler, O., Yemişçiöglu, F. (2018). Rafine Bitkisel Yağlarda 3-MCPD ve GE Riski: Yapısı, Oluşum Mekanizması, Yasal Düzenlemeleri ve Azaltılma Yöntemleri. *GIDA*, 43(5): 886-895.
- Shiby Varghese, K., Pandey, M. C., Radhakrishna, K., ve Bawa, A. S. (2014). Technology applications and modelling of ohmic heating: a review. *J Food Sci Technol*, 51(10), 2304–2317.
- Stoica, M., Mihalcea, L., Borda, D., ve Alexe, P. (2013). Non-thermal novel food processing technologies . An overview. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(2), 212–217.
- Studer, A., Blank, I., ve H Stadler, R. (2018). Thermal processing contaminants in foodstuffs and potential strategies of control. *Czech Journal of Food Sciences*, 22(SI-Chem. Reactions in Foods V), 1–10.
- Şirinyıldız, D.D, Aydın, E., Öztürk, Y., Avcı, T., Yıldırım, A., Yorulmaz, A. (2019). The Level of 3-MCPD Fatty Acid Esters in Vegetable Oils and Margarines Collected From Turkish Market. *GIDA*, 44(3), 491-497.
- Şumnu, G. (2001). A Review on Microwave Baking of Foods. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(2), 117–127.
- TAEK. (2011). Elektron Spin Rezonans (ESR) ve Termolüminesans (TL) Teknikleri ile Gıdaların Gama Işınları ile Işınlanıp Işınlanmadıklarının Tespit Edilmesi. Ankara: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.
- Tao, Y., ve Sun, D. W. (2015). Enhancement of Food Processes by Ultrasound: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(4), 570–594.
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., ve Törnqvist, M. (2002). Analysis of Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17), 4998–5006.
- Taşan, M. (2008). Tahıl Kaynaklı Ürünlerde Akrilamid Varlığı. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 395–398.
- Taşan, M., ve Demir, B. A. (2019). Trans Yağ Asidi İçermez Beyanı Bulunan Bazı Endüstriyel Gıdaların Yağ Asidi Profilleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 23–33.
- Terzi, G., Çelik, T. H., ve Nisbet, C. (2008). Determination of Benzo(a)pyrene in Turkish Döner Kebab Samples Cooked with Charcoal or Gas Fire. *Irish Journal*

of Agricultural and Food Research, 47, 187–193.

- Terzi, Gökür, ve Çelik, H. (2006). Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Bazı Gıdalarda Bulunuşu ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *GIDA*, 31(6), 295–301.
- Til, H. P., Falke, H. E., Prinsen, M. K., ve Willems, M. I. (1997). Acute and Subacute Toxicity of Tyramine, Spermidine, Spermine, Putrescine and Cadaverine in Rats. *Food and Chemical Toxicology*, 35(3–4), 337–348.
- Toker, Ö. S. (2012). *Farklı Gıdalarda 5-HMF Düzeyinin Belirlenmesi ve Riskli Bulunan Gıdaların 5-HMF İçeriğinin Farklı Yöntemler Kullanılarak Azaltılması Olanaklarının Araştırılması* (Yayınlanmış Yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Tomar, O. (2002). *Gıda Muhafazasında İyonlayıcı Radyasyon Kullanımı ve Son Gelişmeler*. (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Toy, N. (2010). *Laktik Asit Bakterileri Serbest Hücre Ekstraktlarının Patojen Bakterilerinin Gelişimine ve Biyojen Amin Üretimine Etkisinin Araştırılması* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Turan, S., Solak, R. ve Keskin, Ş. (2017). Gıdalarda Monokloropropandiol Esterlerinin Oluşumu ve Belirlenmesi. *Akademik Gıda* 16(2) (2018) 210-217.
- Tüfekçi, S., ve Özkal, S. G. (2015). Gıdaların Kurutulmasında Ultrases Kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(9), 408–413.
- Türkben, C., Suna, S., İzli, G., Uylaşer, V. ve Demir, C. (2016). Physical and Chemical Properties of Pekmez (Molasses) Produced with Different Grape Cultivars. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 22, 339-348
- Urgu, M., Saatli, T. E., Türk, A., ve Koca, N. (2017). Isıl İşlem Görmüş İçme Sütlerinde (Pastörize, UHT ve Laktozsuz UHT Süt) Hidroksimetilfurfural İçeriğinin Belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 15(3), 249–255.
- Üstün, N.Ş. ve Tosun, İ. (1997). Pekmezlerin Bileşimi. *Gıda*, 22(6); 417- 423
- Vaclavik, V. A., ve Christian, E. W. (2014). Food Packaging. *Essentials of Food Science* (4. Baskı, s. 367–377). New York: Springer.
- van Boekel, M., Fogliano, V., Pellegrini, N., Stanton, C., Scholz, G., Lalljie, S., Somoza, V., Knorr, D., Jasti, P. R., ve Eisenbrand, G. (2010). A review on the beneficial aspects of food processing. *Molecular Nutrition and Food Research*, 54(9), 1215–1247.
- Waraho, T., McClements, D. J., ve Decker, E. A. (2011). Mechanisms of Lipid Oxidation in Food Dispersions. *Trends in Food Science & Technology*, 22(1), 3–13.
- Webb, M., ve Penner, K. P. (2000). Food irradiation. *Kansas State University*, 1–8.
- WHO. (1998). Environmental Health Criteria 202, Selected Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. In *International Programme on Chemical Safety*. WHO.
- Yerlikaya, P., ve Gökoğlu, N. (2002). Gıdalarda Biyojen Aminler ve Önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 24–30.
- Yıldırım, A., ve Yorulmaz, A. (2017). Gıdalarda Bulunan 3-Monokloropropan-1,2-

diol ve Glisidil Esterlerinin Analiz Yöntemleri, Azaltılmalarına Yönelik Çalışmalar ve Sağlık Üzerine Etkilerine İlişkin Güncel Gelişmeler. *Türk Tarım-Gıda ve Teknoloji Dergisi*, 5(12), 1497–1507.

Yılmaz, N., Demirbaş, A., ve Şahin, A. (2000). Changes in Membrane Fatty Acid Composition of Human Erythrocytes Obtained From Dietary Margarine Users and Non-Users. *Food Chemistry*, 70(13), 371–375.

Yörük, N. G., ve Danyer, E. (2016). Gıda Katkı Maddeleri Genel Bilgiler ve Tanımlar. *J Food Hyg Technol-Special Topics*, 2(2), 1–10.

Yüksel, A. K., ve Yüksel, M. (2020). Gıdalarda Trans Yağ Asitlerinin Varlığı ve Önemi. *Aydın Gastronomy*, 4(2), 113–124.

Yüksel, F. (2013). Gıda Teknolojisinde Ultrases Uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2), 29–38.

Zelinková, Z., Doležal, M., ve Velíšek, J. (2009). 3-Chloropropane-1,2-diol Fatty Acid Esters in Potato Products. *Czech Journal of Food Sciences*, 27, 421–424.

Zeuthen, P., ve Bogh-Sorensen, L. (2003). Food Preservation Techniques. In *Food Preservation Techniques* (s. 1–2). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Zhao, C., Liu, Y., Lai, S., Cao, H., Guan, Y., San Cheang, W., Liu, B., Zhao, K., Miao, S., Riviere, C., Capanoglu, E., ve Xiao, J. (2019). Effects of Domestic Cooking Process on the Chemical and Biological Properties of Dietary Phytochemicals. *Trends in Food Science and Technology*, 85, 55–66.

ÖZGEÇMİŞ

