



**FARKLI ET T RLER  İLE B RL KTE VER LEN SALATA VE
  CEKLER N GL KASYON VE L P T OKS DASYON  R NLER NE
ETK S N N *İN VİTRO* GASTRO NTEST NAL S STEM S M LASYONU
 LE  NCELENMES **

G leren SABUNCULAR

**DOKTORA TEZ 
BESLENME VE D YETET K ANAB L M DALI**

**GAZ   N VERS TES 
SAĞLIK B L MLER  ENST T S **

EYL L 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Güleren SABUNCULAR

29/09/2021

FARKLI ET TÜRLERİ İLE BİRLİKTE VERİLEN SALATA VE İÇECEKLERİN
GLİKASYON VE LİPİT OKSİDASYON ÜRÜNLERİNE ETKİSİNİN *İN VİTRO*
GASTROİNTESTİNAL SİSTEM SİMÜLASYONU İLE İNCELENMESİ
(Doktora Tezi)

Güleren SABUNCULAR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2021

ÖZET

Bitkisel polifenollerin, glikasyon ve lipit oksidasyon ürünlerinin oluşumunu önleme potansiyeli vardır. Bu araştırma, farklı et türleri ile tüketilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sisteminde malondialdehit, glioksal ve metilglioksal seviyelerine etkisini incelemek amacıyla, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi AR-GE Laboratuvarında Şubat 2021’de yapılmıştır. Araştırmada et türü olarak; dana kontrfile, dana but, tavuk göğüs eti, tavuk derili but, hindi göğüs eti, levrek, içecek olarak; taze sıkılmış portakal suyu, %100 üzüm suyu, kırmızı şarap, hardaliye, şalgam, taze sıkılmış nar suyu, ayran, kola ve salata olarak; çoban salata, kırmızılaha salata, Akdeniz salata kullanılmıştır. Etler, elektrikli ızgarada pişirilmiş ve *in-vitro* sindirime tabi tutulmuştur, sindirim sonrası malondialdehit, glioksal ve metilglioksal analizi HPLC ile yapılmıştır. Tüm et türlerinde sindirim sonrası malondialdehit, glioksal ve metilglioksal seviyeleri sindirim öncesine göre sırasıyla %51,8-832,7; %405,2-1273,6 ve %63,3-1062,5 daha yüksek bulunmuştur. Malondialdehit seviyesini; şalgam, nar suyu, ayran, kırmızı şarap ve kırmızılaha salata sindirim sonrası tüm et türlerinde anlamlı derecede azaltırken ($p<0,05$), Akdeniz salata ve hardaliye hindi göğüs eti haricinde diğer et türlerinde azaltmıştır ($p<0,05$). Portakal suyu sadece dana kontrfile ve levrekte malondialdehit seviyesini azaltmış, üzüm suyu ve kola ise dana butta artırmıştır ($p<0,05$). Et türleri ile içecekler çoğunlukla glioksal ve metilglioksal seviyelerini artırmış, salatalar ise çoğunlukla azaltmıştır ($p<0,05$). Dana kontrfile hariç tüm et türlerinde glioksal seviyesini Akdeniz salata ve kırmızılaha salata %53,3-78,8 azaltmıştır. Kırmızılaha salata levrekte metilglioksal seviyesini %24,9 azaltmıştır ($p<0,05$). Sonuç olarak içeceklerin ve salataların gastrointestinal sistemde malondialdehit, glioksal ve metilglioksal seviyelerine farklı etkilerinin olduğu; genel olarak içeceklerin malondialdehit seviyelerini, salataların ise glioksal ve metilglioksal seviyelerini azaltmada daha etkili olduğu bulunmuştur. Ette sindirim sırasında glikasyon ve lipit oksidasyon ürünlerinin oluşumunun önlenmesi, kronik hastalık riskini azaltmaya katkıda bulunabilir. Lipit oksidasyonunda etkili olabilecek olası diğer besinlerin ve içeceklerin daha kapsamlı olarak *in vivo* çalışmalarla incelenmesi gerekmektedir.

Bilim Kodu : 1007
Anahtar Kelimeler : Lipit, Oksidasyon, Et, *İn vitro* sindirim sistemi
Sayfa Adedi : 135
Danışman : Prof. Dr. Gamze AKBULUT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF SALAD AND DRINKS GIVEN WITH
DIFFERENT TYPES OF MEAT ON GLYCATION AND LIPID OXIDATION
PRODUCTS BY THE *IN VITRO* GASTROINTESTINAL SYSTEM SIMULATION

(Ph. D. Thesis)

Güleren SABUNCULAR

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

September 2021

ABSTRACT

Plant polyphenols have the potential to inhibit the formation of glycation and lipid oxidation products. This research aimed to study the effect of the salads and drinks given with different types of meat on the malondialdehyde, glyoxal and methylglyoxal levels by the in-vitro digestive system; the research was carried out at Istanbul Sabahattin Zaim University, in the R and D Laboratory in February 2021. The type of meat used during the research were veal steak, veal round, chicken breast, chicken leg with skin, turkey breast and sea bass. Drinks were freshly squeezed orange juice, 100% grape juice, red wine, hardaliye, salgam (fermented turnip juice), freshly squeezed pomegranate juice, ayran (yogurt drink) and cola. Salads included coban, red cabbage salad and Mediterranean salad. The meat was cooked on an electric grill and subjected to in-vitro digestive system, after digestion an analysis of the malondialdehyde, glyoxal and methylglyoxal levels were calculated using HPLC. In all types of meat, the malondialdehyde, glyoxal and methylglyoxal levels were found to be higher post digestion in comparison to pre-digestion; respectively 51.8% to 832.7%; 405.2% to 1273.6% and 63.3% to 1062.5%. The level of malondialdehyde in meat significantly decreased after digesting salgam, pomegranate juice, ayran, red wine and red cabbage salad ($p<0,05$), with Mediterranean salad and hardaliye there was a decrease in the level in all meat but turkey breast ($p<0,05$). Orange juice decreased the level of malondialdehyde only in veal steak and sea bass, while grape juice and cola increased it in veal round ($p<0.05$). The methylglyoxal level generally increased in types of meat and drinks; however, with salads, these levels mostly decreased ($p<0,05$). Mediterranean salad and red cabbage salad decreased the glyoxal level by 53.3% to 78.8% in all meat types except veal steak. Red cabbage salad decreased methylglyoxal level by 24.9% in sea bass ($p<0.05$). In conclusion, drinks and salads have different effects on the levels of malondialdehyde, glyoxal and methylglyoxal in the gastrointestinal system, in general, drinks reduced the malondialdehyde levels, while salads reduce the glyoxal and methylglyoxal levels. Preventing the formation of glycation and lipid oxidation products during digestion in meat may contribute to reducing the risk of chronic disease. It appears to be necessary to carry out an *in vivo* study on whether other foods and drinks have an effect on lipid oxidation.

Science Code : 1007

Key Words : Lipid, Oxidation, Meat, *In vitro* gastrointestinal digestion system

Page Number : 135

Supervisor : Prof. Dr. Gamze AKBULUT

TEŞEKKÜR

Yazar bu çalışmanın gerçekleşmesine katkılarından dolayı aşağıda adı geçen kişilere içtenlikle teşekkür eder.

Çalışmanın tüm aşamalarında desteğini eksik etmeyen, değerli bilgi ve tecrübesi ile yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Gamze AKBULUT'a,

Çalışmanın yürütülmesine imkan sağlayan ve tüm aşamalarda destek olan Sayın Doç. Dr. Mustafa YAMAN'a,

Çalışma sırasında değerli yardımları ve katkılarını esirgemeyen Tez İzleme Komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Nilüfer ACAR TEK ve Doç. Dr. Aslı AKYOL MUTLU'ya,

Çalışmanın laboratuvar analizlerine destek olan Uzm. Dyt. Ömer Faruk MIZRAK'a

Çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen kıymetli hocalarım Doç. Dr. Fatma Esra GÜNEŞ ve Dr. Öğr. Üyesi Şule AKTAÇ'a,

Çalışmamın her aşamasında destek olan arkadaşlarım Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Hümeysra İSLAMOĞLU ve Öğr. Gör. Zehra Margot ÇELİK'e,

Çalışmamın her aşamasında manevi desteği ile yanımda olan aileme ve eşim Uzm. Dyt. Celil SABUNCULAR'a,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Etin Bileşimi.....	3
2.2. Lipit Oksidasyonu ve Mekanizması.....	3
2.3. Lipit Oksidasyonunun Sağlığa Zararları	6
2.4. Lipit Oksidasyonunu Etkileyen Faktörler	7
2.4.1. Lipit miktarı ve kompozisyonu	7
2.4.2. Metal iyonlar	9
2.4.3. Depolama, işleme, hazırlama ve pişirme yöntemleri	9
2.4.4. Polifenoller	12
2.5. Gastrointestinal Sindirim Koşulları Altında Lipit Oksidasyonu	14
2.6. İleri Glikasyon Son Ürünleri ve Oluşum Mekanizması	15
2.7. İleri Glikasyon Son Ürünlerinin Sağlığa Zararları	19
2.8. İleri Glikasyon Son Ürünlerinin Oluşumunu Etkileyen Faktörler	20
2.8.1. Besinlerin kompozisyonu	21
2.8.2. Pişirme	22
2.8.3. Nem	23

	Sayfa
2.8.4. pH.....	23
2.8.5. Polifenoller.....	24
2.9. Gastrointestinal Sindirim Koşulları Altında İleri Glikasyon Son ürünleri.....	25
2.10. <i>İn Vitro</i> Sindirim Modeli.....	26
2.10.1. Hazırlık aşaması.....	28
2.10.2. Sindirim aşaması.....	29
2.11. Analiz Yöntemleri.....	30
2.11.1. Lipit oksidasyonundan oluşan bileşiklerin analiz yöntemleri.....	30
2.11.2. İleri glikasyon son ürünleri analiz yöntemleri.....	33
3. YÖNTEM.....	35
3.1. Çalışma Yeri ve Zamanı.....	35
3.2. Kimyasallar ve Enzimler.....	35
3.3. Örneklerin Hazırlanması.....	35
3.3.1. Etlerin hazırlanması.....	37
3.3.2. İçeceklerin hazırlanması.....	37
3.3.3. Salataların hazırlanması.....	38
3.4. Solüsyon ve Standartların Hazırlanması.....	39
3.4.1. Ağız, mide, ince bağırsak ve safra solüsyonlarının hazırlanması.....	39
3.4.2. Malondialdehit analiz çözeltilerinin hazırlanması.....	39
3.4.3. Glioksal ve metilglioksal analiz çözeltilerinin hazırlanması.....	40
3.5. <i>İn Vitro</i> Sindirim Prosedürü.....	40
3.6. Malondialdehit Analizi.....	42
3.7. Glioksal ve Metilglioksal Analizi.....	43
3.8. Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi.....	44
4. BULGULAR.....	47
4.1. Örneklerin Sindirim Öncesi ve Sonrası Sonuçları.....	47

Sayfa

4.2. <i>İn vitro</i> Sindirim Sonrası Malondialdehit (MDA) Seviyelerinin Değerlendirilmesi.....	55
4.3. <i>İn vitro</i> Sindirim Sonrası Glioksal (GO) ve Metilglioksal (MGO) Seviyelerinin Değerlendirilmesi.....	64
4.4. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi.....	82
5. TARTIŞMA.....	87
5.1. Örneklerin Sindirim Öncesi ve Sonrası Sonuçları	87
5.2. <i>İn vitro</i> Sindirim Sonrası Malondialdehit (MDA) Seviyelerinin Değerlendirilmesi.....	91
5.3. <i>İn vitro</i> Sindirim Sonrası Glioksal (GO) ve Metilglioksal (MGO) Seviyelerinin Değerlendirilmesi.....	99
5.4. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi.....	105
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	109
KAYNAKLAR	113
ÖZGEÇMİŞ	133

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Farklı et türlerinin kompozisyonu (g/100 g).....	3
Çizelge 2.2. Etki şekillerine göre antioksidanların sınıflanması.....	14
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan örneklerin eşleştirilmesi	36
Çizelge 3.2. Salataların içerikleri	38
Çizelge 4.1. Farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası MDA seviyeleri	49
Çizelge 4.2. Farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası GO seviyeleri.....	51
Çizelge 4.3. Farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim öncesi ve sonrası MGO seviyeleri	54
Çizelge 4.4. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/80 g).....	56
Çizelge 4.5. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/80 g)	58
Çizelge 4.6. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/80 g).....	59
Çizelge 4.7. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/80 g).....	61
Çizelge 4.8. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/80 g).....	62
Çizelge 4.9. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/150 g)	64
Çizelge 4.10. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi (µg/80 g)	65
Çizelge 4.11. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi (µg/80 g).	67
Çizelge 4.12. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi (µg/80 g)	68
Çizelge 4.13. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi (µg/80 g)	70

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.14. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	71
Çizelge 4.15. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/150\text{ g}$)	73
Çizelge 4.16. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	74
Çizelge 4.17. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	76
Çizelge 4.18. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	77
Çizelge 4.19. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	78
Çizelge 4.20. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	80
Çizelge 4.21. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/150\text{ g}$)	81
Çizelge 4.22. Farklı pişirme yöntemlerinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	83
Çizelge 4.23. Farklı pişirme yöntemlerinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	84
Çizelge 4.24. Farklı pişirme yöntemlerinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	85

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Lipit oksidasyon mekanizması	5
Şekil 2.2. İleri glikasyon son ürünleri oluşum mekanizması	17
Şekil 2.3. Glioksal ve Metilglioksal kimyasal yapısı.....	19
Şekil 2.4. <i>In vitro</i> sindirim yöntemi akış diyagramı	27
Şekil 3.1. <i>In vitro</i> sindirim prosedürü	42
Şekil 3.2. Türevlendirme işlemi.....	42
Şekil 3.3. Malondialdehit standardının HPLC kromotogramı	43
Şekil 3.4. Örneklerdeki malondialdehitin sindirim öncesi ve sonrası HPLC kromotogramı	43
Şekil 3.5. Glioksal ve metilglioksal standardının HPLC kromotogramı	44
Şekil 3.6. Örneklerdeki glioksal ve metilglioksalın HPLC kromotogramı.....	44
Şekil 4.1. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$).....	57
Şekil 4.2. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$).....	58
Şekil 4.3. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$).....	60
Şekil 4.4. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$).....	61
Şekil 4.5. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$).....	63
Şekil 4.6. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/150\text{ g}$).....	64
Şekil 4.7. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	66
Şekil 4.8. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$).	67
Şekil 4.9. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	69

Şekil	Sayfa
Şekil 4.10. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	70
Şekil 4.11. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	72
Şekil 4.12. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/150\text{ g}$)	73
Şekil 4.13. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	75
Şekil 4.14. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	76
Şekil 4.15. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	77
Şekil 4.16. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	79
Şekil 4.17. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)	80
Şekil 4.18. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/150\text{ g}$)	82
Şekil 4.19. Farklı pişirme yöntemlerinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	83
Şekil 4.20. Farklı pişirme yöntemlerinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	84
Şekil 4.21. Farklı pişirme yöntemlerinin <i>in vitro</i> sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	85

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
----------	-------------

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
µg	Mikrogram
µM	Mikromolar
g	Gram
kg	Kilogram
mg	Miligram
mL	Mililitre
α	Alfa
β	Beta

Kısaltmalar	Açıklamalar
-------------	-------------

4-HNE	4-hidroksi-2-nonenal
ACN	Asetonitril
AGE	İleri Glikasyon Son Ürünleri
BHA	Bütillenmiş hidroksianisol
BHQ	Bütil hidrokinon
BHT	Bütillenmiş hidroksitoluen
CML	Karboksimetil-lizin
ÇDYA	Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
DYA	Doymuş Yağ Asitleri
EDTA	Etilen diamin tetraasetik asit
ELISA	Enzime bağlı immünosorbent testi
GO	Glioksal
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografi
MDA	Malondialdehit
MeOH	Metanol

Kısaltmalar	Açıklamalar
MGO	Metilglioksal
Ort	Ortalama
ROOH	Hidroperoksit
ROS	Reaktif oksijen türleri
SS	Standart sapma
TBA	Tiyobarbitürik asit
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler
TBHQ	Tersiyer bütıl hidrokinon
TCAA	Triklorasetik asit
TDYA	Tekli Doymamış Yağ Asitleri
TURKOMP	Türkiye Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanı
TÜBER	Türkiye Beslenme Rehberi

1. GİRİŞ

Beslenmenin önemli bir bileşeni olarak et, yüksek protein, esansiyel amino asitler, B₁₂ vitamini, fosfor, demir ve çinko kaynağıdır [1]. Oksidasyon, ette kalite bozulmasının başlıca nedenlerinden biridir. Et, yüksek lipit içeriği, hem pigmentleri, metal katalizörleri ve kas dokusundaki bir dizi oksitleyici ajan nedeniyle oksidasyona duyarlıdır [2]. Etteki çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu, malondialdehit (MDA) ve 4-hidroksi-2-nonenal (4-HNE) gibi sağlığı olumsuz etkileyen lipit oksidasyon ürünlerinin oluşmasına neden olmaktadır [3]. Malondialdehit, et ürünlerinde lipit oksidasyonunun değerlendirilmesinde kullanılmakta ve oksidatif stresin biyobelirteci olarak kabul edilmektedir [4]. Diyet oksidasyon bileşiklerinin bir kısmının doğrudan kan dolaşımına emildiği ve biyolojik sistemlerde oksidatif hasarı indükleyebildiği belirtilmektedir [5, 6].

Lipit oksidasyonu etin yağ asidi bileşimi, hem-proteinler, metaller, prooksidan ve antioksidan bileşikler, işleme ve saklama koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir [7]. Gastrointestinal sistem, etin işlenmesi ve depolanması sırasında oluşan lipit oksidasyon ürünlerinin giriş kapısıdır. Ancak bu oksidasyon ürünleri, sindirim ve metabolizasyon sırasında da oluşabilmektedir [8].

Lipit oksidasyonu, glukoz otooksidasyonu ve metabolizmadaki poliol yolu sırasında ortaya çıkan glioksal (GO) ve metilglioksal (MGO), ileri glikasyon son ürünlerinin (AGE) oluşumunda ana öncülerdir [9]. Vücutta AGE'lerin yanı sıra GO ve MGO oluşumu ve birikimi, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve merkezi sinir sistemi bozuklukları gibi çeşitli kronik inflamatuvar hastalıkların gelişiminde rol oynamaktadır [10].

Et tüketimini ve özellikle kırmızı et tüketimini olumsuz sağlık etkileriyle ilişkilendiren çalışmalar bulunmaktadır [11-13]. Etin olası olumsuz etkileri büyük ölçüde tüketicilerin beslenme durumuna ve etle birlikte tüketilen diyet bileşimine bağlıdır. Batı tarzı diyetler genellikle, potansiyel biyolojik olarak aktif koruyucu bileşikleri içermemekte, bu da kırmızı et tüketimi ile kronik hastalık riskinin artmasına katkıda bulunmaktadır [8]. Akdeniz tarzı beslenme ise doymuş ve trans yağ asitlerinden düşük bir içeriğin yanı sıra antioksidan vitaminler, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri ve polifenoller gibi antioksidan ve anti inflamatuvar özelliklere sahip fitokimyasallar açısından zengindir [14]. Diyetle bitkisel polifenollerin, reaktif karboniller veya yaygın olarak bulunan diğer reaktif bileşikler gibi

sitotoksik lipit oksidasyon ürünlerinin oluşumunu ve emilimini önleme yetenekleri olduğu belirtilmiştir [15]. Ette, sindirim sırasında lipit oksidasyon ürünlerinin oluşumunun önlenmesi, kronik hastalık geliştirme riskini azaltmaya katkıda bulunabilir. Yüksek yağlı, oksitlenmiş besinlerin tüketiminin zararlı sonuçları, besinlere polifenollerin eklenmesiyle önlenabilir [16].

Gastrointestinal sistem, sindirim ve emilim sırasında lipit oksidasyon ürünlerine maruz kaldığından, diyet antioksidanlarının gastrointestinal sistemdeki oksidasyon ürünlerinin zararlı etkilerine karşı koruyabileceği belirtilmiştir [17]. Bu nedenle, et ürünleri içeren bir yemek ile birlikte bitkisel polifenol kaynaklarını tüketmek, MDA ve diğer lipit oksidasyon ürünlerinin oluşumu ve emilimini engelleme potansiyeline sahiptir [15, 18]. Fenolik yönden zengin besinler ile mide-bağırsak yolunda doğru redoks dengesinin korunması, sağlıklı yaşam için somut bir beslenme stratejisi olarak düşünülmektedir [19].

Bu çalışma, farklı et türleri ile tüketilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sürecinde glikasyon ve lipit oksidasyon ürünleri üzerine etkisini incelemek amacıyla planlanmış ve yürütülmüştür. Elde edilen bilgiler, gastrointestinal lümen içinde potansiyel reaktiviteye sahip oksidasyon ürünlerinin varlığının en aza indirilmesi ve daha sağlıklı beslenme düzenlerinin tavsiye edilmesi için faydalı olacaktır.

Çalışmanın hipotezleri

1. Farklı et türleri ile birlikte tüketilen salata ve içeceklerin gastrointestinal sistemde glikasyon ve lipit oksidasyon ürünlerini azaltıcı etkisi vardır.
2. Salatanın gastrointestinal sistemde glikasyon ve lipit oksidasyon ürünlerini azaltıcı etkisi içeceklere göre daha fazladır.
3. Farklı pişirme yöntemleri uygulanan etlerde glikasyon ve lipit oksidasyon ürünlerinin seviyeleri farklıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Etin Bileşimi

Yüksek protein, demir, çinko, selenyum ve B₁₂ vitamini içeriği ile et türleri dengeli beslenmenin önemli bir bileşenidir [20]. Etin yağ içeriği ve yağ asidi bileşimi besin değerinin önemli belirleyicisidir [21]. Lipitler, tüm et türlerinin önemli bileşenleridir ve etlerin aroma profili için önemlidir [22]. Et, değişken miktarlarda depo lipitleri (triasilgliseroller) ve yapısal lipitler (fosfolipitler) içermektedir [23]. Lipit içeriği, kas ve doku tipine, hayvan türlerine ve hayvanın beslenmesine bağlı olarak değişmektedir [21]. Türkiye Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı'na göre [24], farklı etlerin toplam yağ içeriği 100 gramda 3,38-12,82 gram arasında değişmektedir. Farklı et türlerinin doymuş yağ asidi (DYA), tekli doymamış yağ asidi (TDYA) ve çoklu doymamış yağ asidi (ÇDYA) içerikleri Çizelde 2.1'de verilmiştir [24]. Et türleri arasında çoklu doymamış yağ asidi içeriğine bakıldığında en yüksek piliç but (4,5 g/100 g), en düşük dana but (0,062 g/100 g) etinde olduğu görülmektedir. Doymuş yağ asidi ve tekli doymamış yağ asidi içeriği piliç but etinde en yüksek iken; en düşük piliç göğüs etindedir [24].

Çizelge 2.1. Farklı et türlerinin kompozisyonu (g/100 g) [24]

Et türleri	Protein	Yağ	DYA	TDYA	ÇDYA
Dana but	20,99	4,59	2,366	1,742	0,062
Dana kontrfile	20,08	7,38	3,754	2,934	0,113
Piliç eti, but	24,04	12,82	4,984	5,940	4,500
Piliç eti, göğüs	21,70	3,38	1,002	1,203	0,395
Hindi eti, but derisiz	20,64	4,45	1,339	1,488	1,130
Hindi eti, göğüs derisiz	21,27	3,46	1,182	1,222	0,827
Levrek	19,48	5,55	1,318	1,803	1,604

DYA: Doymuş yağ asidi, TDYA: Tekli doymamış yağ asidi, ÇDYA: Çoklu doymamış yağ asidi

2.2. Lipit Oksidasyonu ve Mekanizması

Lipitler, kimyasal olarak en kararsız besin ögesi bileşenlerinden biridir ve oldukça karmaşık mekanizmalar yoluyla çeşitli faktörlerin neden olduğu oksidatif reaksiyonlara katılır. Lipit oksidasyonu, etin kalitesini doğrudan etkileyen ve etteki yağ dokusunun bozulmasının başlıca nedeni olan bir süreçtir [22]. Foto- oksidasyon, enzimle katalize edilen oksidasyon ve oto-oksidasyon olmak üzere üç ana yolla lipit oksidasyonu gerçekleşmektedir [25]. Foto-

oksidasyonun gelişimi için oksijen, ışık ve ışığa duyarlılaştırıcı gerekmektedir. Enzimle katalize edilen oksidasyon, siklooksijenaz ve lipoksijenaz enzimleri ile ilgilidir ve uzun zincirli n-3 ve n-6 yağ asitlerinden gelen eikosanoidlerdeki biyolojik sistemlerde önemlidir. Oto-oksidasyon “serbest radikal oksidasyonu” olarak da adlandırılmakta ve ette fonksiyonel özelliklerin ve besin değerinin kaybına, kötü koku ve toksik bileşik olan kanserojenlerin oluşumuna neden olmaktadır [7]. Üç mekanizma arasında, ette lipit oksidasyonunun en önemlisi, sürekli bir serbest radikal zincir reaksiyonu olan oto-oksidasyondur. Foto-oksidasyon ve enzimle katalize edilen oksidasyon, sadece başlangıçta, hidroperoksitlerin oluşum aşamasında oto-oksidasyondan farklılık göstermektedir [25].

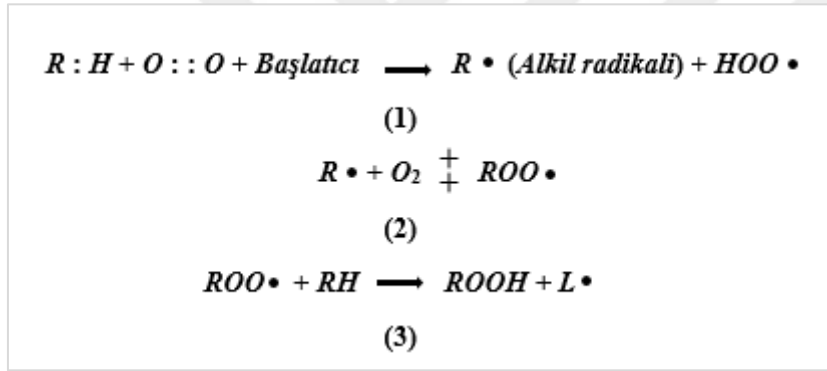
Oto-oksidasyon, “başlatma, yayılma ve sonlandırma” olmak üzere üç adımla karakterize edilen bir radikal zincir reaksiyonu olarak gerçekleşmektedir [26]. Başlatma fazında serbest radikaller oluşmakta, yayılma fazında reaktif bileşiklerin sayısı çoğalmakta, sonlandırma fazında reaktif bileşikler bozunmakta veya reaktif olmayan bileşikler üretmek için reaksiyona girmektedir [25].

Oksidasyonun ilk basamağı olan başlatma fazında oksijen molekülü ile doymamış yağ asidi etkileşime girer [25]. Oto-oksidasyon, hidrojen atomunun çıkarılması için başlangıç aktivasyon enerjisi gerektirdiğinden, bu reaksiyon çift bağların varlığı ve yüksek sıcaklıklar ile tetiklenir, bu nedenle spontane bir reaksiyon değildir. Foto-oksidasyon, ışığa maruz kalma ve ışığa duyarlılaştırıcıların mevcudiyetinde üçlü moleküler oksijenin uyarılmasıyla oluşan yüksek derecede reaktif singlet oksijen türleri tarafından tetiklenir [27]. Başlatma fazında, hidrojen doymamış bir yağ asidinden çıkarıldığında elde edilen alkil radikali, konjuge dienler veya trienler oluşturmak için çift bağlı bir yeniden düzenleme ile stabilize edilme eğilimindedir. Elde edilen bu alkil radikalleri, lipit oksidasyonunu başlatan ilk serbest radikallerdir. Başlatma fazında gözlenen gecikme fazında (lag phase), lipit oksidasyon ürünlerinin birikimi yavaştır [25]. Bunun nedenleri, hidroperoksit birikiminden önce serbest radikallerin yavaş oluşması ve antioksidanların varlığı ile serbest radikallerin yağ asitleri ile etkileşiminin önlenmesidir [28].

Oksidasyonun ikinci basamağı olan yayılma fazında, radikal oluşumunun büyütülmesiyle sonuçlanan lipit-lipit etkileşimleri gerçekleşir [25]. Başlatma fazında oluşan alkil radikali oksijen ile etkileşime girerek bir peroksil radikali oluşturur ve böylece yayılma fazı başlar. Bu peroksil radikali, hidrojenin doymamış yağ asidinden ayrılması için yeterli enerjiye

sahiptir. Bu sayede, başka bir alkil radikali ve bir lipid hidroperoksit (ROOH) oluşturur (Şekil 2.1). Yayılma fazı, bir serbest radikalın bir yağ asidinden diğerine aktarılmasını içerir [28]. Ancak, oksijenin yokluğunda yayılma meydana gelmez, bu durum oksijenin varlığının lipid oksidasyon süreci için önemini göstermektedir [7].

Lipid oksidasyonunun son basamağı, lipid peroksil radikalının birbiriyle reaksiyona girdiği ve/veya radikal olmayan ürünler oluşturmak için kendi kendini yok ettiği sonlandırma fazıdır [29]. Sonlandırma fazında, iki radikal reaksiyona girerek yağ asidi dimerleri, trimerler ve oligomerler gibi radikal olmayan bir molekül oluşturur [28]. Benzer şekilde, bir antioksidan bileşik, lipid radikalını nötralize etmek üzere, bir hidrojen atomunu lipid oksidasyonundan türetilen radikal türlere aktarabilir. Bu reaksiyon ile antioksidan bileşikten çok daha az reaktif olan yeni bir radikal oluşur [25].



Şekil 2.1. Lipid oksidasyon mekanizması [22]

1. Başlatma fazında alkil radikali oluşumu (R)
2. Yayılma fazında oksijen (O₂) ile etkileşime giren alkil radikalinden (R) peroksil radikali oluşumu (ROO)
3. Yayılma fazında yeni bir alkil radikali ve hidroperoksit (ROOH) oluşumu

Lipid oksidasyonunun birincil ürünleri olan peroksitler; daha sonra aldehitler, karboniller, alkoller, hidrokarbonlar ve furanlar gibi daha düşük moleküler ağırlıklı uçucu ve uçucu olmayan bileşikler, yani ikincil lipid oksidasyon ürünlerini oluşturur [22]. Lipid oksidasyonu sırasında ikincil ürünler olarak oluşabilen birçok farklı aldehit arasında MDA, propanal, heksanal ve 4-hidroksinonenal (4-HNE) bulunmaktadır [30]. Malondialdehit, oda sıcaklığında katı haldedir ve erime noktası, 72–74 °C'dir. Suda, metanolde ve etanolde çözünür. Serbest halde ve proteinlere, nükleik asitlere, lipoproteinlere ve belirli amino

asitlere kovalent olarak bağlanmış halde olmak üzere iki formda bulunur [31]. Malondialdehit, C-1 ve C-3 pozisyonlarında karbonil gruplarına sahip üç karbonlu bir dialdehittir ve proteinler ve DNA ile eklentiler oluşturabildiği için insanlar için mutajenik olduğu bilinmektedir [4]. Malondialdehit, lipid oksidasyonunun en mutajenik ürünü iken, 4-hidroksinonenal en toksik olanıdır [30]. Lipid oksidasyonunun ilk ürünlerinin (hidroperoksitler), son ürünler olan MDA veya 4-hidroksinonenalden daha fazla toksik olduğu da gösterilmiştir [32]. Malondialdehit, prostaglandin biyosentezi ve lipid peroksidasyonunun bir sonucu olarak hücrelerde ve dokularda, proteinler ve DNA ile çeşitli eklentiler ve çapraz bağlantılar oluşturabilmektedir [33]. Lipoproteinler ile MDA'nın kovalent modifikasyonu aterosklerozda patojenik rol oynamaktadır [32]. Aynı zamanda, MDA ve 4-HNE, lipid oksidasyonu sırasında yüksek seviyelerde olduğu için oksidatif stresin biyobelirteçleri olarak kabul edilmektedir [31, 34]. Bununla birlikte MDA, ette de büyük öneme sahiptir, çünkü düşük miktarlarda oluştuğunda ete aroma vermektedir. Ancak etteki düzeyinin sınır değeri geçmemesi istenmektedir. Et ve et ürünlerinde 2-2,5 mg MDA/kg değerleri, bozulmanın olmadığı sınır değerler olarak belirlenmiştir [25]. Balık ve et gibi ürünlerde MDA tayini sıklıkla lipid oksidasyonunun değerlendirilmesinde kullanılmaktadır [4]. Et ve balık ürünlerindeki konsantrasyonunun 300 µM veya daha fazlasına ulaşabildiği rapor edilmiştir [32].

2.3. Lipid Oksidasyonunun Sağlığa Zararları

Lipid oksidasyonu, doku, renk, besin değeri, tat ve aromayı etkileyerek et ve et ürünlerinin kalitesinin bozulmasından sorumlu olan ana süreçtir ve raf ömrünün kışalmasına neden olmaktadır [22]. Etin duyuusal özellikleri üzerindeki olumsuz etkilerinin yanı sıra, hastalıklara neden olabilecek serbest radikaller ve toksik bileşikler de lipid oksidasyonu sonucunda oluşmaktadır. Lipid oksidasyonunun, malonaldehit ve 4 -hidroksinonenal gibi birçok birincil ve ikincil yan ürünü, potansiyel karsinojenler olarak bilinmektedir [35]. Bu bağlamda, yapılan bir çalışmada, düşük hidroperoksit konsantrasyonlarının hücreler üzerinde toksik etkiler oluşturacağı ve lipid hidroperoksitlerin hücre sitotoksitesine katkıda bulunacağı sonucuna varılmıştır [36].

Koroner hastalıklar, mutajenik aktivite ve ateroskleroz ile ilişkili olan kolesterol oksidasyon ürünlerinin, arteriyel hücreler için kolesterolden daha önemli olduğu belirtilmiştir. Proinflamatuvar, sitotoksik ve mutajenik etkilere sahip olan aldehitler ve oksisteroller gibi

lipit oksidasyon ürünlerinin birçok hastalığın gelişiminde veya ilerlemesinde rol oynadığı belirtilmektedir [25]. Karbonil bileşikleri hücrel sinyal transdüksiyonunu etkileyebilir. Epoksitler ve hidrojen peroksit yan ürünleri kanserojen bileşiklerdir ve DNA'ya zarar verdiği bilinmektedir. Oksidatif süreçlerde oluşan lipit radikalleri, reaktif oksijen türleri (ROS), reaktif nitrojen türleri ve reaktif sülfür türleri dahil olmak üzere serbest radikaller, oksidatif stresi artırabilmektedir [7]. Diyet oksidasyon bileşiklerinin bir kısmının lenfte veya doğrudan kan dolaşımına katıldığı ve biyolojik sistemlerde oksidatif hasarı indükleyebildiği belirtilmiştir [5, 6]. Oksidatif stres, birçok hastalığın etiyolojisi ve ilerlemesindeki önemli faktörlerdendir [8]. Lipit oksidasyonu doğrudan veya dolaylı olarak inflamatuvar hastalıklar, diyabet, kanser, Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı, ateroskleroz, kalp yetmezliği, karaciğer yağlanması, kronik yorgunluk sendromu, obezite ve depresyon gibi çeşitli hastalıklarda rol oynamaktadır [7].

2.4. Lipit Oksidasyonunu Etkileyen Faktörler

Lipit oksidasyonu, substratlar ve katalizör arasındaki çok karmaşık reaksiyonlar ve çoklu mekanizmaları içeren bir süreçtir. Bu reaksiyonlar farklı faktörlerden etkilenmektedir. Hem içsel (yağ asidi bileşimi, hem-proteinler, metaller, prooksidan ve antioksidan enzimler, vitaminler vb.) hem de dışsal faktörler (işleme ve saklama koşulları vb.) oksidatif reaksiyonları teşvik edebilir veya inhibe edebilir [37-42]. Anti- ve prooksidan bileşiklerin dengesi etin oksidatif stabilitesini belirlemektedir [25]. Yağ asidi bileşimi, serbest radikal başlatıcıların/propagatörlerin varlığı, oksijen mevcudiyeti, pro- ve antioksidanların miktarları, baharatlar, otlar ve tuz gibi katkı maddelerinin kullanımı, işleme koşulları (ışınlama, pişirme, öğütme, kesme, karıştırma), paketleme (oksijen geçirgen, vakum, modifiye atmosfer ve aktif-paketleme, vb.) ve depolama koşulları (sıcaklık ve zaman) ette lipit oksidasyonunun oluşumu ve hızı için önemlidir [7].

2.4.1. Lipit miktarı ve kompozisyonu

Hayvanın türü veya ırkı, kas tipi, anatomik yapısı, yetiştirme sistemi ve hayvanların tükettiği yem gibi faktörler et bileşimini önemli ölçüde değiştirerek oksidasyonu da etkilemektedir. Ana substrat olması nedeniyle lipitler, oksidasyon gelişimi için en önemli parametrelerden biridir [25]. Lipitler kas içi, kaslar arası ve deri altı yağ olmak üzere, esas olarak gliserol esterler, kolesterol, fosfolipitler ve yağ asit esterleri şeklinde depolanmaktadır [21].

Büyükbaş hayvan etinin lipit içeriği %2,5-24,0 arasında değişmektedir. Kaslar arası lipitler esas olarak triasilgliserollerden, kas içi lipitler ise fosfolipitlerden ve triasilgliserollerden oluşmakta ve ağırlığın yaklaşık %5'ini oluşturmaktadır [23]. Kas içi lipit artışı, trigliseritlerin hacminde bir artışa neden olurken, membranların sayısı değişmediğinden dolayı fosfolipitlerin sayısı sabit kalmaktadır [25]. Lipitler çoğunlukla trigliserit fraksiyonunda olmasına rağmen, lipit oksidasyonu gelişiminde fosfolipitlerin temel olduğu ileri sürülmüştür. Bu yüksek fosfolipit reaktivitesinin iki muhtemel açıklaması bulunmaktadır. Birincisi, membranlardaki fosfolipitlerde oksidasyona duyarlı katalitik bölgeleri yüzeye daha yakın olduğundan, lipit oksidasyonunun yayılma fazını kolaylaştırır. İkincisi ise, fosfolipitlerin trigliseritlerden daha yüksek miktarda çoklu doymamış yağ asitlerine sahip olmasıdır [22]. Bazı çalışmalarda, lipit miktarının oksidasyona katkıda bulunduğu gösterilirken [37, 38, 43], bazı çalışmalarda ise yağ asitleri bileşiminin yağ miktarından daha önemli olduğuna işaret edilmektedir [25, 44, 45]. Bir çalışmada, sığır eti, domuz eti, tavuk eti ve somonda lipit oksidasyonu araştırılmış, etlerde yağ miktarı arttıkça, toplam et gramı başına MDA konsantrasyonunun arttığı gösterilmiştir. Ancak farklı yağ miktarına sahip etlerde et gramı yerine, yağ gramı başına MDA konsantrasyonları değerlendirildiğinde, düşük yağlı ette daha yüksek MDA seviyesi görülmüş, bu da yağsız ette daha fazla sayıda çift bağ ve daha yüksek toplam demir içeriği ile açıklanmıştır [38]. Çok düşük kas içi yağ içeren yağsız ette, yüksek fosfolipit içeriği, eti oksidasyona çok duyarlı hale getirir. Bu nedenle, oksidatif duyarlılık açısından yağın doymamışlığı yağ miktarından çok daha önemli bir parametredir [25]. Tavuk but etinin yağ içeriği tavuk göğüs etinden daha yüksek olmasına rağmen, göğüs etindeki daha yüksek peroksit değeri, göğüs etinin but etinden iki kat daha fazla fosfolipit içermesiyle ilişkilendirilmiştir [45]. Çift bağ sayısının artması ile lipit oksidasyonu önemli ölçüde artmaktadır [22]. Çoklu doymamış yağ asidine bir çift bağ eklenmesinin, yağ asidinin oksitlenme oranını en az iki kat yükselttiği, cis formunun genellikle trans formundan daha kolay oksitlendiği gösterilmiştir. Bu nedenle, doymamışlığın artmasıyla lipit oksidasyonu artmaktadır [28]. Çoklu doymamış yağ asitleri, tekli doymamış yağ asitlerinden daha hızlı oksitlenir. Linoleik asit (C18:2) oksidasyonu, oleik asidin (C18:1) oksidasyonundan on kat daha hızlı gerçekleşirken, oleik asidin oksidasyonu linolenik asidin (C18:3) oksidasyonundan 20 ila 30 kat daha yavaş gerçekleşir [22]. Diğer et türlerine göre çok daha yüksek doymamışlık derecesine sahip olmasından dolayı kanatlı etinde bu özelliğin lipit oksidasyonu gelişiminde önemli olduğu düşünülmektedir [25].

2.4.2. Metal iyonlar

Metaller ve metaloproteinler öncelikle serbest radikaller ve/veya ROS'ları üreten reaksiyonlar yoluyla oksidasyonu hızlandırdıklarından, başlangıç aşamasında lipit oksidasyonunu stimüle edebilir [28]. Geçiş metalleri arasında ana katalizör olan demir, ROS'ların üretimindeki rolünden dolayı lipit oksidasyonunda kritik bir rol oynamaktadır [7]. Metal iyonu bir elektronu hidroperoksite aktararak parçalanmasına neden olur. Bu nedenle, ette bulunan demir, hidroperoksitlerin ayrışması için önemli bir katalizördür ve demir iyonu ile reaksiyonda ferrik iyondan daha hızlıdır [25]. Hem pigmentleri de, güçlü prooksidanlar olarak kabul edilmektedir [7]. Demir, Fenton reaksiyonu yoluyla hidroksil radikali üretimini katalize edebilir. Etteki lipit oksidasyonundan birincil olarak serbest demir ve/veya ferrilmiyoglobinin sorumlu olduğu öne sürülmüştür. Miyoglobin konsantrasyonu yüksek olan kasların lipit oksidasyonuna daha duyarlı olduğu bilinmektedir. Metmiyoglobinin hidrojen peroksit veya lipit hidroperoksitler ile etkileşiminin, serbest radikal zincir reaksiyonunu başlatabilen ferrilmiyoglobin oluşumuyla sonuçlandığı düşünülmektedir [22]. Daha yüksek demir ve miyoglobin konsantrasyonları, daha yüksek lipit oksidasyonu ile ilişkili bulunmuştur [46]. Serbest iyonik demir ilave edilen pişmiş tavuk etinde lipit oksidasyonunun miyoglobine göre daha belirgin olduğu bulunmuş ve serbest iyonik demirin lipit oksidasyonu için ana katalizör olduğu öne sürülmüştür [39]. Etler arasında sığır eti, lipit oksidasyonuna en duyarlı olanıdır. Hem pigment içeriği ve katalaz aktivitesindeki farklılıkların ette lipit oksidasyon oranını belirlediği öne sürülmüştür. Sığır eti gibi daha yüksek hem pigment içeriğine sahip etlerin, oksimiyoglobin oto-oksidasyonu sırasında, daha az hem pigmenti içeren etlere göre daha fazla hidrojen peroksit (H_2O_2) ürettikleri ifade edilmiştir [44].

2.4.3. Depolama, işleme, hazırlama ve pişirme yöntemleri

Sıcaklık, ışık ve oksijenin varlığı gibi farklı faktörler oksidasyonu artırmaktadır. Depolama koşullarının lipit oksidasyonunun artmasında önemli yeri vardır. Belirli işleme teknikleri de oksidasyonu stimüle edebilmektedir [25]. Et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunu etkileyen faktörler; kesme, doğrama işlemleri, kemik çıkarma, olgunlaştırma, katkı maddeleri, ısıtma, oksijene maruz kalma olarak sayılabilir [22]. Genel olarak, sayılan tüm bu işlemler kas zarının bozulmasına neden olarak oksidatif reaksiyonları tetiklemektedir. Serbest kalan

membran fosfolipitlerinin işlenmesi, oksidasyonu tetikleyen oksijen, enzimler veya metaller gibi prooksidan bileşenlerle temasın artması oksidasyonun artmasına neden olmaktadır [25].

Depolama/Saklama

Oksijen maruziyeti, depolama sırasında lipit oksidasyonuna katkıda bulunan önemli bir faktördür. Depolama sırasında oksijen yokluğunda, pro-oksidanların oksidasyon üzerinde minimum etki gösterdiği belirtilmiştir [22]. Et ve et ürünlerini saklama yöntemlerinden biri, dondurarak depolamadır. Dondurarak depolama sırasında, farklı et bileşenleri arasında reaksiyonlar meydana gelebilir. Örneğin, dondurulmuş ette fosfolipitlerin lipazlar tarafından parçalandığı gösterilmiştir. Bu reaksiyonlar çeşitli depolama sürelerinde ve donma sıcaklıklarında meydana gelmektedir [45]. Bir çalışmada, depolama sıcaklığının düşmesi ile lipit oksidasyon oranının azaldığı bildirilirken [47], farklı çalışmalarda sıcaklığın etkisinin olmadığı; ancak saklama süresinin artmasıyla oksidasyon düzeyinin de arttığı belirtilmiştir [45, 48, 49]. Örneğin 6 ay boyunca farklı sıcaklıklarda depolanan tavuk etinde, sıcaklığın lipit oksidasyonuna etkisinin olmadığı gösterilmiştir. Bununla birlikte, tavuk but ve göğüs etinde ortalama peroksit değerinin, 2 ve 3 aylık depolama sonunda yükseldiği; ancak 6 aylık depolamadan sonra düştüğü rapor edilmiştir. Artış, depolamanın 1, 2 ve 3. ayları sırasında peroksit oluşumunun daha hızlı olması, daha sonra ise peroksitlerin bozunması ile açıklanmıştır [45].

Depolama sırasında oksijen maruziyeti, sıcaklık ve sürenin dışında, paketlenme yöntemleri ve kullanılan malzemelerden de etkilenebilmektedir [7]. Yüksek miktarda oksijen ile ambalajlanan ette lipit oksidasyonu kısa bir süre içinde gerçekleşirken, paketlerdeki oksijenin azaltılması, oksidasyon oluşumunu azaltabilmektedir [40]. Vakumlu paketlenme, modifiye atmosfer paketlenme ve oksijen geçirgen paketlenme, çiğ ve pişmiş et için kullanılan yaygın yöntemlerdir. Ancak pişirilmiş et, saklama sırasında oksidatif değişikliklere daha duyarlı olduğundan, “vakumlu paketlenme işlemi”, pişmiş etler için tercih edilen en iyi yöntemdir. Bununla birlikte, paketlenme malzemeleri de oksijen geçirgen olduğundan, vakumlu paketlenme aşamasında dahi oksijeni tamamen engelleyememektedir ve paketlenmiş ette bir miktar oksijen kalmaktadır [7]. Oksijen geçirgen paketlenme, et için yaygın olarak kullanılan bir yöntem olsa da, vakumlu ve modifiye atmosfer paketlenme daha uzun raf ömrü sağlamaktadır [50].

İşleme teknikleri

Tuz (sodyum klorür), besinlerin su aktivitesini azaltarak koruyucu ve antimikrobiyal özellikleri ile et endüstrisinde en önemli katkı maddelerinden biri olarak kullanılmaktadır [22]. Et ürünlerine tuz eklenerek, su tutma kapasitesi iyileştirilmekte ve ayrıca bazı enzim faaliyetlerini etkileyerek etin lezzeti artırılabilir. Ancak, tuzun lipit oksidasyonunu hızlandırdığı, buna bağlı olarak et ve et ürünlerinin raf ömürlerini azaltan istenmeyen renk ve tat değişikliklerine neden olduğu da bildirilmektedir [51]. Tuz ile ilgili çalışma sonuçları çelişkili olup, bazı çalışmalar, tuzun çeşitli et türlerinde pro-oksidan olduğuna işaret ederken [41, 52, 53], bazı çalışmalar tuzun etkisiz olduğunu [42, 54, 55] ve hatta antioksidan etkileri olduğunu [42] göstermektedir. Ete farklı konsantrasyonlarda tuz eklenerek saklandığında tuz konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak oksidasyonun da arttığı rapor edilmiştir [52, 53]. Çiğ ve pişmiş etlerde tuz ilavesinin etkisi değerlendirildiğinde ise çiğ etin aksine pişmiş ette tuz ilavesinin pro-oksidan etki göstermediği, hatta heksanal oluşumunu önlediği belirtilmiştir [42].

Sodyum klorürün pro-oksidan etkisi üç olası mekanizma ile açıklanmaktadır. Birincisi, hücre zarı bütünlüğünü bozma kapasitesi ile oksitleyici ajanların lipit substratlara erişimini kolaylaştırmasıdır. İkinci olarak, demir iyonlarını hem proteinler gibi demir içeren moleküllerden serbest bırakmaktadır. Son olarak, glutatyon peroksidaz, katalaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini inhibe etmektedir [22, 51]. Endojen antioksidan enzimler, özellikle glutatyon peroksidaz ve katalaz, depolama sürecinde ette oksidasyonun başlamasını geciktirme potansiyeline sahiptir. Lipit oksidasyonu ve glutatyon peroksidaz aktivitesi arasındaki negatif ilişki, lipit oksidasyonunun kısmen glutatyon peroksidaz aktivitesindeki bir azalmayla ilişkili olabileceğini düşündürmektedir [41, 52].

Hazırlama ve pişirme

Lipit oksidasyonu gelişimi için en önemli faktörlerden biri oksijendir. Bu nedenle, kemik sıyırma, kesme, kıyma ve pişirme gibi işlemler oksidatif bozulmayı hızlandırabilir. Bu işlemlerde lipit oksidasyonuna yol açan mekanizmalar; boyut küçültme ile temas yüzeyinin artması ve membranların yırtılması sonucu fosfolipitlerin oksijene maruz kalması olarak açıklanmıştır [22]. Kesme, öğütme ve doğrama gibi işlemler etin yüzey alanını artırarak,

pişirme birçok antioksidan enzimi etkisiz hale getirerek ve et lipidlerini oksijene ve katalizörlere maruz bırakarak oksidatif değişiklikleri hızlandırmaktadır [7]. Pişirme sırasında oksijen kısıtlandığında pişmiş ette MDA seviyelerinin daha düşük olduğu gözlemlenebilmektedir. Sous-vide (vakumla paketlenerek düşük, kontrollü sıcaklıkta nispeten uzun süre pişirme tekniği) pişirme sırasında azalan oksijen mevcudiyeti, kısmen sınırlı ikincil lipid oksidasyonuna sahip olabilir [56].

Farklı pişirme yöntemleri, sıcaklık ve süre ette oksidasyon reaksiyonlarının gelişimini etkilemektedir. Yüksek sıcaklıkta pişirme, lipid oksidasyonunun artmasına neden olmaktadır [57]. Pişirme sırasında, fosfolipitlerin oksijene maruz kalmasının yanı sıra, hem-olmayan demirin hem pigmentlerden salınması da desteklenmektedir. Yavaş ve kontrollü ısının, hızlı ısıtmaya göre hem olmayan demirin salınımını daha hızlı artırdığı gösterilmiştir [22]. Fırında pişirme yönteminde uzun süre (20 dakika) ısı uygulanmasının, ızgara yönteminde daha kısa sürede (4 dakika) daha yüksek sıcaklık (190 °C) kullanımının neden olduğu değişikliklere göre daha yüksek oksidasyon oluşturduğu bulunmuştur. Oksidasyonun, düşük sıcaklıkta uzun süre pişirmeden daha fazla etkilendiği belirtilmiştir [57].

2.4.4. Polifenoller

Lipid oksidasyonunun hızı ve boyutu, sentetik veya doğal antioksidanların kullanımından da etkilenmektedir. Bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) ve bütillenmiş hidroksianisol (BHA) gibi “sentetik antioksidanlar” sıklıkla kullanılmasına rağmen, toksik etkileri nedeniyle işleme ve depolama sırasında et ürünlerinin bozulmasını önlemek için bir alternatif olarak “doğal antioksidanlara” olan ilgi artmıştır [58]. Bitkisel kökenli doğal antioksidanlar meyveler, çaylar, yağlı tohumlar, baharatlar, sebzeler, tahıllar gibi kaynaklardan sağlanabilmektedir. Antioksidanların özellikleri ve etki yolları kimyasal yapıları ile ilişkilidir. Kimyasal yapılarına göre başlıca antioksidan bileşikler; fenoller, tanenler, flavonoidler ve izoflavonoidler, antosiyaninler, lignanlar, stilbenler, tokoferoller, karotenoidler olarak sınıflandırılmıştır [59]. Antioksidanlar, oksidasyonu başlatan radikalleri temizleyerek, zincir reaksiyonunu kırarak, peroksitleri parçalayarak, lokalize oksijen konsantrasyonlarını azaltarak ve metal iyonları gibi zincir başlatıcı katalizörleri azaltarak lipid oksidasyonunu önleyebilir [60]. Antioksidanlar, etki şekillerine göre; birincil antioksidanlar, oksijen tutucular, ikincil antioksidanlar, enzimatik antioksidanlar, şelatlama maddeleri olarak beş kategoriye ayrılır (Çizelge 2.2). Birincil antioksidanlar, elektron veya hidrojen vererek

serbest radikal zincir reaksiyonlarını sonlandırır, oksijen tutucular oksijenle reaksiyona girer, ikincil antioksidanlar lipit hidroperoksitleri kararlı son ürünlere ayrıştırır, enzimatik antioksidanlar, oksijeni azaltır ve şelatlama maddeleri lipit oksidasyonunun katalizörleri olarak işlev gören bakır ve demir gibi metalik iyonları tutar [59]. Düşük konsantrasyonda bile fenolik bileşikler, bir antioksidan görevi görmekte ve besinleri oksidatif bozulmadan koruyabilmektedir. Fenolik antioksidanlar, serbest radikal sonlandırıcılar ve bazen de metal şelatlayıcılar olarak oksidasyon sürecine katılmaktadır [61].

Meyve ve sebzeler zengin antioksidan kaynaklarıdır ve et ürünlerinde oksidasyonu önlemek için doğal antioksidan kaynağı olarak düşünülmektedir [58]. Sebzelerdeki fenolik bileşikler hem serbest hem de bağlı formlarda bulunmaktadır. Esas olarak β -glukozit formundaki bağlı fenolik bileşikler, insan mide ve ince bağırsak sindiriminde bozulmadan kalabilir ve faydalı etkilerini gösterdikleri kolona ulaşabilmektedirler. Brokoli en yüksek toplam fenolik içeriğe sahip olup, onu ıspanak, soğan, kırmızıbiber, havuç, lahana, patates, marul, kereviz ve salatalık izlemektedir [61]. Et endüstrisinde en çok kullanılan meyve ve ekstraktları üzüm, erik, çilek, böğürtlen, kızılcık ve nardır [59]. Üzüm, meyveler arasında fenolik bileşiklerin ana kaynaklarından biridir. Üzüm kabuğu, yüksek miktarda polifenol ve tanenler, monomerik flavanoller ve flavonoller, fenolik asitler ve resveratrol içermektedir [62]. Antosiyaninler mor üzümlerde ana polifenolikler iken, flavan-3-oller (yani kateşinler) beyaz çeşitlerde daha bol bulunan fenoliktir [58]. Üzüm fenolikleri, özellikle üzüm kabuğunda yüksektir. Tek başına veya kombinasyon halinde antosiyanin ve fenolik bileşikler, farklı üzüm çeşitlerinin antioksidan aktivitesinden sorumludur [61]. Nar yüksek konsantrasyonda antioksidan içerir, antosiyaninlerin ve flavonoidlerin iyi kaynağıdır. Nar suyunun yeşil çay ve kırmızı şaraba göre üç kat daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur [58]. Nar, zengin bir hidrolize edilebilir tanen ve antosiyanin kaynağıdır. Nar suyunun işlenmesinden sonra bir yan ürün olan nar posası, yüksek polifenol içeriği nedeniyle doğal antioksidanlar üretmek için iyi bir hammadde olarak kullanılmaktadır [61]. Et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunu azaltmak ve raf ömrünü uzatmak için güçlü antioksidan kapasitesi ve antimikrobiyal özellikleri ile meyveler iyi bir seçenek olarak gösterilmiştir [63-65]. Polifenollerin et endüstrisinde saklama ve depolamada raf ömrünün uzatılması için kullanımının yanı sıra et ürünleriyle birlikte tüketildiğinde lipit oksidasyonunu azalttığına dair kanıtlar da mevcuttur [15, 66-69]. Etin pişirilmeden önce kırmızı şarap ile marine edilmesinin lipit oksidasyonunu önleme potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir [67]. Polifenolden zengin içeceklerin gastrointestinal sindirim koşulları altında lipit

oksidasyonunu azalttığı rapor edilmiştir [69]. Polifenoller tarafından MDA absorpsiyonu inhibisyonunun, mide ortamında lipit oksidasyonunun önlenmesini sağlayabileceği, böylece et ile birlikte verilen kırmızı şarabın MDA konsantrasyonunu azalttığı belirtilmiştir [15]. Postprandiyal oksidatif strese karşı yüksek yağlı yemek ile antioksidan açıdan zengin meyve suyunun birlikte alınması önerilmiştir [68]. Nar suyu, siyah frenk üzümü suyu ve kırmızı şarabın serum lipit oksidasyonunu sırasıyla %38, %38 ve %31 azaltma oranları ile güçlü antioksidanlar olarak rapor edilmiş, üzüm suyu ise %23 ile en az etkili antioksidan meyve suyu olarak belirtilmiştir [66]. Yine kırmızı meyvelerden oluşan karışık meyve suyu, yeşil çay, kahve ve kırmızı şarap asidik ortamda oksidasyonu önemli ölçüde azaltırken, ticari portakal suyu ve askorbik asidin lipit oksidasyonunu artırdığı rapor edilmiştir. Ticari portakal suyunda askorbat formunda bulunan askorbik asidin bulunduğu, askorbatın, çok fazla sistemlerde, Fe^{+3} iyonlarını Fe^{+2} iyonlarına indirgeme yeteneği ile lipit oksidasyonunu artırdığı belirtilmiştir [70].

Çizelge 2.2. Etki şekillerine göre antioksidanların sınıflandırılması [59]

Antioksidan sınıfları	Örnekler
Birincil antioksidanlar	Fenolik bileşikler, tokoferol, sentetik antioksidanlar (alkil gallat, bütil hidroksi anisol (bha), bütil hidrokinon (bhq), tersiyer bütil hidrokinon (tbhq))
Oksijen tutucular	C vitamini, E vitamini, askorbil palmitat, eritorbik asit ve tuzları
İkincil antioksidanlar	Dilauril tiyopropiyonat, diyodipropiyonik asit
Enzimatik antioksidanlar	Glukoz oksidaz, süperoksit dismutaz, katalaz
Şelatlama maddeleri	Sitrik asit, etilen diamin tetraasetik asit (edta)

2.5. Gastrointestinal Sindirim Koşulları Altında Lipit Oksidasyonu

Son yıllarda, lipit oksidasyonu ile ilgili bazı çalışmalar, pro-oksidatif koşullar ile karakterize edilen özel bir ortam olan gastrointestinal sisteme odaklanmıştır [18, 33, 38, 71-73]. Başlangıçta, insan sağlığı için ana riskin işleme ve depolama sırasında oluşan lipit oksidasyon ürünlerinin tüketimi olduğu düşünülürken, yakın zamanlarda besinlerin sindirimi sırasında lipit oksidasyon ürünlerinin oluşma olasılığına ilişkin ilgi artmıştır [74]. Gastrointestinal sistemden geçişleri sırasında diyet lipitleri, sindirim ürünlerinin

enterositlere alımı gerçekleşene kadar birkaç reaksiyona girer. Bu reaksiyonlardan biri, lipidlerin daha sonra kan dolaşımına salınması için gerekli olan trigliseritlerin enzimatik hidrolizidir ve esas olarak duodenum ve midede bulunan lipazlar tarafından gerçekleştirilmektedir [75]. Lipolize ek olarak, gastrointestinal sindirim sırasında lipidlerin oksidatif bozunması da görülmektedir. Lipitler kaçınılmaz olarak gastrointestinal sistemin pro-oksidan koşullarına maruz kalmaktadır [71]. Mide bir biyoreaktör görevi görmekte ve lipid oksidasyonunu, serbest radikallerin oluşumunu, ikincil lipid peroksidasyon ürünlerini ve vitaminlerin ko-oksidasyonunu artırmak için uygun bir ortam olarak görülmektedir [72]. Genel olarak açlık durumunda insan midesinin pH'ı 1 ila 3 arasındadır [75]. Midenin düşük pH'ı, çiğneme sırasında besinlerle alınan oksijen ve besin bolusunda bulunan veya metaloproteinler gibi diğer besin bileşenlerinden salınan reaktif türlerin varlığı sindirim sırasında lipid oksidasyonunu etkileyen faktörlerdir [71]. Çoğu yiyeceğin oksijen içerdiği ve çiğneme sürecinin oksijen konsantrasyonlarını artırabileceği belirtilmektedir [74]. Çiğneme esnasında alınan hava midede aerobik bir ortam oluşturarak lipid oksidasyon ürünlerinin mide sıvısında oluşumuna katkıda bulunabilmektedir [76]. İnce bağırsaklarda oksijene maruziyet düşük olsa bile, mide koşulları altında oluşan ROS veya tüketilen besinde önceden oluşmuş oksidasyon ürünleri ince bağırsağa ulaşarak oksidasyon reaksiyonlarını artırabilir. Lipid oksidasyonunun mide veya bağırsak aşamasında veya her ikisinde meydana geldiğini, oksidasyon ürünlerinin konsantrasyonunun artması veya değişmeden kalmasının, sindirilen lipidlerle ilgili faktörlere ve aynı zamanda prooksidan veya antioksidan diğer bileşenlerin varlığına bağlı olabileceği rapor edilmiştir [71]. Diyetle alınan demirin, sindirim sırasında lipid oksidasyonunu tetikleyebildiği de belirtilmiştir [77]. Diyetle alınan demir, oksijen ve emülsifiye lipidler midede etkileşime girmekte ve lipid oksidasyonu oluşmaktadır. Bu şekilde oluşan lipid hidroperoksitler midede hidroksi yağ asitlerine ve aldehitler ve epoksitler gibi potansiyel olarak toksik bileşiklere ayrılarak şilomikronlar tarafından karaciğere ve son olarak kan dolaşımına katılmaktadır [78]. Reaktif aldehitler, ketonlar ve epoksitler gibi lipid hidroperoksitlerin parçalanmasıyla oluşan bu ürünlerin çoğu sitotoksiktir. Midede oluşuktan sonra bağırsak tarafından kolaylıkla emilerek proteinler ve lipidlerle etkileşime girmekte ve ileri lipid oksidasyon son ürünleri oluşturmaktadır [72].

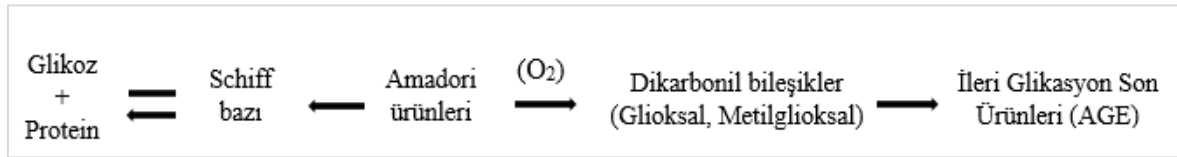
2.6. İleri Glikasyon Son Ürünleri ve Oluşum Mekanizması

Glikasyon, serbest karbonil grubu taşıyan bileşikler ile protein, lipid veya nükleik asitlerin serbest amino gruplarının reaksiyona girmesiyle başlar. Aralarında oksidasyonun da yer

aldığı ve ROS'ların da olduğu erken glikasyon ürünleri, bir dizi geri dönüşümsüz reaksiyon ile AGE'ye dönüşür [79]. İleri glikasyon son ürünleri, bir dizi enzimatik olmayan reaksiyon yoluyla oluşan heterojen bileşikler grubunu tanımlamak için kullanılan bir terimdir [80]. Fizyolojik koşullar altında AGE'lerin oluşumunda dört tür işlem tanımlanmıştır: (1) monosakkarit oto-oksidasyonu (otoksidatif glikosilasyon) veya bir proteine bağlanmamış sakkaritlerin bozunması, (2) Schiff bazı parçalanması, (3) fruktozamin bozunması ve (4) glikolitik ara ürünlerin degradasyonundan ve lipid peroksidasyonundan α , β -dikarbonil bileşiklerinin oluşması [81].

Temelde AGE'ler eksojen ve endojen AGE'ler olarak kategorize edilebilir. Endojen AGE'ler organlarda, dokularda ve vücut sıvılarında fizyolojik glikasyon süreçleri sırasında oluşurken, diyetel AGE'ler olarak da bilinen eksojen AGE'lerin ana kaynağı tütün ve bazı yiyeceklerdir [82]. Diyabette, yüksek plazma glukozu durumlarında endojen AGE oluşumu hızlanmaktadır [83]. Oksidatif stres durumlarında, yağ asitlerinin ve glukozun oksidasyonunun, AGE oluşumuna katkıda bulunan MGO gibi reaktif karbonillerin üretimine yol açabileceği belirtilmiştir [80]. Eksojen kaynaklardan olan sigara dumanı, oldukça reaktif olan ve AGE oluşumuna yol açan glikasyon ürünleri içerir. Diyetel AGE'lerin oluşumları büyük ölçüde pişirme yöntemlerine bağlıdır [80]. Besinlerde AGE'ler Maillard veya esmerleşme reaksiyonu olarak bilinen enzimatik olmayan bir reaksiyonla oluşur [84]. Maillard reaksiyonu, indirgen şekerler ile amino asitler, peptitler, proteinler ve nükleik asitler gibi serbest amino gruplarına sahip moleküller arasında meydana gelen bir tür glikasyon reaksiyonudur. Başlangıç, ara ve son basamak olmak üzere genelde üç aşamalı olarak incelenen bu reaksiyonda ilk basamak, termodinamik olarak kararsız olan Schiff bazı oluşumudur [82]. Bu basamakta glukoz, enzimatik olmayan bir yolla bir proteinin, lipitin veya DNA'nın serbest bir amino asidine (temelde lizin ve arginin) bağlanır. Bu ilk adımın başlaması glukoz konsantrasyonuna bağlıdır ve saatler içinde gerçekleşir. Glukoz konsantrasyonu azalırsa, bu reaksiyon tersine çevrilebilir [85]. Ara basamakta Schiff bazı daha kararlı bir α -ketoamin olan ve Amadori ürünü olarak adlandırılan ara glikasyon ürünü oluşturmak için yeniden düzenlemeye girer. Bu Schiff bazıları ve Amadori ürünleri ilk glikasyon ürünleridir ve bu aşamada geri dönüşümlüdür [80]. Bu Amadori ürünleri daha sonra oldukça reaktif bileşikler olan GO ve MGO gibi dikarbonil bileşikleri oluşturmak için geri döndürülemez dehidrasyon ve yoğunlaşma reaksiyonlarına uğrar ve sonunda belirli bir floresansa sahip sarımsı kahverengi materyaller olan AGE'ler üretir [83]. İleri glikasyon son ürünleri oluşum mekanizması Şekil 2.2'de verilmiştir. Maillard reaksiyonunun yanı sıra,

AGE'ler glukozun otoksidasyonu ve oksidatif stresteki artışla lipitlerin dikarbonil türevlerine peroksidasyonu gibi başka yollarla da oluşabilir. A-oksaldehitler (GO, MGO ve 3-deoksiglukozon) olarak bilinen bu dikarbonil türevleri, monoasitlerle etkileşime girebilir ve AGE'ler oluşturabilir. Diğer bir mekanizma, glukozun aldoz redüktaz enzimi tarafından sorbitole ve ardından sorbitol dehidrojenazın etkisiyle fruktoza dönüştürüldüğü polyol yoludur. Fruktoz metabolitleri (fruktoz 3-fosfat olarak) daha sonra α -oksaldehitlere dönüştürülür ve AGE'ler oluşturmak için monoasitlerle etkileşime girer [85].



Şekil 2.2. İleri glikasyon son ürünleri oluşum mekanizması [83]

Protein ve lipit glikoksidasyondan türetilen AGE'ler arasında, oldukça reaktif olan kararlı ve nispeten inert karboksimetil-lizin (CML), GO ve MGO bulunmaktadır [84]. Keşfedilen ilk glikoksidasyon ürünü olan karboksimetil-lizin, hem besinlerde hem de biyolojik sistemlerde oluşabilmektedir. Karboksimetil-lizin oluşum yolları arasında en önemli olanlar; AGE yolu ile CML üreten fruktosil-lizinin oksidasyonu ve lipit peroksidasyonu sırasında üretilen GO'nun, lizinin ϵ -amino grubu ile doğrudan reaksiyonudur. Çoklu oluşum yolları nedeniyle, besinlerde en fazla oluşan bileşiklerdendir [86]. Karboksimetil-lizin stabildir ve bağlı formda bulunur. Bağlı form, indirgeyici şekerlerin karbonil grubu, oksidasyon ürünleri veya lipit peroksidasyon ürünleri, peptitlerin ve proteinlerin lizin kalıntılarının ϵ -amino grubu ile reaksiyona girdiğinde oluşmaktadır [87]. Diyetle alınan CML'nin dolaşımdaki CML seviyelerini önemli ölçüde artırdığı, böylece glikasyon ve inflamatuvar hastalıkların gelişmesine neden olabildiği bildirilmiştir [88]. Glukoz oksidasyonu ve lipit peroksidasyonu ile oluşabilen GO, CML oluşturan lizinin ϵ -amino grubu ile de doğrudan reaksiyona girebilmektedir [89].

Glioksal en küçük dialdehittir ve su çözeltisinde hidratlar oluşturan sarı renkli bir sıvıdır [90]. Endojen ve eksojen yollardan GO oluşabilmektedir. Endojen oluşum mekanizmaları ile ilgili olarak, GO temel olarak şekerler, lipitler ve bunların metabolitlerinden oluşabilmektedir. Şekerler, iki ana yoldan GO oluşturabilmektedir. Birincisi, fosfatların ve geçiş metal iyonlarının varlığıyla teşvik edilen doğrudan otoksidasyon reaksiyonlarını içerir. İkinci yol Maillard reaksiyonunu içerir ve Amadori ürünleri aracılığıyla gerçekleşir [91].

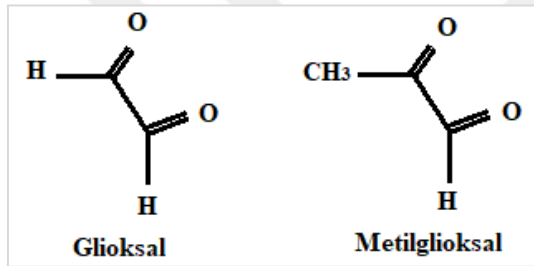
Şekerler genellikle ana kaynak olarak görülse de, GO, lipidlerin oksidasyonu ile de oluşabilmektedir [81]. Linoleik ve linolenik asitler gibi çoklu doymamış yağ asitlerinin enzimatik olmayan peroksidasyonu, peroksit ara ürünleri oluşturur ve bu ara ürünler daha sonra GO dahil çeşitli oksidatif ürünler verecek şekilde bozunur [91]. Glioksal birincil olarak iki arginin veya lizin kalıntısı ile reaksiyona girmekte ve imidazol çapraz bağlı ürünler vermektedir [90]. Biyolojik matrislerde bulunan GO'nun %90'ından fazlasının kovalent olarak sistein, arginin ve lizin kalıntılarına bağlandığı ve dolayısıyla protein glikasyonunda anahtar bir role sahip olduğu belirtilmiştir [91].

Metilglioksal keskin kokulu, berrak sarı, hafif viskoz bir sıvıdır [92]. Sulu çözelti içinde üç denge formunda bulunur; monohidrat en yüksek (%71), ardından dihidrat (%28) ve susuz form yalnızca yaklaşık %1'dir. Sıcaklık ve su içeriğine bağlı olarak, MGO daha az reaktif karbonil olmayan formdan daha reaktif karbonil ve dikarbonil formlarına dönüşebilir [90]. Hücrelerde, glikoliz sırasında üretilen gliseraldehit-3-fosfat ve dihidroksiaseton fosfatın parçalanması, aminoasetonun oksidasyonu ve lipid peroksidasyon ürünlerinin parçalanması ile oluşur [93]. Metilglioksal, besinlerde beş yolla oluşabilir; (1) Maillard reaksiyonu, (2) heksozların otoksidasyonu, (3) doymamış yağ asitlerinin lipidlerdeki oksidasyonu, (4) dihidroksiasetonun dehidrasyonu, (5) glikoliz sırasında oluşan bir ara ürün olan ve MGO sentazın katalizi altında MGO'ya dönüştürülebilen dihidroksiaseton fosfatın mikrobiyal metabolizmasıdır [92]. Besinlerde MGO'nun ana kaynakları şekerler ve lipidlerle temsil edilir. Metilglioksal oluşturabilir ve mono-, oligo- ve polisakkaritlerin ısıtılmasıyla karamelizasyon sırasında oluşabilir. Isıtma işlemlerinin yanı sıra, uzun süreli depolama da özellikle basit karbonhidrat içeriği yüksek besinlerde şekerleri bozarak MGO oluşturabilir. Endüstriyel üretim ve depolama nedeniyle, lipidler de MGO birikimine neden olarak parçalanabilir. Ayrıca, mikrobiyal yoldan oluşabilmesi nedeniyle fermantasyon, alkollü içeceklerde ve fermente besinlerde bu dikarbonil ürününün artmasına neden olabilir [91].

Metilglioksal ve GO, çok miktarda karbonhidrat içeren yiyeceklerde veya yüksek sıcaklıklarda işlenen yiyeceklerde bulunur. Tipik örnekler arasında fırınlanmış etler, soya içeren soslar ve gazlı alkolsüz içecekler bulunur [94]. Spesifik olarak, fermente etme, kavurma, fırınlama veya kızartma işlemleriyle hazırlanan tüm yiyecekler GO kaynaklarıdır [95]. Metilglioksal oluşumu, işleme teknolojisi ve besin formülasyonlarından etkilenir. Örneğin, patates cipsi, 700 W'de 2 dakika mikrodalga ile hazırlandığında, 160 °C'de 7 dakika

kızartmaya göre daha fazla MGO üretir ve yüksek kızartma sıcaklığı, yüksek düzeyde MGO verir [96].

Amadori ürünlerinin bozunması, poliol yolu ve lipid peroksidasyonu gibi yollarla üretilen α -dikarboniller; lizin ve arginin yan zincirlerinin tek bir amino grubu ile veya proteinlerdeki tiyol sistein grubu ile reaksiyona girer veya alternatif olarak bu kalıntıların ikisini çapraz bağlar. Bu reaksiyonlar, daha sonra AGE oluşumuna yol açar [97]. Isıl işlem görmüş besinlerde, oluşan MGO'nun %90'ından fazlasının diğer bileşiklere, özellikle AGE'lere dönüştüğü belirtilmektedir [92]. Glioksal ve MGO'nun kimyasal yapısı Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Glioksal ve Metilglioksal kimyasal yapısı [90]

2.7. İleri Glikasyon Son Ürünlerinin Sağlığa Zararları

İleri glikasyon son ürünlerinin oluşumu normal metabolizmanın bir parçasıdır; ancak dokularda ve dolaşımda aşırı yüksek AGE düzeylerine ulaşırsa patojen olabilir [84]. Aşırı AGE birikimi, hücreler arasındaki iletişimi inhibe ederek, protein yapısını değiştirerek ve arter duvarında lipid birikimine katılarak önemli hücresel işlev bozukluğuna neden olur [98]. Hücre yüzey reseptörleri ile etkileşime giren AGE'ler, proinflamatuvar ve prooksidan durumu artırabilir [99].

Endojen olarak; yaşlanma sırasında proteinler sürekli olarak reaktif bileşiklere maruz kalır. Glioksal, MGO ve 3-dezoksiyozon gibi bu reaktif karbonil bileşikler AGE oluşumuna neden olur. Yaşla birlikte AGE ile modifiye edilmiş proteinler vücutta birikir ve diyabet, nörodejeneratif ve kardiyovasküler hastalıklar dahil olmak üzere yaşla ilişkili bir dizi hastalıkta rol oynayabilir [100]. Endojen AGE oluşumuna ek olarak, AGE'lerin eksojen olarak alınması, vücutta birikimlerine önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Sigara dumanı, AGE oluşumuna yol açan glikasyon ürünleri içerir. AGE'ler ayrıca besinlerde oluşur ve

oluşumları büyük ölçüde pişirme yöntemlerine bağlıdır [80]. Endojen ve eksojen AGE'ler iki ayrı kaynak olarak kabul edilse de, son zamanlarda sinerjik olarak hareket edebilecekleri ve AGE'lerin sağlığa zararlı etkilerini artırabilecek genel bir glikotoksin yüke katkıda bulunabilecekleri rapor edilmiştir [86]. Dolaşımdaki bu glikotoksinlerin, özellikle tip-2 diyabet, kronik böbrek hastalıkları ve kardiyovasküler bozukluklar olmak üzere çeşitli kronik hastalıkların patogeneze katkıda bulunduğu belirtilmiştir [82]. Diyetel AGE'lerin kardiyometabolik etkilerinden bazıları, endotel disfonksiyonuna ve insülin direncine yol açabilen proinflamatuvar, oksidasyon ve anjiyojenik belirteçlerdeki artıştır [99]. Alzheimer hastalarında, hücre dışı plaklarda ve hücre içi nörofibriler yumaklarda AGE birikimleri ve ilişkili protein çapraz bağlanması gösterilmiştir [100]. Randomize kontrollü çalışmalarla yapılan sistematik bir derlemede yüksek AGE içeren diyetin, inflamasyon ve oksidatif stres gibi kronik hastalıklarla ilişkili risk faktörlerine katkıda bulunabileceği rapor edilmiştir. Ayrıca yüksek AGE içeren diyetin, tüm popülasyonlarda dolaşımdaki tümör nekroz faktörü-alfa ve AGE'leri artırdığı, sağlıklı yetişkinlerde 8-izoprostanları ve diyabetli hastalarda vasküler hücre adezyon molekülü-1'i artırdığı belirtilmiştir [101]. Yüksek AGE içeren tek bir öğünün bile akut endotel disfonksiyonuna neden olabileceği ifade edilmiştir [102]. Bu bağlamda düşük AGE içeren diyetin kronik hastalıkları önlemede umut verici bir müdahale olduğu öne sürülmüştür [103].

2.8. İleri Glikasyon Son Ürünlerinin Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Endojen olarak oluşan AGE'lere ek olarak, AGE'ler besinlerde de bulunmaktadır. Doğal olarak pişmemiş hayvansal kaynaklı besinlerde bulunsun da, pişirme ile de yeni AGE'ler oluşmaktadır [84]. Besin hazırlama ve işleme tekniklerinin diyetel AGE oluşumunu belirlediği kabul edilmektedir. Yüksek sıcaklıklar ve uzun pişirme süreleri besinlerdeki AGE oluşumunu artırmaktadır [104]. Kuru ısı ile pişirmenin AGE oluşumunu 100 kata kadar artırabileceği belirtilmiştir [81]. Özellikle ızgara, kavurma ve kızartma yeni AGE oluşumunu hızlandırmaktadır [84]. Besinlerde AGE oluşumu, fırında yüksek nemde, daha kısa pişirme sürelerinde, daha düşük pişirme sıcaklıklarında veya limon suyu veya sirke gibi asidik bileşenlerin kullanılmasıyla azaltılabilir [81]. Besinlerde oluşan AGE'lerin oluşum hızı; besinlerin kompozisyonu, geçiş metallerinin varlığı ve pro- ve antioksidanların mevcudiyeti gibi faktörlere bağlıdır. Reaksiyon süresi, sıcaklık, reaktan konsantrasyonları, nem ve pH'nın Maillard reaksiyonunun hızı üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir [105].

2.8.1. Besinlerin kompozisyonu

Substrat konsantrasyonu herhangi bir reaksiyon için kritiktir ve bu durumda, amino grubunun besinlerdeki konsantrasyonu oldukça önemlidir. Besin bileşimi ile AGE içeriği arasında bir ilişki olduğu ileri sürülmüştür [99]. Yüksek proteinli / yüksek yağlı yiyecekler (et, tavuk gibi), düşük yağlı veya karbonhidrat açısından zengin yiyeceklerle (meyveler, sebzeler, tahıllar, baklagiller ve yağsız süt gibi) kıyasla daha yüksek AGE seviyelerine sahiptir [106]. Karbonhidrat grupları, et ve yağlara kıyasla daha yüksek su içeriği ve indirgeyici olmayan şekerler nedeniyle genellikle daha düşük miktarlarda AGE içerir. Bununla birlikte, karbonatlı veya şekerle tatlandırılmış içeceklerin belirgin şekilde yüksek AGE içerikleri vardır [107]. Yağların üretiminde önemli faktörler olan ısı, nem yokluğu ve metal varlığı ile glukoksidasyon ve lipoksidasyon tetiklenebilmektedir. Bu nedenle, AGE'ler, protein içeriği ihmal edilebilir olmasına rağmen yağlarda da oluşmaktadır [108]. Batı tarzı diyetlerde sıklıkla bulunan işlenmiş etlerde ve yüksek yağ ve protein içeriğine sahip besinlerde yüksek AGE içeriği olduğu belirtilmiştir [81]. Ette peptit, protein ve amino asit yapısında bulunan tiyol ve amino grupları ile ete özgü bir amino asit olan kreatin, α -dikarbonil bileşikler yakalamak için oldukça reaktif bir bileşik olarak belirtilmektedir [109]. Bunun yanı sıra tahıllar, baklagiller, ekmekler, sebzeler, meyveler ve süt, ilave yağlarla hazırlanmadıkça AGE içeriği en düşük besinler arasındadır. Ancak bisküviler, ekmeklerde bulunan AGE miktarın 10 katından fazlasını içerebilmektedir [84].

Farklı besinler ve bunların AGE içeriklerinin yer aldığı geniş bir veri tabanı oluşturulmuştur [108]. Bu veritabanına göre yağ grubu en yüksek ortalama AGE değerlerini içermektedir. Bu grupta, tereyağı ve işlenmiş krem peynir, margarin ve mayonez gibi sürülebilir ürünler en yüksek miktarları göstermektedir. Et grubu besinler için de yüksek AGE değerleri gösterilmiştir. Bu grup içinde en yüksek seviyeler peynirler için belirlenmiş, bunu dana eti ve kümes hayvanları, tofu, balık ve bütün yumurta izlemiştir [108]. Yağlar, gram ağırlığı başına daha fazla AGE içerse de etler, yağlardan daha büyük porsiyonlarda tüketildiğinden, toplam diyetel AGE alımına daha fazla katkıda bulunduğu ifade edilmiştir. Bununla birlikte yağsız kırmızı et ve kümes hayvan etlerinin kuru ısıda pişirildiğinde yüksek düzeyde AGE içerdiği gösterilmiştir. Bu durum, yağsız kasın hücre içi bileşenleri arasında yüksek derecede reaktif amino-lipitlerin bulunmasının yanı sıra fruktoz veya glukoz-6-fosfat gibi indirgeyici şekerlerin bulunmasına atfedilmiş, bunların kombinasyonunun ısı varlığında yeni AGE oluşumu hızlandığı ifade edilmiştir [84].

2.8.2. Pişirme

Isıl işlemler, besin endüstrisinde besinlerin lezzetini, dokusunu, raf ömrünü ve güvenliğini iyileştirmek için yaygın olarak kullanılan uygulamalardır [82]. Yüksek sıcaklık teknikleri ile, bazı besinler için arzu edilen tatlandırıcı ve renklendirici maddeler oluşur: kahve, kakao ve tahılların kavrulması, kek ve ekmeğin pişirilmesi ve etin ızgara yapılması bu yiyeceklere istenen renk ve aroma verir [104]. Bu olumlu etkilere ek olarak, ısı ile protein degradasyonu ve Maillard reaksiyonu gibi bazı reaksiyonlar tetiklenebilir. Bu reaksiyon sırasında oluşan ürünlerden bazıları furfuraller, pirralinler ve MGO gibi dikarbonil bileşikleridir [85]. Maillard reaksiyonu, ısı işlemlerden sonra ortaya çıkan en baskın reaksiyondur; burada indirgen şeker proteinler, peptitler veya serbest amino asitlerin amino grupları ile glikolize ürünler meydana getirir [82]. Maillard reaksiyonundan elde edilen lezzet, (i) yalnızca karbonhidratlardan, (ii) bir karbonhidrat ve amino asit kombinasyonundan ve (iii) yalnızca amino asitlerden olmak üzere üç yolu izleyebilir; bunların arasında MGO ve GO, ara ürünler olarak önemli roller oynar. Maillard reaksiyonunun başlangıcında karbonhidratlar glukozlara dönüşebilir ve daha sonra bu glikasonlar ya lezzet bileşiklerine dönüşür ya da MGO ve GO gibi a-dikarbonillere parçalanır [90]. Maillard reaksiyonunun hızı, artan sıcaklıkla, pH değerinden etkilenecek ve şeker reaktantının boyutunun küçülmesiyle hızlanır [104].

Sıcaklık ve pişirme yöntemlerinin, AGE oluşumu için pişirme süresinden daha kritik olduğu öne sürülmüştür. Sıvı ortamda daha uzun süre kaynatılan örneklerle karşılaştırıldığında, kısa sürede 230 °C'de kızartılan veya ızgara yapılan besinlerin daha yüksek AGE değerleri içermesi bu durumun göstergelerindendir [108]. Maillard reaksiyon hızının, sıcaklık 10 °C artırıldığında en az iki katına çıktığı varsayılmaktadır [81]. Maillard reaksiyonunun gelişimi değerlendirildiğinde, 20 °C'de dört hafta, 100 °C'de 3 saat ve 150 °C'de 5 dakika yaklaşık olarak aynı AGE değerini vermektedir [105]. Ekmekte pişirme sıcaklığının 250 °C'den 200 °C'ye düşürülmesi, %20 daha düşük AGE oluşumu sağlayabilmektedir [80].

Pastörizasyon, sterilizasyon, kavurma, fırınlama, kızartma veya kaynatma gibi yiyecek işleme teknikleri AGE içeriğini büyük ölçüde etkileyebilmektedir [110]. Kuru ısı kullanan besin işleme ve pişirme teknikleri (kızartma, kavurma, fırınlama, ızgara, mangal yapma), haşlama veya buharda pişirme gibi daha yüksek su içeriğiyle daha uzun süre daha düşük sıcaklıklar kullanan tekniklere kıyasla daha fazla AGE oluşumuna neden olmaktadır [80].

Sıcaklık, Maillard reaksiyonunu önemli ölçüde etkilediğinden dolayı ızgara, kavurma ve kızartma gibi yüksek pişirme sıcaklığı kullanılan yöntemler AGE oluşumunu kolaylaştırmaktadır [99]. Tüm kategorilerde, AGE oluşumu için eğilim, fırında kızartma (230°C) > derin yağda kızartma ve ızgara (180°C) > kavurma (177 °C) > haşlamadır (100 °C) [108]. Diyetteki AGE içeriğinin oluşumunu azaltmanın yollarından biri pişirme süresini ve sıcaklığını düşürmektir [104].

2.8.3. Nem

Nem, Maillard reaksiyonunu artırmak veya inhibe etmek için önemli bir faktördür [99]. Besinlerin su içeriği AGE oluşumunu etkiler. Düşük nem Maillard reaksiyonunu ve AGE oluşumunu hızlandırır [104]. Bununla birlikte, tam dehidrasyon veya aşırı nem koşullarının Maillard reaksiyonları sürecini engellediği bilinmektedir [107]. Maillard reaksiyonunun hızı, orta nem aralığında (su aktivitesi, 0.4-0.7) maksimuma ulaşmaya kadar, reaktanların artan hareketliliğine bağlı olarak artar [81]. Daha yüksek nem seviyelerinde, sulu fazdaki reaktanların seyrelmesine bağlı olarak reaksiyon hızında bir azalma gözlenir [105]. Bu nedenlerden, su veya başka bir sıvıyla hazırlanan yemeklerin AGE oluşturma olasılığı daha düşüktür. Karbonil ve amino grubu arasındaki yoğunlaşma reaksiyonu sırasında bir su molekülü açığa çıkar; dolayısıyla sulu ortamda reaksiyon dengesi, AGE oluşumunu azaltma yönünde yer değiştirir. Buna bağlı olarak, haşlanmış veya buharda pişirilmiş yiyecekler AGE oluşumuna daha az eğilimlidir [99].

2.8.4. pH

Sıcaklık ve su aktivitesinin yanı sıra pH da Maillard reaksiyonunu büyük ölçüde etkiler [81]. Nem dengesinde olduğu gibi pH, reaksiyonu desteklemek veya inhibe etmede önemlidir. Alkali bir pH Schiff bazı oluşumunu destekler ve AGE oluşumu için optimum pH 10 civarındadır. Buna karşın, düşük pH reaksiyonu azaltır [99]. Alkali koşullarda proteinin amino grupları bazik formdadır ve şekerler indirgeyici veya açık zincir formundadır. Bu durum reaktiviteyi artırdığından, yüksek pH seviyeleri AGE oluşumunu artırır [80, 104]. Reaktiflerin başlangıç pH'sı ve tamponlama kapasitesi, Maillard reaksiyonunun hem hızını hem de yönünü etkiler. Hem Amadori hem de Heyns yeniden düzenlemelerini katalize etmek için gerekli olan H⁺ iyonlarının eksikliği, yüksek pH değerlerinde hız belirleyicidir. Maillard reaksiyonu ilerledikçe, bazik amino gruplarının tükenmesi ve aynı zamanda kısa zincirli

asitlerin oluşumu nedeniyle sistemin pH'sı düşer [81]. Bu nedenle, proteinlerin enzimatik olmayan glikasyon sürecini güçlendirdiği için daha yüksek bir pH koşulunun olduğu kabul edilir [107]. Sirke veya limon suyu gibi asidik bileşenlerin kullanımı ette AGE oluşumunu azaltır [99]. Bu nedenle etleri pişirmeden önce, sirke veya limonla marine etmek, pH'larını düşürerek AGE oluşumunu azalttığı için önerilen uygulamalardandır [80].

2.8.5. Polifenoller

Polifenoller doğal bitki metabolitleridir ve en önemli diyet kaynakları meyveler, sebzeler, soya fasulyesi ile kırmızı şarap, yeşil ve siyah çay gibi içeceklerdir [111]. Bugüne kadar 8000'den fazla fenolik bileşik tanımlanmış ve kimyasal yapılarına göre fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler, lignanlar, kumarinler ve kurkuminoidler olarak sınıflandırılmıştır [112]. Bitkilerde flavonoidlerin çoğu glukozit formunda bulunmaktadır ve glukozitler en yaygın bitkisel kaynaklı AGE inhibitörleridir [113]. Polifenoller, proteinlerin çapraz bağlanmasını kırma, metal iyonlarını şelatlama, ROS'ların inhibisyonu, antioksidan aktivasyonu, dikarbonil yakalama gibi farklı yöntemlerle AGE'leri inhibe etmektedir [112, 114]. Fenolik bileşiklerin protein glikasyonunu inhibe ettiği bulunmuştur. Maillard reaksiyonu metal iyonları tarafından desteklendiğinden, inhibitör etkinin, metal şelasyon aktiviteleriyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Fenolik bileşiklerin glikasyona karşı inhibe edici mekanizması aynı zamanda antioksidan özelliklerinden kaynaklanmaktadır [97]. Serbest radikal temizleme kabiliyetleri ile ilişkilendirilen antioksidan aktivitesi ile GO gelişiminin inhibisyonu pozitif bir şekilde bağlantılıdır. Antioksidan aktiviteleri ile lipid oksidasyonunu önleyerek GO seviyesini düşürmektedir [114]. Flavanoller, kalkonlar, stilbenler, izoflavonlar ve fenolik asitler gibi doğal fenolik bileşiklerin hem glikoksidasyonu önleyerek hem de AGE'lerin önemli öncülleri olan GO ve MGO gibi reaktif dikarbonilleri temizleyerek AGE'lerin oluşumunu inhibe ettiği belirtilmiştir [90, 115]. İki ana AGE öncüsü olan reaktif MGO ve GO, AGE'leri oluşturmak için lizin ve arginin kalıntıları modifiye etmektedir. Polifenollerin, lizin ve arginin'den daha reaktif olması nedeniyle GO ve MGO polifenollere bağlanarak temizlenmekte ve böylece AGE'lerin gelişimi inhibe edilebilmektedir [114].

Farklı aşamalarda protein glikasyonunun inhibisyonu, farklı diyet flavonoidleri kullanılarak incelenmiştir. Luteolin, rutin, epigallokateşin-3-gallat ve kuersetin, MGO aracılı AGE oluşumu üzerinde sırasıyla %82,2; %77,7; %69,1 ve %65,3 düzeyinde önemli inhibitör

etkiler göstermiştir [90]. Kayısı ve şeftali çekirdeği ekstraktlarının 1,2-dikarbonilleri doğrudan yakalama kapasiteleri yoluyla AGE oluşumunu inhibe ettiği görülmüştür [115]. Üzüm kabuk ve çekirdeklerinden oluşan üzüm posası, şarap yapımının ana ürünüdür ve zengin bir flavonoid kaynağıdır. Metilglioksal yakalama yeteneği hem kırmızı hem de beyaz üzüm kabuğu özleri için gösterilmiş ve kırmızı üzüm kabuğunda beyaz üzüm kabuğuna göre daha yüksek bulunmuştur. Üzüm çeşitlerinin karbonil yakalama yeteneği ile toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasitesi arasında önemli bir ilişki olduğu belirtilmiştir [97]. Karbonilleri temizlemede ve AGE oluşumunu engellemede çeşitli fitokimyasalların etkili olduğu ileri sürülmüştür. Yeşil çaydan elde edilen flavan-3-ol'lerin, simüle edilmiş fizyolojik koşullar altında toksik MGO yakaladığı bulunmuştur. Tarçından elde edilen prosiyanidinlerin protein glikasyonunu inhibe ettiği gösterilmiştir [94].

2.9. Gastrointestinal Sindirim Koşulları Altında İleri Glikasyon Son ürünleri

Diyetteki AGE'ler sindirim sisteminde emilmekte ve kan dolaşımına katılmaktadır [104]. Endojen olarak oluşan AGE'lerin vücutta birikmesine ek olarak, besinlerde oluşan AGE'lerin eksojen olarak alınması da vücuttaki AGE havuzuna katkıda bulunmaktadır [80, 98]. Diyetle AGE alımının, bireylerin yaşından ve enerji alımından bağımsız olarak serum AGE seviyeleri ile ilişkili olduğu bildirilmiştir [102]. Normal diyetle kıyasla AGE içeriği 3 kat daha fazla olan, AGE açısından zengin öğün tüketiminin, serum AGE düzeylerini yaklaşık 1,5 kat artırdığı gösterilmiştir [107]. Tüketilen AGE'lerin yaklaşık %10'unun bağırsaklardan emildiği, emilen AGE'lerin üçte birinin 48 saat içinde idrarla atıldığı, diğer üçte ikisinin ise dokularda kaldığı rapor edilmiştir [85, 116]. Farklı AGE türleri farklı şekilde bağırsaklardan emilmektedir. Düşük moleküler ağırlıklı AGE'lerin, yüksek moleküler ağırlıklı AGE'lerden emilimleri farklıdır. Serbest AGE'leri ve peptit taşıyıcı AGE'leri içeren düşük moleküler ağırlıklı AGE'ler basit difüzyon yoluyla emilirken, yüksek moleküler ağırlıklı AGE'ler peptit taşıyıcıları aracılığıyla bağırsak endotel hücreleri tarafından emilmektedir. Yüksek moleküler ağırlıklı AGE'lerin bir kısmının gastrointestinal proteazlar tarafından küçük moleküllere indirgenmesi gerekmekte, bu da daha yavaş bir emilim hızına sahip olmasına neden olmaktadır [117]. Çapraz bağ içeren çoğu yüksek moleküler ağırlıklı AGE'ler, genellikle üst gastrointestinal sistemde sindirilmeden dışkı ile atılmaktadır [118]. Yaygın olarak tüketilen besinlerdeki serbest amino asit seviyeleri, peptitler ve proteinlerinkinden çok daha düşük olduğundan, proteine bağlı AGE'ler ve peptide bağlı AGE'ler, diyetle çoğunlukta olan AGE'lerdir. Buna bağlı olarak AGE'lerin

yapısal özellikleri glikolize proteinlerin ve peptitlerin sindiriminde önemli rol oynadığından, çapraz bağlı olmayan yapılara sahip AGE'lerin, glikolize protein sindirilebilirliğinde önemli bir azalmaya neden olabileceği belirtilmiştir [119]. Genel olarak, besinlerin türü, gastrointestinal ortam ve AGE'lerin bağırsakta kalma süresi, AGE'lerin indirgenme derecesini belirler. Isıl işlem, besinlerde protein denatürasyonuna yol açarak AGE'lerin gastrointestinal enzim bozulmasına karşı duyarlılığını azaltmakta, bu da AGE'lerin bağırsak endotel hücreleri tarafından emilimini azaltmaktadır [117]. Metilglioksal simüle edilmiş mide ortamında stabil iken, muhtemelen proteinlerle reaksiyonu nedeniyle simüle edilmiş bağırsak ortamında kademeli olarak bozulmaktadır [120]. Özellikle proteine bağlı AGE'lerin bağırsak proteaz aktivitesini inhibe edebildiği öne sürülmektedir [121].

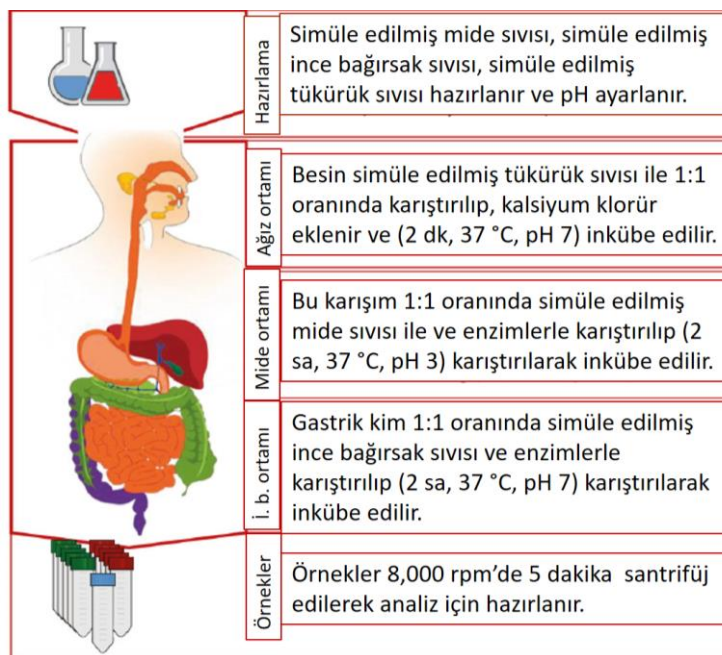
2.10. *In Vitro* Sindirim Modeli

Gastrointestinal sistemdeki besinlerin süreçleri, statik ve dinamik *in vitro* modeller, çeşitli hücre ve *ex vivo* kültürler, hayvanlar ve insanlar dahil olmak üzere çeşitli yöntemler veya modeller kullanılarak incelenebilmektedir [122]. Besinlerin sindirimine ilişkin güvenilir ve doğru veriler, insanlar üzerinde yapılan *in vivo* çalışmalardır. Ancak, insan klinik çalışmaları zordur, her zaman teknik, mali ve etik açıdan uygulanabilir değildir ve bireysel farklılıklar nedeniyle zayıf tekrarlanabilirlikle ilişkilendirilmektedir [123]. Hayvan modelleri de yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak kullanımları genellikle hayvan ölümünü veya mide-bağırsak sisteminin içeriğine erişmek için kanüllerin sindirim organlarına yerleştirildiği cerrahi yaklaşımları içerir [124]. İnsan veya hayvan sindirimi sırasında meydana gelen karmaşık süreç teknik olarak zor, maliyetli ve potansiyel olarak zararlı maddeler söz konusu olduğunda etik konularla sınırlıdır. Sonuç olarak, sindirim enzimlerinin oluşumu ve konsantrasyonu, mide ve bağırsak aşamaları, sindirim süresi ve pH değerleri gibi çeşitli faktörleri göz önünde bulundurarak, insan sindirimi sırasında meydana gelen fizyolojik süreçleri taklit eden *in vitro* modellerin kullanımına ihtiyaç vardır. Bu tür modeller esnek, doğru ve tekrarlanabilir olmalıdır. *In vitro* sindirim modelleri, hayvan ve insan modellerine faydalı bir alternatif sunmaktadır [125]. İnsan klinik çalışmaları ile karşılaştırıldığında, *in vitro* yaklaşımlar daha etkili, basit, ucuz ve etik kısıtlamaları da bulunmamaktadır [123].

Besinler için yaygın olarak kullanılan *in vitro* sindirim yöntemleri statik ve dinamik modeller olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu modeller, gastrointestinal sistemin fizyolojik koşullarını, yani oral, mide ve ince bağırsak aşamalarını simüle etmeyi amaçlamaktadır. Dinamik modellerin

farklı popülasyonlarda besinlerin ve farmasötik ürünlerin sindirimini simüle etmek için uygun olduğu gösterilmiştir [124]. Dinamik modeller, huni şeklinde veya koni şeklindeki bir cihazla insan midesini simüle etmek için tasarlanmış bilgisayar kontrollü tek bölmeli bir modeldir. Fonksiyonel olarak proksimal ve distal olmak üzere iki farklı bölgeye sahiptir, besin bolusuna uygulanan mekanik kuvvetlerde hafif ritmik peristaltik kasılmalar oluşturulur. Mide asidi ve enzim salgıları, pH ve öğün hacmi değişikliklerine bağlı olarak bilgisayar kontrollü pompalarla dinamik olarak iletilir [123]. Bununla birlikte, statik *in vitro* sindirim yöntemleri popülerdir. Çünkü kullanımları kolaydır, ucuzdur ve özel ekipman gerektirmemektedir [122]. Basitliği sayesinde, yiyeceklerin enzimlere ve elektrolitlere sabit bir oranını ve her sindirim fazı için sabit bir pH düzeyi kullanan statik modeller, yıllardır besinler için yaygın olarak kullanılmaktadır. Statik *in vitro* sindirim modellerinin, *in vivo* sindirim sonuçlarının tahmin edilmesinde yararlı olduğu gösterilmiştir [124].

Çalışmanın amacına bağlı olarak simüle edilmiş sindirim modelleri ağız, mide ve ince bağırsak aşamalarını ve bazı durumlarda kalın bağırsak fermantasyonunu içerebilir. Her aşamada, besin belirli bir süre ve belirli bir sıcaklıkta simüle edilmiş yapay ağız, mide ve ince bağırsak sindirim sıvıları ile inkübe edilirken, pH genellikle bir tampon kullanılarak sabit bir değerde tutulur [126]. Sindirim prosedürü üç aşamaya ayrılabilir: hazırlık, sindirim ve numunelerin analizi [124]. *In vitro* sindirim yönteminin akış diyagramı Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. *In vitro* sindirim yöntemi akış diyagramı [124]

2.10.1. Hazırlık aşaması

Numune özellikleri, enzim aktivitesi, iyonik bileşim, sindirim süreleri gibi çeşitli faktörler, *in vitro* sindirim yöntemlerinin sonuçları üzerinde önemli etkilere sahiptir. *In vitro* sindirim sistemindeki en önemli faktör enzim özellikleridir. Konsantrasyon, sıcaklık, pH, stabilite, aktivatörler, inhibitörler ve inkübasyon süresi gibi çeşitli faktörler enzim aktivitelerini etkilemektedir. En sık kullanılan enzimler ve *in vitro* sindirim modellerinde kullanılan diğer biyolojik moleküller pepsin, pankreatin, tripsin, kimotripsin, peptidaz, α -amilaz, lipaz, safra tuzu ve müsindir. Midede (gastrik lipaz) ve pankreasta (pankreatik lipaz) bulunan lipaz, emülsifiye lipidlerin yüzeylerini absorbe eder, triaçilgliserolleri ve diaçilgliserolleri monoaçilgliserollere ve serbest yağ asitlerine dönüştürür, proteazlar midede (pepsin) ve ince bağırsakta (tripsin ve kimotripsin) bulunur ve proteinleri amino asitlere parçalamaktan sorumludur, amilaz ağızda ve midede bulunur ve nişastaların oligosakkaritlere ve monosakkaritlere dönüştürülmesinden sorumludur [127]. *In vitro* sindirimin hazırlanması için, tüm sindirim enzimlerinin aktiviteleri ve safra tuzlarının konsantrasyonları amilaz, pepsin, lipaz (gastrik lipaz ve pankreatik lipaz), tripsin ve kimotripsin için önerilen standartlaştırılmış oranlar kullanılarak hazırlanır. Enzim aktivitesinin doğru şekilde belirlenmemesi, besinlerin genel sindirimini değiştirerek bileşenlerin yanlış sindirimine yol açabildiğinden, hazırlık aşaması son derece önemlidir [124].

Sindirim sürecinin farklı aşamalarını simüle etmek için, farklı enzimlerin hep birlikte değil, sırayla eklenmesi ve enzim aktivitesinin zamanla azalması nedeniyle her çalışma için taze olarak hazırlanması önerilmektedir. Ayrıca enzimlerin verimli bir şekilde çalışması için sindirim sıvıları içinde ek bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır [127]. Enzim aktivitesinin pH ve kalsiyum gibi bileşenlerin konsantrasyonu ile değiştiği belirtilmektedir [126]. Besinlerin özellikleri de sindirimde dikkat edilmesi gereken anahtar faktördür. Diyetle protein, nişasta veya lipidlerdeki artış, pankreas proteolitik enzimlerin, amilaz ve lipazın artmış salgılanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle sindirim süresi, enzim içerikleri veya enzim bileşimi gibi *in vitro* sindirim özelliklerinin çalışılacak numune özelliklerine göre ayarlanması gerekmektedir [127]. *In vivo* sindirim simüle edilirken bireysel çiğneme süresi ve besinlerin parçalanması göz önüne alındığından, mutfaklarda yaygın olarak kullanılan ticari blender kullanarak katı besin parçacıklarının boyutunun standartlaştırılması önerilmektedir [126]. Örneklerden macuna benzer bir kıvamda yutulabilir bir bolus elde etmek için 1/1 (ağırlık/ağırlık) oranında ağız sıvısı ile seyreltilmesi önerilmektedir [124].

Tükürük salgısı, %99,5 suyun yanı sıra, %0,3 protein ve sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, fosfat ve bikarbonat gibi çeşitli elektrolitler, üre ve müsin içermektedir [128]. Müsin, düşük çözünürlük, yüksek viskozite, yüksek elastikiyet ve güçlü yapışkanlık özelliklerine sahiptir. Tükürük α -amilazı (pityalin), pH 6,8'de optimum pH'a sahiptir [126]. Hazırlık aşamasında ağız sıvısının hazırlanması için NaCl, üre, ürik asit, α -amilaz ve müsinin karıştırılması ve pH'ın HCl veya NaOH çözeltisi kullanılarak 6,8'e ayarlanması önerilmektedir [129]. Sıvı bir besinin sindirim için genellikle yarım ila bir hacim mide sıvısı gerekirken, katı besin için iki hacim mide sıvısı gerekmektedir [126]. Mide sıvısının hazırlanması için HCl, $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, sığır serumu albümini, pepsin ve musin kullanılması ve pH'ın 1,5'e ayarlanması önerilmektedir [129]. Simüle edilmiş ince bağırsak sindiriminin en önemli bileşenleri pankreas enzimleri ve safradır. Safra, lipoliz ürünlerinin taşınması için önemlidir [126]. İnce bağırsak sıvısının KCl, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, sığır serum albümini, pankreatin ve lipaz ile pH 8,0'e ayarlanması, safra sıvısının ise NaHCO_3 , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, sığır serum albümini ve safra ile pH 7,0'ye ayarlanması önerilmektedir [129].

2.10.2. Sindirim aşaması

Statik *in vitro* sindirim yöntemleri için deney koşulları her aşamada sabittir. Sindirim aşaması, besinlerin art arda üç sindirim aşamasına maruz kalmasını içerir: ağız, mide ve ince bağırsak. [124]. *In vitro* sindirim modellerine, bileşiklerin emilimi esas olarak ince bağırsakta gerçekleştiğinden, genellikle kalın bağırsak dahil edilmemektedir [130]. Sindirim aşamalarının parametreleri, her sindirim adımının pH'ını ve süresini, kullanılan sindirim enzimlerinin miktarını ve türünü, karıştırma/çalkalama hızını, numunenin miktarını içermektedir. Ritmik peristaltik kasılmaları simüle etmek için 37 °C'de dönen tekerlekli bir karıştırıcıya sabitlenmiş santrifüj tüpü kullanılmaktadır [123]. Çeşitli simüle edilmiş sindirim sıvılarındaki örneklerin inkübasyon sürelerinin uzunluğu, insanlarda bildirilen sindirim sürelerini taklit etmelidir. Birçok *in vitro* sindirim modelinde mide ve ince bağırsak aşamaları için 2 saatlik bir sindirim süresi önerilmiştir. Ancak, geçiş süresi veya sindirim süresi kullanılan besinin özelliklerine göre dikkate alınmalıdır [127].

Tükürük α -amilaz, pepsin ve pankreatin solüsyonları sırasıyla ağız, mide ve ince bağırsak aşamalarında sindirim enzimleri olarak kullanılmaktadır [123]. Ağız aşaması, besinin 1/1 (ağırlık/ağırlık) oranında simüle edilmiş ağız sıvısı ile seyreltilmesini ve katı besinler için simüle çiğnenmeyi içermektedir [124]. Statik modeller için uygun mekanik eylemi sağlamak

için 5 dakikalık bir ağız sindirim süresi önerilmiştir [126]. Önerilen pH 6,8 düzeyindedir [129]. Mide aşamasında pH nispeten düşüktür. Midenin birincil amacı, bağırsak sindirimini optimize etmek için düzenlenmiş bir şekilde duodenuma sindirim sağlamaktır. Midenin alt kısmında (antrum) yemek, salgılanan enzimler ve hidroklorik asit ile karıştırılarak sindirilir, antral hareketlerle öğütülür ve kademeli olarak duodenuma boşaltılır [126]. Oral bolus simüle edilmiş mide sıvısı ve mide enzimleri (pepsin ve gastrik lipaz) ile 1/1 (hacim/hacim) oranında seyreltilir [124]. Karışımın pH 1,5'te 2 saat 37 °C'de çalkalanarak inkübe edilmesi önerilmiştir [129]. Mide aşamasından sonra ince bağırsak aşamasına geçilmektedir. Karışım, simüle edilmiş bağırsak sıvısı, safra tuzları ve pankreas enzimleri ile 1/1 (hacim/hacim) oranında seyreltilerek 2 saat süreyle pH 7'de inkübe edilmektedir [124]. İnce bağırsaktan geçiş süresi üzerinde etkisi olan birçok değişken vardır, ancak simüle edilmiş ince bağırsak sindirim süresinin 2 saat olması önerilmektedir [126].

Sindirim prosedürünün son adımı, örnekleme, örnek işleme, saklama ve ardından örneklerin analizini içerir. *In vitro* sindirim, çok çeşitli amaçlar için ve farklı sonlanma noktaları ile gerçekleştirildiğinden, her durumda, örnekleme, örnek koruma ve örneklerin sindirim sonrası işlemleri kritiktir ve her deneyin belirli gereksinimlerine bağlı olarak bazı uyarlamalara ihtiyaç duyulabilir. Örneğin, pepsin aktivitesini durdurmak için mide örneklerinin pH'ının sodyum bikarbonat veya NaOH çözeltisi eklenerek 7,0'a yükseltilmesi, gastrik lipazın uzun zincirli trigliseritler üzerindeki aktivitesini güçlü bir şekilde azaltmaktadır. Daha sonra santrifüjleme, filtrasyon, dondurma gibi belirli prosedürler kullanılmaktadır. Gastrointestinal sindirimden sonra ve sindirilmiş numunelerin farklı enzimatik aktivitelerini engellemek için, numune alımından hemen sonra hızlı dondurma gereklidir [124].

2.11. Analiz Yöntemleri

2.11.1. Lipit oksidasyonundan oluşan bileşiklerin analiz yöntemleri

Lipit oksidasyonunu etkileyen çeşitli faktörler, et ve et ürünlerinin farklı bileşimleri ve lipit oksidasyonu sırasındaki reaksiyonların ve etkileşimlerin karmaşıklığı, oksidasyon derecesini ölçmeyi zorlaştırmaktadır. Ancak oksidasyonun ürün kalitesi ve sağlık üzerindeki etkileri dikkate alındığında, oksidasyon derecesinin ölçülmesi önem kazanmaktadır. Bu nedenle, reaktifler ve lipit oksidasyon ürünlerindeki değişikliklerin tanımlanmasına ve ölçülmesine

yardımcı olan çeşitli analitik teknikler tanımlanmıştır [25]. Besinlerde lipit oksidasyonu, ketonlar, epoksitler, hidroksi bileşikler, oligomerler ve polimerler dahil olmak üzere ikincil oksidasyon ürünlerine yol açan karmaşık bir reaksiyonlar zinciridir. Oksidasyonun başında oluşan hidroperoksitler, genellikle daha fazla oksidasyona uğramakta ve ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmektedir [27]. Bu bileşiklerin ölçümü, yalnızca erken fazlardaki oksidasyon durumu hakkında bilgi vermektedir. Bunun başlıca nedeni, birincil ürünlerin çok kararsız olması ve oksidasyon arttıkça ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşerek içeriklerinin hızla azalmasıdır. Bu nedenle, ikincil bileşiklerin ölçümü genellikle et veya et ürünlerinin oksidasyon seviyesinin belirlenmesi için daha uygundur [25]. Aldehitler ve diğer reaktif maddeler, hazırlama ve saklama sırasında besinlerdeki ransiditenin ana nedenlerinden biridir. Önemli oksidasyon ürünlerinden biri MDA'dır [131]. Malondialdehit ikincil lipit oksidasyonu sırasında oluşan en bol aldehitlerden biri olması nedeniyle lipit oksidasyonunda ana belirteç olarak kabul edilmektedir [32].

Malondialdehit tayini için tiyobarbitürik asit (TBA) testi, duyarlılığı ve nispeten basit prosedürü nedeniyle et ürünlerinde lipit oksidasyonunun değerlendirilmesinde en sık kullanılan yöntemdir [132]. Asidik koşullar altında, uzatılmış reaksiyon süresi ve yüksek sıcaklıklar altında, bir MDA molekülü, iki TBA molekülü ile reaksiyona girerek, pembe-kırmızı renkli, floresan türevi TBA-MDA kompleksi oluşturmaktadır [31]. Tiyobarbitürik asidin çeşitli reaktif maddelerle reaksiyona girmesi nedeniyle, "tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS)" adı verilen daha geniş kabul gören bir terminoloji yaygın olarak kullanılmaktadır. Tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri, lipit peroksidasyonunun neden olduğu oksidatif stres için standart bir belirteç olarak kabul edilmektedir [133]. Malondialdehit, TBA ile reaksiyona giren ana aldehit olduğundan, TBARS ölçülürken MDA sıklıkla kullanılmaktadır [134]. Basit olması ve etin duyuusal bozulmasıyla iyi korelasyon göstermesi nedeniyle TBAR testi, et ve et ürünlerinin oksidatif durumunun tahmininde en yaygın olarak kullanılan testtir [25].

Tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin ölçümünden önce, MDA'nın tam bir ekstraksiyonu yapılmalıdır [25]. Numunenin TBA ile doğrudan ısıtılması, damıtma, organik çözücülerle lipit ekstraksiyonu veya MDA'nın asit ekstraksiyonu gibi çeşitli prosedürler bulunmaktadır [32, 135]. Et ve et ürünlerinde ekstraksiyonu gerçekleştirmek için en yaygın kullanılan yöntemler damıtma ve asit ekstraksiyon yöntemleridir [132]. Bu iki yöntem arasında asit ekstraksiyon yöntemi, et numunelerindeki MDA içeriğini tahmin etmek için en uygun

yöntem olarak kabul edilmektedir. Damıtma yönteminden daha hızlı ve daha kolaydır ve özellikle çok sayıda örneğin hızlı bir şekilde analiz edilmesi gerektiğinde önerilmektedir [25]. Asit ekstraksiyon yöntemi, genellikle trikloroasetik asit ile etin homojenize edilmesinden ve ardından ekstraktın elde edilmesi için santrifüjlemeden oluşur [27]. Damıtma yönteminde, oksidasyondan türetilen uçucu bileşikler, uygun bir çözücü ile etten ayrılır ve ardından damıtma aşaması yapılır ve damıtılmış özüt TBAR ölçümü için kullanılır. Bu yöntemin ana dezavantajı, damıtma için yüksek sıcaklıkların uygulanmasının mevcut hidroperoksitlerin degradasyonunu desteklemesi ve yeni tiyobarbitürik reaktif maddelerin oluşabilmesi ve böylece TBAR değerinin fazla tahmin edilmesine yol açmasıdır [25]. Yüksek sıcaklıklar, metal şelatörlerin ve fenolik antioksidanların varlığında ek MDA oluşumunu artırır. Et ürünlerinde fenolik yönden zengin bitki materyallerinin dahil edilmesi lipid oksidasyonunu inhibe ederken, TBAR değerinin fazla tahmin edilmesine yol açarak bu antioksidan etkiyi yansıtmayabilir [132]. Ayrıca, TBA'nın şekerler, suda çözünür proteinler ve peptitler gibi et ürünlerindeki çeşitli bileşenler, baharat ve sebzelerdeki pigmentlerle reaksiyonunda sarı veya turuncu renkli pigmentler oluşmakta ve MDA içeriğinin fazla tahmin edilmesine neden olmaktadır. Asit solüsyonlarının ve 100 °C'de 1 saatten daha kısa bir ısıtma süresinin, sarı pigment oluşumunu en aza indirmek için en iyi koşullar olduğu öne sürülmüştür [136]. Bu nedenle, et ürünlerinde MDA miktarının belirlenmesi için özel bir yönteme ihtiyaç vardır [137].

Ekstraksiyon prosedürlerinden sonra oluşan renkli kompleks, spektrofotometrik, kromatografik veya görüntü işleme teknikleriyle belirlenebilmektedir [131]. Ayrıca floresan emisyon, Raman spektroskopisi, infrared spektroskopi veya manyetik rezonans gibi yöntemler de mevcuttur, ancak bu teknikler, normal olarak çok özel koşullar altında oksidasyonu izlemek için kullanılmaktadır ve laboratuvar rutinine kolayca adapte edilebilen yöntemler değildir [25]. Malondialdehit tayini için en yaygın kullanılan yöntem, kırmızı floresan MDA-TBA kompleksinin spektrofotometrik tayinidir. Geleneksel spektrofotometrik TBA testi, diğer aldehitler, karbonhidratlar, amino asitler ve nükleik asitler gibi diğer birçok bileşiklerle reaksiyona girerek önemli ölçüde fazla tahminde bulunabilmektedir. Bu sınırlamalar nedeniyle kromatografik yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler, hidroperoksitlerin kromatografik ölçümünde olduğu gibi, MDA için daha fazla doğruluk, duyarlılık ve özgüllük sağlamaktadır [27]. Besinlerde bulunan MDA içeriğini tam olarak ölçmek için çeşitli yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) yöntemleri önerilmiştir. Et ve et ürünlerinde MDA ekstraksiyonundan sonra HPLC ile doğrudan MDA

analizinin kullanışlı olduğu ifade edilmiştir [137]. Yüksek performanslı sıvı kromatografi analitik tekniklerinin uygulanmasının, besinlerde daha iyi özgüllük ve duyarlılık sunduğu belirtilmiştir [4].

2.11.2. İleri glikasyon son ürünleri analiz yöntemleri

Besinler karmaşık matrisler olduğundan ve protein veya yağ türleri gibi farklı bileşenler farklı yollardan AGE üretebildiğinden, AGE'leri ölçmek için uygun analitik prosedürlere ihtiyaç vardır. Genel olarak, farklı AGE türleri güçlü bir polariteye sahiptir ve fiziksel özellikleri çeşitlidir. AGE içeriklerinin doğru bir şekilde ölçülmesi için, ölçümlerden önce besinlerdeki AGE'leri ayırmak ve saflaştırmak gerekir [138]. Besinlerde AGE'ler serbest halde ya da peptide/proteine bağlı durumda bulunur. Serbest AGE'leri ayırtmak ve konsantre etmek için genellikle protein çöktürme, yağ giderme ve katı faz ekstraksiyonu uygulanır. AGE'ler suda çözünmeyen polar bileşikler olduğundan, serbest haldeki AGE'leri besinlerden ayırtmak için aseton, metanol, asetonitril ve asidik su gibi çözücüler kullanılmaktadır. Bağlı formdaki AGE'ler için asit hidrolizi ve enzimatik sindirim, AGE'leri peptide/proteine bağlı eklentilerden ayırmak için kullanılan iki yöntemidir [82].

Temelde AGE'lerin miktar tayini enstrümental ve immünokimyasal yöntemler olarak ikiye ayrılabilir. İmmünokimyasal yöntem esas olarak enzime bağlı immünoabsorbent testidir (ELISA). Enstrümental yöntemler ise kromatografi yöntemlerini içerir ve HPLC yöntemi, diyot dizi detektörü (DAD), floresans detektörü, tandem kütle spektrometresi (MS/MS) ve MS ile birleştirilmiş gaz kromatografisi (GC) dahil olmak üzere çeşitli detektörlere bağlı olarak çalışabilmektedir [81]. Literatürde GO ve MGO'yu ölçmek için, özellikle yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) tabanlı prosedürler, kapiler elektroforez ve gaz kromatografisi olmak üzere çeşitli kromatografik yöntemler tanımlanmıştır [139].

Kromatografik yöntemlerden biri olan HPLC yönteminde, hareketli faz olarak sıvı kullanılır ve farklı polaritelerde tek bir solvent veya farklı oranlarda karışık solvent, yüksek basınçlı bir sistem kullanılarak sabit fazlı bir kolona pompalanır, kolondaki bileşenler ayrıştırılır ve daha sonra numunelerin analizini gerçekleştiren dedektörler tarafından analiz edilir [138]. Dikarbonil bileşiklerinin, analizleri için yeterli fotometrik veya floresan özellikler göstermediği bilinmektedir ve bu durumda, önceden bir türevlendirme aşaması gereklidir [140]. Polar GO ve MGO'nun, kolon üzerindeki adsorpsiyonları, yüksek sıcaklıkta ve düşük

hassasiyette ayrışmaları nedeniyle kromatografik analizi karmaşık olduğundan, kromatografik özelliklerini, hassasiyetini ve termal stabilitesini iyileştirmek için türevlendirme reaktifleri ile reaksiyona sokulmaları önerilmektedir. Mevcut yöntemlerin çoğu, 3,4-diaminopiridin, 5,6-diamino-2,4-hidroksipirimidin sülfat, 2,3-diaminonaftalen, 4-nitro-1,2-fenilendiamin dahil olmak üzere çeşitli reaktiflerle HPLC tabanlı türevlendirmeye dayanmaktadır. Bunlar arasında fenilendiamin, GO ve MGO'nun her bir türevi için tek bir pik yapma avantajına sahiptir [141]. Tüm bu reaktifler, komşu amino grupları aracılığıyla a-dikarboniller ile kinoksalin yapıları oluşturabilir ve böylece hidrofilikliği önemli ölçüde azaltabilir ve a-dikarbonillerin UV duyarlılığını büyük ölçüde artırabilir [142].

Bu çalışmanın amacı farklı et türleri ile birlikte tüketilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sürecinde glikasyon ve lipit oksidasyon ürünleri üzerine etkisini incelemektir. Elde edilen bilgiler ile gastrointestinal lümen içinde potansiyel reaktiviteye sahip oksidasyon ürünlerinin varlığının en aza indirilmesi ve daha sağlıklı beslenme düzenlerinin oluşturulmasına yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

3. YÖNTEM

3.1. Çalışma Yeri ve Zamanı

Bu çalışma, farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sisteminde malondialdehit (MDA), glioksal (GO) ve metilglioksal (MGO) seviyelerine etkisini incelemek amacıyla İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi AR-GE Laboratuvarında Şubat 2021’de yapılmıştır.

3.2. Kimyasallar ve Enzimler

Çalışmada kullanılan kimyasallar: Glioksal (GO), metilglioksal (MGO), asetonitril (ACN), sodyum klorür (NaCl), hidroklorik asit (HCl), KCl, CaCl₂, NaHCO₃, triklorasetik asit (TCAA), tiyobartirük asit (TBA), tetraetoksipropan standardı, etanol, metanol (MeOH), sodyum asetat (CH₃COONa), 4-nitro-1,2 fenilendiamin (NPD), sığır serum albümini, ürik asit Sigma-Aldrich firmasından (St. Louis, MO, ABD) elde edilmiştir. *In vitro* sindirimde kullanılan enzimler α -amilaz, pepsin, pankreatin, lipazdır.

3.3. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada farklı et türleri (n=6), içecekler (n=8) ve salatalar (n=3) kullanılmıştır. İçecekler ve salatalar, farklı et türleri ile eşleştirilerek toplam 72 örnek ile çalışılmıştır (Çizelge 3.1). Etler ile birlikte verilen içecekler ve salata miktarları porsiyon olarak hesaplanmıştır. Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER)’ne göre 1 standart porsiyon pişmiş parça et, tavuk, hindi 80 g ve 1 standart porsiyon pişmiş balık 150 g’dır [143]. *In vitro* sindirimde 5 g et örneği kullanıldığından [129] et miktarı ile içecek/salata miktarı oranlanarak hesaplanmıştır. Örneğin;

- Et, tavuk, hindi 80 g/ 200 mL içecek (5 g et / 12,5 mL içecek)
- Et, tavuk, hindi 80 g/ 150 g salata (5 g et / 9,4 g salata)
- Balık 150 g/200 mL içecek (5 g balık / 6,7 mL içecek)
- Balık 150 g/150 g salata (5 g balık / 5 g salata)

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan örneklerin eşleştirilmesi

Örnek No	Et türü	Birlikte verilen içecek/salata	Örnek No	Et türü	Birlikte verilen içecek/salata	Örnek No	Et türü	Birlikte verilen içecek/salata
1	Dana kontrfile	Yok	25	Dana kontrfile	Kırmızılahana salata	49	Dana kontrfile	Nar suyu
2	Dana but	Yok	26	Dana but	Kırmızılahana salata	50	Dana but	Nar suyu
3	Tavuk göğüs eti	Yok	27	Tavuk göğüs eti	Kırmızılahana salata	51	Tavuk göğüs eti	Nar suyu
4	Tavuk derili but	Yok	28	Tavuk derili but	Kırmızılahana salata	52	Tavuk derili but	Nar suyu
5	Hindi göğüs eti	Yok	29	Hindi göğüs eti	Kırmızılahana salata	53	Hindi göğüs eti	Nar suyu
6	Levrek	Yok	30	Levrek	Kırmızılahana salata	54	Levrek	Nar suyu
7	Dana kontrfile	Üzüm suyu	31	Dana kontrfile	Kırmızı şarap	55	Dana kontrfile	Ayran
8	Dana but	Üzüm suyu	32	Dana but	Kırmızı şarap	56	Dana but	Ayran
9	Tavuk göğüs eti	Üzüm suyu	33	Tavuk göğüs eti	Kırmızı şarap	57	Tavuk göğüs eti	Ayran
10	Tavuk derili but	Üzüm suyu	34	Tavuk derili but	Kırmızı şarap	58	Tavuk derili but	Ayran
11	Hindi göğüs eti	Üzüm suyu	35	Hindi göğüs eti	Kırmızı şarap	59	Hindi göğüs eti	Ayran
12	Levrek	Üzüm suyu	36	Levrek	Kırmızı şarap	60	Levrek	Ayran
13	Dana kontrfile	Portakal suyu	37	Dana kontrfile	Hardaliye	61	Dana kontrfile	Kola
14	Dana but	Portakal suyu	38	Dana but	Hardaliye	62	Dana but	Kola
15	Tavuk göğüs eti	Portakal suyu	39	Tavuk göğüs eti	Hardaliye	63	Tavuk göğüs eti	Kola
16	Tavuk derili but	Portakal suyu	40	Tavuk derili but	Hardaliye	64	Tavuk derili but	Kola
17	Hindi göğüs eti	Portakal suyu	41	Hindi göğüs eti	Hardaliye	65	Hindi göğüs eti	Kola
18	Levrek	Portakal suyu	42	Levrek	Hardaliye	66	Levrek	Kola
19	Dana kontrfile	Çoban salata	43	Dana kontrfile	Şalgam	67	Dana kontrfile	Akdeniz salata
20	Dana but	Çoban salata	44	Dana but	Şalgam	68	Dana but	Akdeniz salata
21	Tavuk göğüs eti	Çoban salata	45	Tavuk göğüs eti	Şalgam	69	Tavuk göğüs eti	Akdeniz salata
22	Tavuk derili but	Çoban salata	46	Tavuk derili but	Şalgam	70	Tavuk derili but	Akdeniz salata
23	Hindi göğüs eti	Çoban salata	47	Hindi göğüs eti	Şalgam	71	Hindi göğüs eti	Akdeniz salata
24	Levrek	Çoban salata	48	Levrek	Şalgam	72	Levrek	Akdeniz salata

3.3.1. Etlerin hazırlanması

Çalışmada dana eti (but), dana eti (kontrfile), tavuk göğüs eti, tavuk derili but, hindi göğüs eti ve balık (levrek) kullanılmıştır. Etler yerel bir marketten satın alınmıştır.

Kas tipi, hayvanın cinsi, yetiştirme sistemi, etin bölümü veya hayvanların beslenme şekli gibi faktörler, et kompozisyonunu önemli ölçüde değiştirdikleri için dolaylı olarak oksidasyonu etkilemektedir. Yağ asitleri oksidasyon işlemlerinin substratı olduğundan ette lipit oksidasyonunu etkileyen ana faktörler, yağ içeriği ve yağ asidi bileşimidir [25]. Kas içi lipitlerin oksidasyona duyarlılığının, yağ asitlerindeki çoklu doymamışlık derecesine bağlı olduğu, buna bağlı olarak yağ bileşiminin etteki yağ miktarından daha önemli olduğu belirtilmiştir [44]. Türkiye Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanı'na göre çoklu doymamış yağ asidi (ÇDYA) içeriği dana kontrfilede 0,11 g/100 g ve dana butta 0,06 g/100 g; tekli doymamış yağ asidi (TDYA) içeriği ise dana kontrfilede 2,93 g/100 g ve dana butta 1,74 g/100 g olarak verilmiştir [24]. Bu doğrultuda, bu çalışmada dana etinin farklı bölümleri, dana but ve dana kontrfile kullanılmıştır. Etlerin görünür yağları pişirilmeden önce ayrılmıştır.

Temin edilen etler, sindirim işleminden önce eşit ısıda pişirilmiştir. İçeceklerle ve salatalarla birlikte çalışılacak etler, elektrikli ızgarada iç sıcaklığı 75 °C olacak şekilde pişirilmiştir. İç sıcaklığı probe termometre ile ölçülmüştür. Farklı pişirme yöntemlerinin etkisini incelemek için ise dana but, elektrikli ızgara, az yağda kızartma, çok yağda kızartma ve haşlama olarak farklı yöntemlerle pişirilmiştir.

Piştirilen etler mutfak robotu ile blenderize edilerek hassas tartı ile 5'er gramlık porsiyonlara ayrılmıştır. Her bir porsiyon ayrı ayrı paketlenerek örnek numarası ile etiketlenmiştir. Hazırlanan örnekler oksijenle teması önlemek için vakumlanarak paketlenmiş ve analize kadar -20 C°'de saklanmıştır.

3.3.2. İçeceklerin hazırlanması

Çalışmada kullanılan içecekler; portakal suyu (taze sıkılmış), üzüm suyu (%100, hazır), kırmızı şarap, hardaliye, şalgam, nar suyu (taze sıkılmış), ayran, kola olarak belirlenmiştir. Tüm içecekler 1 porsiyon et ile birlikte 200 mL olacak şekilde oranlanarak hazırlanmıştır.

- Portakal suyu; taze alınan portakalın çalışma günü plastik narenciye sıkacağında suyunun sıkılması ile taze sıkılmış portakal suyu hazırlanmış, bekletilmeden çalışmaya alınmıştır.
- Üzüm suyu; yerel marketten hazır %100 üzüm suyu satın alınmıştır.
- Kırmızı şarap; yerel marketten hazır olarak temin edilmiştir.
- Hardaliye; yerel marketten hazır olarak temin edilmiştir.
- Şalgam; yerel marketten hazır olarak temin edilmiştir.
- Nar suyu; taze alınan narın çalışma günü plastik narenciye sıkacağında suyunun sıkılması ile taze sıkılmış nar suyu hazırlanmış, bekletilmeden çalışmaya alınmıştır.
- Ayran; yerel marketten hazır olarak temin edilmiştir.
- Kola; yerel marketten hazır olarak temin edilmiştir.

3.3.3. Salataların hazırlanması

Çalışmada çoban salata, Akdeniz salata ve kırmızılaha salata kullanılmıştır. Salatalar çalışma günü taze olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan salatalar blenderize edilip hassas tartı ile tartılarak etlere eklenmiştir. Bir porsiyon et ile birlikte 1 porsiyon salata (150 g, TÜBER’e göre [143]) verilmiştir. Salataların içerikleri “Toplu Beslenme Sistemleri (Toplu Tüketim Yerleri) İçin Ulusal Menü Planlama ve Uygulama Rehberi (2020)”ne göre hazırlanmıştır [144]. Bir porsiyon salata içerikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Salataların içerikleri [144]

Çoban salata	Kırmızılaha salata	Akdeniz salata
Çarliston biber 30 g	Havuç 50 g	Limon 50 g
Domates 150 g	Kırmızılaha 200 g	Maydanoz 2 g
Limon 50 g	Limon 50 g	Sirke 5 g
Maydanoz 2 g	Sirke 10 g	Havuç 50 g
Salatalık 50 g	Maydanoz 2 g	Aysberg marul 50 g
Kuru soğan 20 g	Tuz 0,5 g	Mısır 10 g
Taze nane 2 g	Zeytinyağı 5 g	Domates 30 g
Tuz 0,5 g		Tuz 0,5 g
Zeytinyağı 5 g		Zeytinyağı 5 g

3.4. Solüsyon ve Standartların Hazırlanması

Çalışmada uygulanan prosedür, Lee ve diğerleri [129] tarafından tarif edilen aşamaların modifiye edilmiş versiyonudur. Ağız, mide, ince bağırsak ve safra solüsyonları, enzimler, organik ve inorganik kimyasallar kullanılarak hazırlanmıştır.

3.4.1. Ağız, mide, ince bağırsak ve safra solüsyonlarının hazırlanması

Ağız ortamı: 1,7 mL NaCl (175,3 g/L), 8 mL üre (25 g/L), 15 g ürik asit, 280 mg α -amilaz ve 25 mg müsin, 500 mL'lik bir erlen deiyonize su ile çözülmüştür. Daha sonra hacim deiyonize su ile tamamlanmış ve pH, yaklaşık $6,8 \pm 0,2$ 'ye ayarlanmıştır. İstenilen değerde pH sağlamak için, HCl veya NaOH çözeltisi kullanılmıştır.

Mide ortamı: 6,5 mL HCl (37 g/L), 18 mL $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (22 g/L), 1 g sığır serumu albümini, 2,5 g pepsin ve 3 g musin, 500 mL'lik bir erlen içerisinde deiyonize su ile çözülmüştür. Daha sonra, hacim deiyonize su ile tamamlanmış ve pH $1,5 \pm 0,02$ 'ye ayarlanmıştır. İstenilen değerde pH sağlamak için, HCl veya NaOH çözeltisi kullanılmıştır.

İnce bağırsak ortamı: 6,3 mL KCl (89,6 g/L), 9 mL $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (22,2 g/L), 2 g sığır serum albümini, 1 g pankreatin ve 1,5 g lipaz, deiyonize su ile 500 mL'lik bir erlen içerisinde çözülmüştür. Hacim deiyonize su ile tamamlanmış ve pH $8,0 \pm 0,2$ 'ye ayarlanmıştır. İstenilen değerde pH sağlamak için, HCl veya NaOH çözeltisi kullanılmıştır.

Safra solüsyonu: 68,3 mL NaHCO_3 (84,7 g/L), 10 mL $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (22,2 g/L), 1,8 g sığır serum albümini ve 30 g safra, 500 mL'lik bir erlen deiyonize su ile çözülmüştür. Daha sonra hacim, deiyonize su ile tamamlanmış ve pH $7,0 \pm 0,2$ 'ye ayarlanmıştır. İstenilen değerde pH sağlamak için, HCl veya NaOH çözeltisi kullanılmıştır.

3.4.2. Malondialdehit analiz çözeltilerinin hazırlanması

Deney çözeltilerinin hazırlanması

Triklorasetik asit (TCAA) çözeltisi (%10): 100 g triklorasetik asit (TCAA) deiyonize suda çözülerek 1000 mL'ye tamamlanmıştır.

Tiyobarbitürik asit (TBA) çözeltisi (%0,67): 1,675 g tiyobarbitürik asit bidistile suda çözünerek 250 mL'ye tamamlanmıştır.

Tetraotoksipropan Standardı: Tetraotoksipropan standardından 0,5 mL alınarak 100 mL etanol ile tamamlanmıştır. Bu çözeltiden 0,1 mL alınarak 100 mL'ye deiyonize su ile tamamlanmıştır. Standart çözeltisinin konsantrasyonu 20 µl/L dir.

Prigallol Çözeltisi (%7,2) : 7,2 g prigallol 100 mL etanol ile çözülerek hazırlanmıştır.

Standart hazırlanması

Deney tüpüne 0,1 mL tetraotoksipropan standart çözeltisi alınarak üzerine sırayla 1 mL TCAA ve 1 mL TBA çözeltisi ilave edilip, 10 dakika 90 °C'de su banyosunda inkübasyon yapıldıktan sonra soğutulmuştur. Daha sonra 0,45 mikronluk selüloz asetat filtreden geçirilerek HPLC'ye aktarılmıştır.

Mobil faz hazırlanması

Mobil faz 0,05 M KH₂PO₄ tampon çözeltisi içine metanol ve asetonytril eklenerek hazırlanmıştır. Mobil faz hacimce, tampon çözeltisi/metanol/asetonytril (72/17/11) karışımından oluşmaktadır.

3.4.3. Glioksal ve metilglioksal analiz çözeltilerinin hazırlanması

Deney çözeltilerinin hazırlanması

Hidroklorik Asit Çözeltisi (0,1 N): 1 L'lik balon joje içine 8,28 mL hidroklorik asit konularak, deiyonize su ile hacim 1000 mL'ye tamamlanmıştır.

Mobil Faz: Metanol/Su/Asetonytril (42/56/2) karışımı: 1000 mL'lik balon joje içine 420 mL metanol, 560 mL deiyonize su ve 20 mL asetonytril konularak karıştırılmıştır.

3.5. *In Vitro* Sindirim Prosedürü

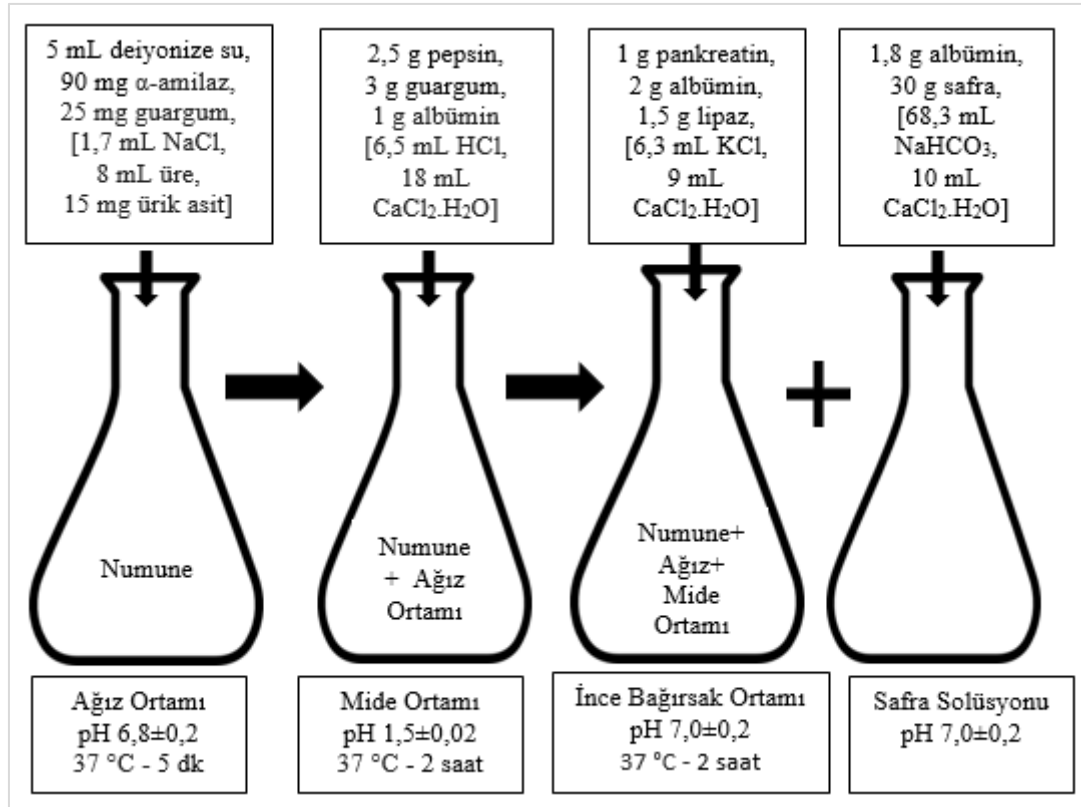
In vitro sindirim prosedürü Şekil 3.1'de verilmiştir. Et, tavuk, hindi için; hassas tartıda tartılarak 5 g et ile 12,5 mL içecek (80 g et/200 mL içecek) ve 9,4 g salata (80 g et/150 g

salata) karıştırılmıştır. Balık için; hassas tartıda tartılarak 5 g et ile 6,7 mL içecek (150 g balık/200 mL içecek) ve 5 g salata (150 g balık/150 g salata) karıştırılmıştır. Tartılan örneklere, 100 mL'lik erlenlerde sıra ile ağız, mide ve ince bağırsak ortamı solüsyonları ilave edilerek *in vitro* ortamda sindirim gerçekleştirilmiştir.

Ağız ortamında; 100 mL'lik bir beher içerisinde, tartılan rneklelerin üzerine ağız solüsyonundan 5 mL eklenerek 30 saniye boyunca vorteks ile karıştırılmış ve homojen hale getirilmiştir. Daha sonra bu karışım 5 dakika boyunca 37 °C'de çalkalamalı su banyosunda inkübe edilmiştir.

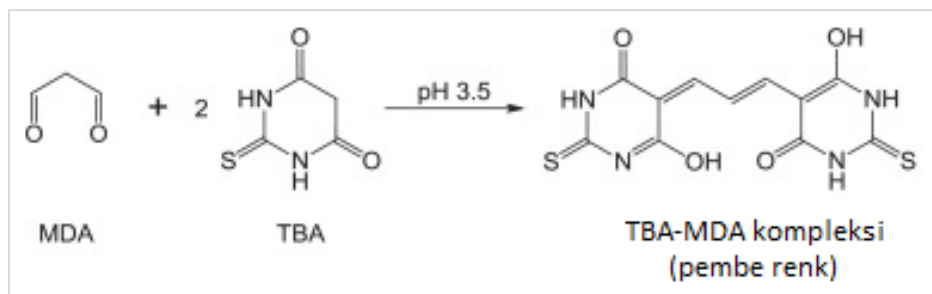
Mide ortamında; ağız ortamından gelen karışım 12 mL mide solüsyonu ilave edilmiştir. Bu karışım, 30 saniye boyunca vorteks ile karıştırılmış ve 2 saat boyunca 37 ° C'de çalkalamalı su banyosunda tekrar inkübe edilmiştir.

İnce bağırsak ortamında; mide ortamından sonra elde edilen karışım 10 mL ince bağırsak solüsyonu ve 5 mL safra solüsyonu eklenmiştir. Bu karışım, 2 saat süre ile 37°C'de tekrar çalkalamalı su banyosunda inkübe edilmiştir. Sindirim işlemi tamamlandıktan sonra, son hacim, 100 mL'ye deiyonize su ile tamamlanarak seyreltilmiştir. Daha sonra numuneler 8000 rpm'de 10 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve 0,22 mikron CA filtreden süzülerek, analiz edilene kadar -80 °C'de dondurucuda saklanmıştır.

Şekil 3.1. *In vitro* sindirim prosedürü

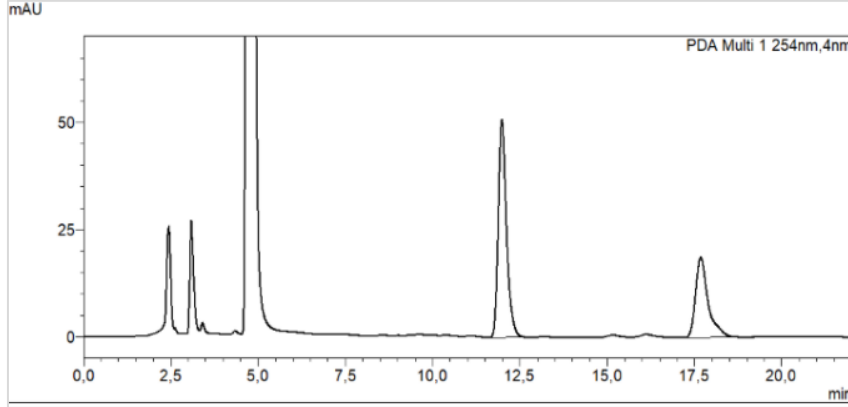
3.6. Malondialdehit Analizi

Örnekten 5 g alınarak 50 mL'lik falkon tüp içine konulmuş ve üzerine 25 mL TCAA ilave edilmiştir. Parçalayıcıda 1 dakika homojen hale getirilmiş, daha sonra numune 8000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen süpernatantdan cam tüpe 1,0 mL alınıp üzerine türevlendirme işlemi için TBA çözeltisi 1 mL olarak ilave edilmiş, 90°C 'de 30 dakika su banyosunda inkübe edilmiştir. Daha sonra 0,45 mikronluk selüloz asetat filtreden geçirilerek ve HPLC'ye aktarılmıştır. Türevlendirme işlemi Şekil 3.2'de gösterilmiştir [145].

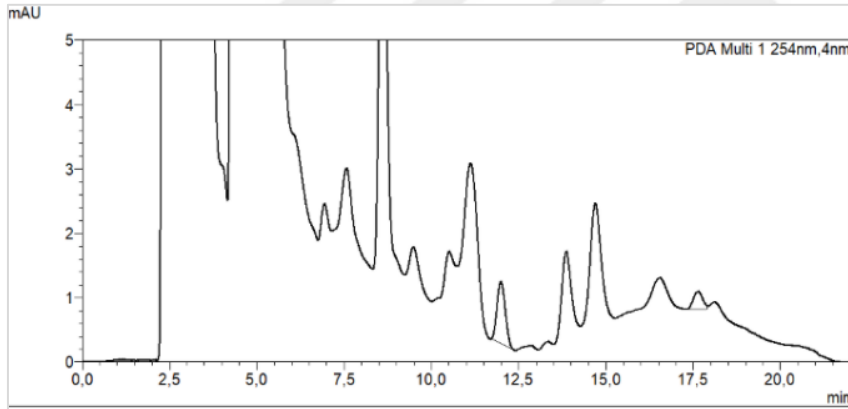


Şekil 3.2. Türevlendirme işlemi [145]

Analizler HPLC-UFLC dedektör kullanılarak yapılmıştır. Analizde İnercil Zorbax C-18 (4.6 mm × 150 mm) kolonu kullanılmıştır. Dalga boyu 255 nm, enjeksiyon hacmi 10 µl ve akış hızı 1 mL/dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Glioksal ve MGO'nun örnek HPLC kromatogramları Şekil 3.5'te ve Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.5. Glioksal ve metilglioksal standardının HPLC kromotogramı



Şekil 3.6. Örneklerdeki glioksal ve metilglioksalın HPLC kromotogramı

3.8. Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

İstatistiksel analizler, Minitab yazılımı versiyon 15 (Minitab Inc., USA 2008) kullanılarak yapılmıştır. Tüm analizler üç kez tekrarlanmış ve ortalama ve standart sapma değerleri kullanılmıştır. Uygulamalar arasındaki önemli farklılıklar tek yönlü varyans analizi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (ANOVA $p < 0,05$, Tukey testi). Önemlilik derecesi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir. Et örneklerinde eklenen salata ve içeceklerin MDA, GO ve MGO inhibe etme yüzdesi Tang ve diğerlerinin [146] formülüne göre hesaplanmıştır. İnhibe

etme yüzdesi (%) = (tek başına etin sindirim sonucu – eklenen besinlerle birlikte sindirim sonucu) / tek başına etin sindirim sonucu x 100 formülü ile hesaplanmıştır.

Analiz sonucu elde edilen veriler, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) yazım şekli referans alınarak yazılmıştır. Buna göre besinlerin analizinde besin öğelerinin birim ve basamak sayıları (digit numarası) farklı ifade edilmektedir. Birimler genel olarak g (gram), mg (miligram), µg (mikrogram) olarak, basamak sayıları (digit numarası) ise besin bileşimine göre yazılmaktadır. Basamak sayıları analizin kesinliğini yanıtacak şekilde ifade edilmeli ve yanlış bir izlenim vermeyecek şekilde yazılmalıdır [147]. Örnek olarak enerji için virgülden sonraki basamak sayısı sıfır iken, yağ için virgülden sonraki basamak sayısı ikidir [148]. Besin analizlerinde rutin olarak değerlendirilmeyen bileşenlerin (örneğin fenolik bileşikler, MDA, GO ve MGO) yazım şekli özellik bakımından en yakın bileşene benzetilerek ifade edilmektedir [147]. Buna göre analiz edilen örneklerin MDA, GO ve MGO değerleri virgülden sonra bir basamak olarak verilmiştir.

Çalışmanın sınırlılıkları ve güçlü yanları

Etlerin besin ögesi içerikleri, özellikle yağ asidi bileşimi lipit oksidasyonunu etkileyen faktörlerden olmakla birlikte, çalışmada kullanılan etlerin besin ögesi analizinin yapılmaması çalışmanın sınırlılıklarındandır. Besin ögesi içerikleri ulusal gıda kompozisyon veritabanından [24] alınarak yorumlanmıştır. Çalışmada etler ile birlikte salata veya içecekler ayrı ayrı çalışılmıştır. Salata ve içeceklerin içeriğindeki fenolik bileşikler sinerjik etki gösterebilir. Salata ve içeceklerin bir arada çalışılmaması, sinerjik etkilerini görmek açısından çalışmanın sınırlılıklarındandır.

Literatürde farklı et türlerinde lipit oksidasyonuna çeşitli içecek ve salataların etkisinin değerlendirildiği çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmada 6 farklı et türü, 8 içecek ve 3 salata kullanılması çalışmanın güçlü yanlarındandır. Ayrıca et ile birlikte tüketilebilecek içecek/salata önerilerinin verilmesinde, MDA yanı sıra GO ve MGO gibi AGE öncülerinin birlikte çalışılması, çalışma sonuçlarını güçlendirmektedir.



4. BULGULAR

Bu çalışma farklı et türleri ile birlikte tüketilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası malondialdehit (MDA), glioksal (GO) ve metilglioksal (MGO) seviyelerini değerlendirmek amacıyla planlanıp yürütülmüştür.

4.1. Örneklerin Sindirim Öncesi ve Sonrası Sonuçları

Çizelge 4.1’de farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası MDA seviyeleri verilmiştir. Sindirim öncesi farklı et türlerinin 100 gramının MDA seviyeleri incelendiğinde, en yüksek MDA seviyesi hindi göğüs etinde ($2518,6 \pm 113,9$ μg), en düşük değer tavuk göğüs etinde ($114,6 \pm 5,2$ μg) bulunmuştur. Sindirim sonrası tüm et türlerinde MDA seviyeleri sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur.

Dana kontrfilede sindirim sonrası MDA seviyesi; tek başına ete göre, tüm salata ve içecekler ile birlikte verildiğinde daha düşük bulunmuştur. Üzüm suyu, portakal suyu, hardaliye, nar suyu, kırmızılaha salata ile birlikte verilen dana kontrfilenin sindirim sonrası MDA seviyeleri sindirim öncesine göre daha düşük bulunmuştur. Kırmızı şarap, ayran, kola, çoban salata, Akdeniz salata ile birlikte verildiğinde ise sindirim sonrası MDA seviyesi sindirim öncesine göre daha yüksek olmakla birlikte, tek başına dana kontrfilenin sindirim sonrası MDA seviyesinden ($3991,7 \pm 180,6$ $\mu\text{g}/100$ g) daha düşük bulunmuştur.

Dana but etinde sindirim sonrası MDA seviyeleri; üzüm suyu, kola ve çoban salata dışındaki salata ve içecekler ile birlikte verildiğinde tek başına ete göre daha düşük bulunmuştur. Üzüm suyu, kırmızı şarap, şalgam, ayran, kola, çoban salata, akdeniz salata, kırmızılaha salata ile birlikte verilen dana but etinin MDA seviyesi sindirim öncesine göre sindirim sonrasında daha yüksek bulunmuştur. Ancak, sadece üzüm suyu ($2153,8 \pm 97,4$ $\mu\text{g}/100$ g), kola ($2292,3 \pm 103,7$ $\mu\text{g}/100$ g), çoban salata ($1784,0 \pm 80,7$ $\mu\text{g}/100$ g) tek başına dana butun ($1696,3 \pm 76,7$ $\mu\text{g}/100$ g) sindirim sonrası MDA seviyesinden yüksek bulunmuştur.

Tavuk göğüs etinde sindirim sonrası MDA seviyeleri portakal suyu dışında, tüm salata ve içecekler ile birlikte verildiğinde tek başına ete göre daha düşük olarak saptanmıştır. Bununla birlikte tavuk göğüs eti ile birlikte portakal suyunun sindirim öncesi MDA seviyesi $1995,3 \pm 90,3$ $\mu\text{g}/100$ g iken, sindirim sonrası $1508,0 \pm 68,2$ $\mu\text{g}/100$ g olarak bulunmuştur.

Sindirim öncesine göre sindirim sonrası MDA seviyeleri kırmızı şarap, şalgam ve ayran dışında tüm salata ve içeceklerde daha düşük bulunmuş, ancak yine de bu içeceklerde de tek başına tavuk göğüs etinin sindirim sonrası MDA seviyesine göre daha düşük olduğu bulunmuştur.

Tavuk derili but etinde sindirim sonrası MDA seviyeleri; çoban salata dışında, tüm salata ve içecekler ile birlikte verildiğinde tek başına ete göre daha düşük olarak bulunmuştur. Sindirim öncesine göre sindirim sonrası MDA seviyeleri şalgam, ayran, kola ve tüm salatalarda daha yüksek bulunmuş, ancak çoban salata dışında tek başına tavuk derili but etinin sindirim sonrası MDA seviyesine göre daha düşük olduğu bulunmuştur.

Hindi göğüs etinde sindirim sonrası MDA seviyeleri portakal suyu, kola, çoban salata dışında tüm salata ve içecekler ile birlikte verildiğinde tek başına ete göre daha düşük olarak bulunmuştur. Sindirim sonrası MDA seviyeleri portakal suyu, kırmızı şarap, kola, çoban salata ve Akdeniz salatada sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur. Ancak kırmızı şarap ve Akdeniz salatada tek başına hindi göğüs etinin sindirim sonrası MDA seviyesine göre daha düşük olduğu bulunmuştur.

Levrekte sindirim sonrası MDA seviyesi; tek başına levreğe kıyasla, tüm salata ve içecekler ile birlikte verildiğinde daha düşük bulunmuştur. Sindirim öncesine göre sindirim sonrası MDA seviyeleri kırmızı şarap, ayran, şalgam, kola, çoban salata ve Akdeniz salatada daha yüksek bulunmakla birlikte tek başına levreğin sindirim sonrası MDA seviyesine göre tüm salata ve içecekler daha düşük MDA seviyeleri ile sonuçlanmıştır.

Çizelge 4.1. Farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası MDA seviyeleri

Örnek	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası
	Ort ± SS µg/100 g	Ort ± SS µg/100 g	Ort ± SS µg/1 porsiyon	Ort ± SS µg/1 porsiyon
Dana kontrfile	515,3±23,3	3991,7±180,6	412,2±18,6	3193,3±144,5
Dana kontrfile+üzüm suyu	1736,2±78,5	1699,3±76,9	2854,0±129,0	1359,5±61,5
Dana kontrfile+portakal suyu	2396,0±108,4	1136,2±51,4	4173,6±188,8	909,0±41,1
Dana kontrfile+kırmızı şarap	617,0±27,9	1568,8±71,0	615,6±27,8	1255,0±56,8
Dana kontrfile+hardaliye	2713,0±122,7	1020,6±46,2	4807,6±217,4	816,5±37,0
Dana kontrfile+şalgam	554,2±25,1	773,4±35,0	490,0±22,2	618,7±28,0
Dana kontrfile+nar suyu	1252,8±56,7	1053,5±47,7	1887,2±85,4	842,8±38,1
Dana kontrfile+ayran	543,2±24,6	1521,9±68,9	468,0±21,2	1217,5±55,1
Dana kontrfile+kola	1117,3±50,5	2021,2±91,4	1616,2±73,0	1617,0±73,1
Dana kontrfile+çoban salata	939,9±42,5	2558,4±115,8	1049,1±47,4	2046,8±92,6
Dana kontrfile+Akdeniz salata	991,7±44,9	2621,2±118,6	1126,8±51,0	2097,0±94,9
Dana kontrfile+kırmızılahana salata	1420,3±64,2	845,2±38,2	1769,7±79,95	676,1±30,6
Dana but	335,9±15,2	1696,3±76,7	268,7±12,2	1357,1±61,4
Dana but+üzüm suyu	1556,8±70,4	2153,8±97,4	2710,5±122,6	1723,0±78,0
Dana but+portakal suyu	2216,6±100,3	1563,8±70,8	4030,1±182,4	1251,0±56,6
Dana but+kırmızı şarap	437,6±19,8	786,4±35,6	472,1±21,4	629,1±28,5
Dana but+hardaliye	2533,6±114,6	876,1±39,6	4664,1±211	700,9±31,7
Dana but+şalgam	374,8±17,0	658,8±29,8	346,5±15,8	527,0±23,8
Dana but+nar suyu	1073,4±48,6	409,6±18,5	1743,7±79,0	327,7±14,83
Dana but+ayran	363,8±16,5	942,8±42,7	324,5±14,8	754,3±34,1
Dana but+kola	937,9±42,4	2292,3±103,7	1472,7±66,6	1833,9±83,0
Dana but+çoban salata	760,5±34,4	1784,0±80,7	905,6±41,0	1427,2±64,6
Dana but+Akdeniz salata	812,3±36,8	1339,5±60,6	983,3±44,6	1071,6±48,5
Dana but+kırmızılahana salata	1240,9±56,1	1343,5±60,8	1626,2±73,55	1074,8±48,6
Tavuk göğüs eti	114,6±5,2	837,2±37,9	91,7±4,2	669,8±30,3
Tavuk göğüs eti+üzüm suyu	1335,5±60,4	572,1±25,9	2533,5±114,6	457,7±20,7
Tavuk göğüs eti+portakal suyu	1995,3±90,3	1508,0±68,2	3853,1±174,4	1206,4±54,6
Tavuk göğüs eti+kırmızı şarap	216,3±9,8	268,1±12,1	295,1±13,4	214,5±9,7
Tavuk göğüs eti+hardaliye	2312,3±104,6	382,7±17,3	4487,1±203,0	306,2±13,8
Tavuk göğüs eti+şalgam	153,5±7,0	191,4±8,7	169,5±7,8	153,1±6,9
Tavuk göğüs eti+nar suyu	852,1±38,6	229,2±10,4	1566,7±71,0	183,4±8,3
Tavuk göğüs eti+ayran	142,5±6,5	290,0±13,1	147,5±6,8	232,0±10,5
Tavuk göğüs eti+kola	716,6±32,4	626,9±28,4	1295,7±58,6	501,5±22,7
Tavuk göğüs eti+çoban salata	539,2±24,4	466,4±21,1	728,6±33,0	373,2±16,9
Tavuk göğüs eti+Akdeniz salata	591,0±26,8	515,3±23,3	806,3±36,6	412,2±18,7
Tavuk göğüs eti+kırmızılahana salata	1019,6±46,1	422,6±19,1	1449,2±65,55	338,1±15,3
Tavuk derili but	275,1±12,5	1741,2±78,8	220,1±10,0	1392,9±63,0
Tavuk derili but+üzüm suyu	1496,0±67,7	887,0±40,1	2661,9±120,4	709,6±32,1
Tavuk derili but+portakal suyu	2155,8±97,6	1664,4±75,3	3981,5±180,2	1331,5±60,2
Tavuk derili but+kırmızı şarap	376,8±17,1	376,7±17,0	423,5±19,2	301,4±13,6
Tavuk derili but+hardaliye	2472,8±111,9	721,6±32,6	4615,5±208,8	577,3±26,1
Tavuk derili but+şalgam	314,0±14,3	438,5±19,8	297,9±13,6	350,8±15,9
Tavuk derili but+nar suyu	1012,6±45,9	338,9±15,3	1695,1±76,8	271,1±12,3
Tavuk derili but+ayran	303,0±13,8	385,7±17,5	275,9±12,6	308,6±13,9

Çizelge 4.1. (devam) Farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası MDA seviyeleri

Örnek	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası
	Ort ± SS µg/100 g	Ort ± SS µg/100 g	Ort ± SS µg/1 porsiyon	Ort ± SS µg/1 porsiyon
Tavuk derili but+çoban salata	699,7±31,7	2556,5±115,7	857,0±38,8	2045,2±92,5
Tavuk derili but+Akdeniz salata	751,5±34,1	1166,1±52,8	934,7±42,4	932,9±42,2
Tavuk derili but+kırmızılahana salata	1180,1±53,4	1243,8±56,3	1577,6±71,4	995,1±45,0
Hindi göğüs eti	2518,6±113,9	3824,2±173,0	2014,9±91,1	3059,4±138,4
Hindi göğüs eti+üzüm suyu	3739,5±169,1	1844,8±83,5	4456,7±201,5	1475,9±66,8
Hindi göğüs eti+portakal suyu	4399,3±199,0	5655,1±255,9	5776,3±261,3	4524,0±205,0
Hindi göğüs eti+kırmızı şarap	2620,3±118,5	2817,6±127,5	2218,3±100,3	2254,1±102,0
Hindi göğüs eti+hardaliye	4716,3±213,3	3704,6±167,6	6410,3±289,9	2963,7±134,1
Hindi göğüs eti+şalgam	2557,5±115,7	772,4±34,9	2092,7±94,7	617,9±28,0
Hindi göğüs eti+nar suyu	3256,1±147,3	1158,1±52,4	3489,9±157,9	926,5±41,9
Hindi göğüs eti+ayran	2546,5±115,2	1981,4±89,6	2070,7±93,7	1585,1±71,7
Hindi göğüs eti+kola	3120,6±141,1	5104,9±231,0	3218,9±145,5	4084,0±185,0
Hindi göğüs eti+çoban salata	2943,2±133,1	4250,8±192,3	2651,8±119,9	3400,6±153,9
Hindi göğüs eti+Akdeniz salata	2995,0±135,5	3451,5±156,2	2729,5±123,5	2761,2±124,9
Hindi göğüs eti+kırmızılahana salata	3423,6±154,8	1689,4±76,4	3372,4±152,5	1351,5±61,1
Levrek	452,5±20,5	4220,9±191,0	678,8±30,8	6331,0±286,0
Levrek+üzüm suyu	1673,4±75,7	929,9±42,1	3120,6±141,2	1394,8±63,1
Levrek+portakal suyu	2333,2±105,6	2308,3±104,4	4440,2±201,0	3462,4±156,7
Levrek+kırmızı şarap	554,2±25,1	3064,8±138,7	882,2±40,0	4597,0±208,0
Levrek+hardaliye	2650,2±119,9	1165,1±52,7	5074,2±229,6	1747,7±79,1
Levrek+şalgam	491,4±22,3	1255,8±56,8	756,6±34,4	1883,7±85,2
Levrek+nar suyu	1190,0±53,9	1020,6±46,2	2153,8±97,6	1530,9±69,2
Levrek+ayran	480,4±21,8	708,6±32,1	734,6±33,4	1062,9±48,1
Levrek+kola	1054,5±47,7	4011,6±181,5	1882,8±85,2	6017,0±272,0
Levrek+çoban salata	877,1±39,7	1968,4±89,1	1315,7±59,6	2952,6±133,6
Levrek+Akdeniz salata	928,9±42,1	3135,5±141,9	1393,4±63,2	4703,0±213,0
Levrek+kırmızılahana salata	1357,5±61,4	1002,6±45,4	2036,3±92,2	1504,0±68,0

Çizelge 4.2’de farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası GO seviyeleri verilmiştir. Sindirim sonrası farklı et türlerinin 100 gramının GO seviyeleri en yüksek tavuk göğüs etinde (123,6±5,6 µg), en düşük ise dana kontrfilede (50,8±2,3 µg) bulunmuştur. Sindirim sonrası tüm et türlerinde GO seviyeleri sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur.

Dana kontrfilede sindirim sonrası GO seviyesi; çoban salata ve kırmızılahana salatası dışında tek başına ete göre, Akdeniz salata ve tüm içecekler ile birlikte verildiğinde daha yüksek bulunmuştur. Tüm salata ve içeceklerle birlikte dana kontrfilenin sindirim sonrası GO seviyesi, sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur.

Dana but, tavuk göğüs eti, tavuk derili but, hindi göğüs eti ve levrek etlerinde sindirim sonrası GO seviyeleri; tek başına ete göre şalgam, ayran, kola ve tüm salatalar ile birlikte verildiğinde daha düşük bulunmuştur. Ancak üzüm suyu, portakal suyu, kırmızı şarap, hardaliye ve nar suyu ile birlikte verildiğinde sindirim sonrasında tek başına ete göre daha yüksek GO seviyeleri bulunmuştur. Tüm salata ve içeceklerle birlikte verilen et türlerinin sindirim sonrası GO seviyesi, sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası GO seviyeleri

Örnek	Sindirim öncesi Ort ± SS µg/100 g	Sindirim sonrası Ort ± SS µg/100 g	Sindirim öncesi Ort ± SS µg/1 porsiyon	Sindirim sonrası Ort ± SS µg/1 porsiyon
Dana kontrfile	8,0±0,4	50,8±2,3	6,4±0,3	40,6±1,8
Dana kontrfile+üzüm suyu	386,7±17,5	1149,2±52,0	763,8±34,5	919,4±41,6
Dana kontrfile+portakal suyu	45,9±2,1	216,3±9,8	82,2±3,7	173,0±7,8
Dana kontrfile+kırmızı şarap	29,9±1,4	193,4±8,7	50,2±2,3	154,7±7,0
Dana kontrfile+hardaliye	272,1±12,3	504,3±22,8	534,6±24,1	403,4±18,2
Dana kontrfile+şalgam	15,0±0,7	80,7±3,7	20,4±0,9	64,6±3,0
Dana kontrfile+nar suyu	47,9±2,2	249,2±11,3	86,2±3,9	199,4±9,0
Dana kontrfile+ayran	13,0±0,6	62,8±2,8	16,4±0,7	50,2±2,2
Dana kontrfile+kola	21,0±1,0	80,7±3,7	32,4±1,5	64,6±3,0
Dana kontrfile+çoban salata	19,0±0,9	27,9±1,3	22,9±1,1	22,3±1,0
Dana kontrfile+Akdeniz salata	21,0±1,0	62,8±2,8	25,9±1,2	50,2±2,2
Dana kontrfile+kırmızılahana salata	29,9±1,4	33,9±1,5	39,3±1,8	27,1±1,2
Dana but	14,0±0,6	109,6±5,0	11,2±0,5	87,7±4,0
Dana but+üzüm suyu	392,7±17,7	1310,6±59,3	768,6±34,7	1048,5±47,4
Dana but+portakal suyu	51,9±2,3	236,2±10,7	87,0±3,9	189,0±8,6
Dana but+kırmızı şarap	35,9±1,6	182,4±8,3	55,0±2,5	145,9±6,6
Dana but+hardaliye	278,1±12,5	435,5±19,7	539,4±24,3	348,4±15,8
Dana but+şalgam	21,0±0,9	63,8±2,9	25,2±1,1	51,0±2,3
Dana but+nar suyu	53,9±2,4	222,3±10,1	91,0±4,1	177,8±8,1
Dana but+ayran	19,0±0,8	75,7±3,4	21,2±0,9	60,6±2,7
Dana but+kola	27,0±1,2	107,6±4,9	37,2±1,7	86,1±3,9
Dana but+çoban salata	25,0±1,1	46,8±2,1	27,7±1,2	37,4±1,7
Dana but+Akdeniz salata	27,0±1,2	40,9±1,8	30,7±1,4	32,7±1,4
Dana but+kırmızılahana salata	35,9±1,6	50,8±2,3	44,1±2,0	40,6±1,8
Tavuk göğüs eti	9,0±0,4	123,6±5,6	7,2±0,3	98,9±4,5
Tavuk göğüs eti+üzüm suyu	387,7±17,5	1182,0±53,5	764,6±34,5	945,6±42,8
Tavuk göğüs eti+portakal suyu	46,9±2,1	237,2±10,7	83,0±3,7	189,8±8,6
Tavuk göğüs eti+kırmızı şarap	30,9±1,4	235,2±10,6	51,0±2,3	188,2±8,5
Tavuk göğüs eti+hardaliye	273,1±12,3	394,7±17,9	535,4±24,1	315,8±14,3
Tavuk göğüs eti+şalgam	16,0±0,7	75,7±3,4	21,2±0,9	60,6±2,7
Tavuk göğüs eti+nar suyu	48,9±2,2	327,9±14,8	87,0±3,9	262,3±11,8
Tavuk göğüs eti+ayran	14,0±0,6	71,8±3,2	17,2±0,7	57,4±2,6
Tavuk göğüs eti+kola	22,0±1,0	102,7±4,6	33,2±1,5	82,2±3,7
Tavuk göğüs eti+çoban salata	20,0±0,9	37,9±1,7	23,7±1,1	30,3±1,4

Çizelge 4.2. (devam) Farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası GO seviyeleri

Örnek	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası
	Ort ± SS µg/100 g	Ort ± SS µg/100 g	Ort ± SS µg/1 porsiyon	Ort ± SS µg/1 porsiyon
Tavuk göğüs eti+kırmızılahana salata	30,9±1,4	39,9±1,8	40,1±1,8	31,9±1,4
Tavuk derili but	23,9±1,1	120,6±5,5	19,1±0,9	96,5±4,4
Tavuk derili but+üzüm suyu	402,6±18,2	1269,8±57,4	776,5±35,1	1015,8±45,9
Tavuk derili but+portakal suyu	61,8±2,8	191,4±8,7	94,9±4,3	153,1±7,0
Tavuk derili but+kırmızı şarap	45,8±2,1	232,2±10,5	62,9±2,9	185,8±8,4
Tavuk derili but+hardaliye	288,0±13,0	534,2±24,2	547,3±24,7	427,4±19,4
Tavuk derili but+şalgam	30,9±1,4	74,8±3,4	33,1±1,5	59,8±2,7
Tavuk derili but+nar suyu	63,8±2,9	396,7±17,9	98,9±4,5	317,4±14,3
Tavuk derili but+ayran	28,9±1,3	45,8±2,1	29,1±1,3	36,6±1,7
Tavuk derili but+kola	36,9±1,7	108,6±4,9	45,1±2,1	86,9±3,9
Tavuk derili but+çoban salata	34,9±1,6	109,6±5,0	35,6±1,6	87,7±4,0
Tavuk derili but+Akdeniz salata	36,9±1,7	46,8±2,1	38,6±1,8	37,4±1,7
Tavuk derili but+kırmızılahana salata	45,8±2,1	50,8±2,3	52,0±2,4	40,6±1,8
Hindi göğüs eti	15,0±0,7	121,6±5,5	12,0±0,6	97,3±4,4
Hindi göğüs eti+üzüm suyu	393,7±17,8	1254,8±56,8	769,4±34,8	1003,8±45,4
Hindi göğüs eti+portakal suyu	52,9±2,4	210,3±9,5	87,8±4,0	168,2±7,6
Hindi göğüs eti+kırmızı şarap	36,9±1,7	249,2±11,3	55,8±2,6	199,4±9,0
Hindi göğüs eti+hardaliye	279,1±12,6	429,6±19,4	540,2±24,4	343,7±15,5
Hindi göğüs eti+şalgam	22,0±1,0	83,7±3,8	26,0±1,2	67,0±3,0
Hindi göğüs eti+nar suyu	54,9±2,5	246,2±11,1	91,8±4,2	197,0±8,9
Hindi göğüs eti+ayran	20,0±0,9	61,8±2,8	22,0±1,0	49,4±2,2
Hindi göğüs eti+kola	28,0±1,3	117,6±5,3	38,0±1,8	94,1±4,2
Hindi göğüs eti+çoban salata	26,0±1,2	36,9±1,7	28,5±1,3	29,5±1,4
Hindi göğüs eti+Akdeniz salata	28,0±1,3	56,8±2,6	31,5±1,5	45,4±2,1
Hindi göğüs eti+kırmızılahana salata	36,9±1,7	46,8±2,1	44,9±2,1	37,4±1,7
Levrek	12,0±0,5	117,6±5,3	18,0±0,8	176,4±8,0
Levrek+üzüm suyu	390,7±17,6	548,2±24,8	775,4±35,0	822,3±19,8
Levrek+portakal suyu	49,9±2,2	138,5±6,3	93,8±4,2	207,8±5,0
Levrek+kırmızı şarap	33,9±1,5	133,6±6,0	61,8±2,8	200,4±4,8
Levrek+hardaliye	276,1±12,4	264,1±11,9	546,2±24,6	396,2±9,5
Levrek+şalgam	19,0±0,8	57,8±2,6	32,0±1,4	86,7±2,1
Levrek+nar suyu	51,9±2,3	151,5±6,9	97,8±4,4	227,3±5,5
Levrek+ayran	17,0±0,7	42,9±1,9	28,0±1,2	64,4±1,5
Levrek+kola	25,0±1,1	79,7±3,6	44,0±2,0	119,6±2,9
Levrek+çoban salata	23,0±1,0	27,9±1,3	34,5±1,6	41,9±1,0
Levrek+Akdeniz salata	25,0±1,1	50,8±2,3	37,5±1,7	76,2±1,8
Levrek+kırmızılahana salata	33,9±1,5	24,9±1,1	50,9±2,3	37,4±0,9

Çizelge 4.3’te farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası MGO seviyeleri verilmiştir. Sindirim sonrası farklı et türlerinin 100 gramının MGO seviyeleri en yüksek hindi göğüs etinde (72,8±3,3 µg), en düşük ise tavuk derili but etinde (29,9±1,4 µg) bulunmuştur. Sindirim sonrası tüm et türlerinde MGO seviyeleri sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur.

Dana kontrfilede sindirim sonrası MGO seviyeleri; şalgam dışında tüm salata ve içeceklerle birlikte verildiğinde tek başına ete göre daha yüksek bulunmuştur. Tüm salata ve içeceklerle birlikte dana kontrfilenin sindirim sonrası MGO seviyesi, sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur.

Dana but sindirim sonrası MGO seviyeleri; hardaliye ve Akdeniz salata dışında tüm salata ve içeceklerle birlikte verildiğinde tek başına ete göre daha yüksek bulunmuştur. Hardaliye dışında tüm salata ve içeceklerle birlikte dana but etinin sindirim sonrası MGO seviyesi, sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur. Hardaliye ile birlikte dana but etinin sindirim öncesi MGO seviyesinin, sindirim sonrasında düştüğü saptanmıştır.

Tavuk göğüs etinde sindirim sonrası MGO seviyeleri; şalgam, kola ve kırmızılaha salata dışında tüm salata ve içeceklerle birlikte verildiğinde tek başına ete göre daha yüksek bulunmuştur. Tüm salata ve içeceklerle birlikte tavuk göğüs etinin sindirim sonrası MGO seviyesi, sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur.

Tavuk derili but etinde sindirim sonrası MGO seviyeleri; ayran, kola ve Akdeniz salata dışında tüm salata ve içeceklerle birlikte verildiğinde tek başına ete göre daha yüksek bulunmuştur. Ayran dışında tüm salata ve içeceklerle birlikte tavuk derili butun sindirim sonrası MGO seviyesi, sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur. Ayran ile birlikte tavuk derili but etinin sindirim öncesi MGO seviyesinin, sindirim sonrasında düştüğü saptanmıştır.

Hindi göğüs etinde sindirim sonrası MGO seviyeleri; şalgam, kola, Akdeniz salata ve kırmızılaha salata dışında tüm salata ve içeceklerle birlikte verildiğinde tek başına ete göre daha yüksek bulunmuştur. Tüm salata ve içeceklerle birlikte hindi göğüs etinin sindirim sonrası MGO seviyesi, sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur.

Levrekte sindirim sonrası MGO seviyeleri; kırmızılaha salata dışında tüm salata ve içeceklerle birlikte verildiğinde tek başına levreğe göre daha yüksek bulunmuştur. Kırmızılaha salata ile birlikte verilen levreğin sindirim sonrası MGO seviyesi tek başına levreğe göre daha düşük bulunmuştur. Tüm salata ve içeceklerle birlikte levreğin sindirim sonrası MGO seviyesi, sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası MGO seviyeleri

Örnek	Sindirim öncesi Ort ± SS µg/100 g	Sindirim sonrası Ort ± SS µg/100 g	Sindirim öncesi Ort ± SS µg/1 porsiyon	Sindirim sonrası Ort ± SS µg/1 porsiyon
Dana kontrfile	14,0±0,6	53,8±2,4	11,2±0,5	43,0±1,9
Dana kontrfile+üzüm suyu	77,8±3,5	185,4±8,4	138,8±6,3	148,3±6,7
Dana kontrfile+portakal suyu	26,0±1,1	144,5±6,5	35,1±1,6	115,6±5,2
Dana kontrfile+kırmızı şarap	58,9±2,6	135,5±6,1	100,9±4,6	108,4±4,9
Dana kontrfile+hardaliye	42,9±1,9	110,6±5,0	69,0±3,1	88,5±4,0
Dana kontrfile+şalgam	17,0±0,7	43,9±2,0	17,2±0,8	35,1±1,6
Dana kontrfile+nar suyu	38,9±1,7	84,7±3,8	61,0±2,8	67,8±3,0
Dana kontrfile+ayran	31,9±1,4	108,6±4,9	47,1±2,1	86,9±3,9
Dana kontrfile+kola	16,0±0,7	67,8±3,1	15,2±0,7	54,2±2,5
Dana kontrfile+çoban salata	29,0±1,3	102,7±4,6	33,6±1,5	82,2±3,7
Dana kontrfile+Akdenez salata	17,0±0,7	58,8±2,7	15,7±0,7	47,0±2,2
Dana kontrfile+kırmızılahana salata	15,0±0,6	69,8±3,2	12,7±0,6	55,8±2,6
Dana but	26,9±1,2	43,9±2,0	21,5±1,0	35,1±1,6
Dana but+üzüm suyu	90,7±4,1	190,4±8,6	149,1±6,8	152,3±6,9
Dana but+portakal suyu	38,9±1,7	305,0±13,8	45,4±2,1	244,0±11,0
Dana but+kırmızı şarap	71,8±3,2	150,5±6,8	111,2±5,1	120,4±5,4
Dana but+hardaliye	55,8±2,5	40,9±1,8	79,3±3,6	32,7±1,4
Dana but+şalgam	29,9±1,3	45,8±2,1	27,5±1,3	36,6±1,7
Dana but+nar suyu	51,8±2,3	109,6±5,0	71,3±3,3	87,7±4,0
Dana but+ayran	44,8±2,0	123,6±5,6	57,4±2,6	98,9±4,5
Dana but+kola	28,9±1,3	50,8±2,3	25,5±1,2	40,6±1,8
Dana but+çoban salata	41,9±1,9	77,7±3,5	43,9±2,0	62,2±2,8
Dana but+Akdenez salata	29,9±1,3	38,9±1,8	26,0±1,2	31,1±1,4
Dana but+kırmızılahana salata	27,9±1,2	62,8±2,8	23,0±1,1	50,2±2,2
Tavuk göğüs eti	6,0±0,3	69,8±3,2	4,8±0,2	55,8±2,6
Tavuk göğüs eti+üzüm suyu	69,8±3,2	189,4±8,6	132,4±6,0	151,5±6,9
Tavuk göğüs eti+portakal suyu	18,0±0,8	163,5±7,4	28,7±1,3	130,8±5,9
Tavuk göğüs eti+kırmızı şarap	50,9±2,3	137,5±6,2	94,5±4,3	110,0±5,0
Tavuk göğüs eti+hardaliye	34,9±1,6	109,6±5,0	62,6±2,8	87,7±4,0
Tavuk göğüs eti+şalgam	9,0±0,4	31,9±1,4	10,8±0,5	25,5±1,1
Tavuk göğüs eti+nar suyu	30,9±1,4	133,6±6,0	54,6±2,5	106,9±4,8
Tavuk göğüs eti+ayran	23,9±1,1	141,5±6,4	40,7±1,8	113,2±5,1
Tavuk göğüs eti+kola	8,0±0,4	31,9±1,4	8,8±0,4	25,5±1,1
Tavuk göğüs eti+çoban salata	21,0±1,0	89,7±4,1	27,2±1,2	71,8±3,3
Tavuk göğüs eti+Akdenez salata	9,0±0,4	70,8±3,2	9,3±0,4	56,6±2,6
Tavuk göğüs eti+kırmızılahana salata	7,0±0,3	58,8±2,7	6,3±0,3	47,0±2,2
Tavuk derili but	6,0±0,3	29,9±1,4	4,8±0,2	23,9±1,1
Tavuk derili but+üzüm suyu	69,8±3,2	155,5±7,0	132,4±6,0	124,4±5,6
Tavuk derili but+portakal suyu	18,0±0,8	171,4±7,8	28,7±1,3	137,1±6,2
Tavuk derili but+kırmızı şarap	50,9±2,3	134,6±6,1	94,5±4,3	107,7±4,9

Çizelge 4.3. (devam) Farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası MGO seviyeleri

Örnek	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası
	Ort ± SS	Ort ± SS	Ort ± SS	Ort ± SS
	µg/100 g	µg/100 g	µg/1 porsiyon	µg/1 porsiyon
Tavuk derili but+hardaliye	34,9±1,6	147,5±6,7	62,6±2,8	118,0±5,4
Tavuk derili but+şalgam	9,0±0,4	41,9±1,9	10,8±0,5	33,5±1,5
Tavuk derili but+nar suyu	30,9±1,4	64,8±2,9	54,6±2,5	51,8±2,3
Tavuk derili but+ayran	23,9±1,1	15,9±0,7	40,7±1,8	12,7±0,6
Tavuk derili but+kola	8,0±0,4	22,9±1,0	8,8±0,4	18,3±0,8
Tavuk derili but+çoban salata	21,0±1,0	90,7±4,1	27,2±1,2	72,6±3,3
Tavuk derili but+Akdeniz salata	9,0±0,4	28,9±1,3	9,3±0,4	23,1±1,0
Tavuk derili but+kırmızılahana salata	7,0±0,3	45,8±2,1	6,3±0,3	36,6±1,7
Hindi göğüs eti	15,0±0,7	72,8±3,3	12,0±0,6	58,2±2,6
Hindi göğüs eti+üzüm suyu	78,8±3,6	189,4±8,6	139,6±6,4	151,5±6,9
Hindi göğüs eti+portakal suyu	27,0±1,2	181,4±8,2	35,9±1,7	145,1±6,6
Hindi göğüs eti+kırmızı şarap	59,9±2,7	119,6±5,4	101,7±4,7	95,7±4,3
Hindi göğüs eti+hardaliye	43,9±2,0	176,4±8,0	69,8±3,2	141,1±6,4
Hindi göğüs eti+şalgam	18,0±0,8	52,8±2,4	18,0±0,9	42,2±1,9
Hindi göğüs eti+nar suyu	39,9±1,8	94,7±4,3	61,8±2,9	75,8±3,4
Hindi göğüs eti+ayran	32,9±1,5	78,7±3,6	47,9±2,2	63,0±2,9
Hindi göğüs eti+kola	17,0±0,8	63,8±2,9	16,0±0,8	51,0±2,3
Hindi göğüs eti+çoban salata	30,0±1,4	131,6±6,0	34,4±1,6	105,3±4,8
Hindi göğüs eti+Akdeniz salata	18,0±0,8	68,8±3,1	16,5±0,8	55,0±2,5
Hindi göğüs eti+kırmızılahana salata	16,0±0,7	61,8±2,8	13,5±0,7	49,4±2,2
Levrek	7,0±0,3	31,9±1,4	10,5±0,5	47,9±2,1
Levrek+üzüm suyu	70,8±3,2	83,7±3,8	138,1±6,3	125,6±5,7
Levrek+portakal suyu	19,0±0,8	52,8±2,4	34,4±1,6	79,2±3,6
Levrek+kırmızı şarap	51,9±2,3	69,8±3,2	100,2±4,6	104,7±4,8
Levrek+hardaliye	35,9±1,6	55,8±2,5	68,3±3,1	83,7±3,8
Levrek+şalgam	10,0±0,4	37,9±1,7	16,5±0,8	56,9±2,6
Levrek+nar suyu	31,9±1,4	37,9±1,7	60,3±2,8	56,9±2,6
Levrek+ayran	24,9±1,1	60,8±2,8	46,4±2,1	91,2±4,2
Levrek+kola	9,0±0,4	32,9±1,5	14,5±0,7	49,4±2,3
Levrek+çoban salata	22,0±1,0	49,8±2,3	32,9±1,5	74,7±3,5
Levrek+Akdeniz salata	10,0±0,4	34,9±1,6	15,0±0,7	52,4±2,4
Levrek+kırmızılahana salata	8,0±0,3	23,9±1,1	12,0±0,6	35,9±1,7

4.2. *In vitro* Sindirim Sonrası Malondialdehit (MDA) Seviyelerinin Değerlendirilmesi

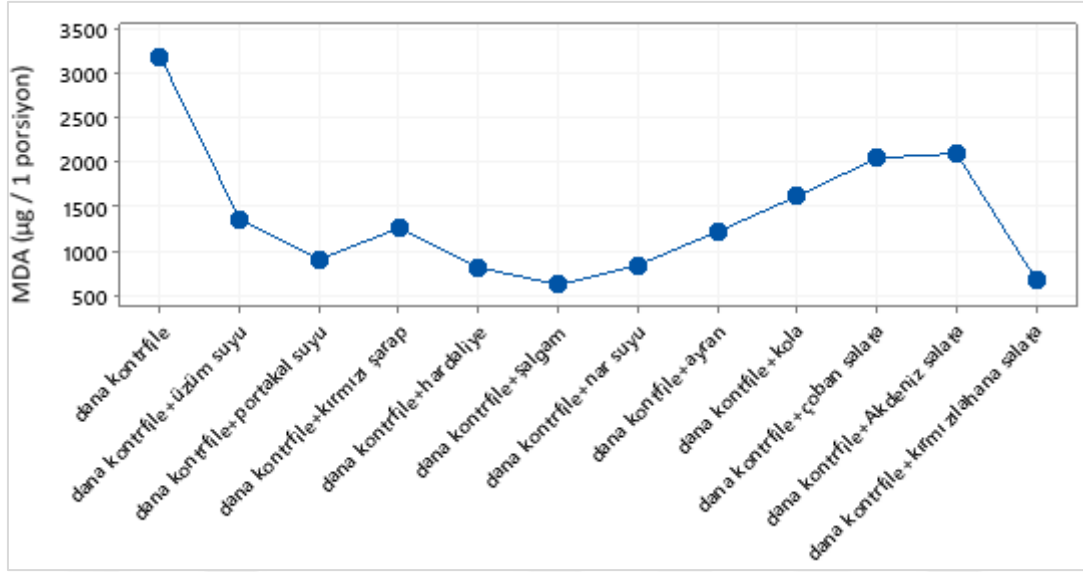
Çizelge 4.4'te ve Şekil 4.1'de, bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyelerine etkisi verilmiştir. Dana kontrfilenin sindirim öncesi MDA seviyesi 412,2±18,7 µg iken sindirim sonrası %674,7 artarak 3193,3±144,5 µg'a yükselmiştir. Akdeniz salata, çoban salata, kırmızı şarap, ayran ve şalgam ile birlikte dana kontrfilenin sindirim sonrası MDA seviyeleri, sindirim öncesine göre artış göstermiş, ancak yine de tek başına dana kontrfilenin sindirim sonrasındaki MDA seviyesinden daha düşük bulunmuştur. Tek başına dana kontrfile sindirim sonrası MDA

seviyesini ($3193,3 \pm 144,5$ µg), tüm salatalar ve içecekler anlamlı derecede azaltmıştır ($p < 0,05$). Sindirim sonrası MDA seviyesini benzer şekilde ve en fazla düşürenler, şalgam ($618,7 \pm 28,0$; %80,6) ve kırmızılaha salata ($676,1 \pm 30,6$; %78,8) olup Akdeniz salata ($2097,0 \pm 94,9$; %34,3) ve çoban salata ($2046,8 \pm 92,6$; %35,9) benzer şekilde ve en az düşürmüştür. Kırmızılaha salatası sindirim sonrası MDA seviyesini şalgam, hardaliye ve nar suyu ile benzer şekilde düşürmüştür. İçecekler arasında en fazla düşüren şalgam (%80,6) iken, en az düşüren kola (%49,4) olarak bulunmuştur. Sindirim sonrası MDA seviyesini düşürmekle beraber üzüm suyu ($1359,5 \pm 61,5$; %57,4), kırmızı şarap ($1255,0 \pm 56,8$; %60,7) ve ayran ($1217,5 \pm 55,1$; %61,9) arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Aynı şekilde portakal suyu, nar suyu ve hardaliye içecekleri de MDA seviyesini benzer miktarda düşürmüştür (sırasıyla %71,5; %73,6; %74,4).

Çizelge 4.4. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/80 g)

	Sindirim öncesi Ort±SS	Sindirim sonrası Ort±SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MDA inhibe etme yüzdesi (%)
Dana kontrfile	412,2±18,7	3193,3±144,5 ^A	674,7	-
Dana kontrfile+Akdeniz salata	1126,8±51,0	2097,0±94,9 ^B	86,1	34,3
Dana kontrfile+çoban salata	1049,1±47,5	2046,8±92,6 ^B	95,1	35,9
Dana kontrfile+kola	1616,2±73,2	1617,0±73,1 ^C	0,0	49,4
Dana kontrfile+üzüm suyu	2854,0±129,2	1359,5±61,5 ^D	-52,4	57,4
Dana kontrfile+kırmızı şarap	615,5±27,9	1255,0±56,8 ^D	103,9	60,7
Dana kontrfile+ayran	468,0±21,2	1217,5±55,1 ^D	160,1	61,9
Dana kontrfile+portakal suyu	4173,6±188,9	909,0±41,1 ^E	-78,2	71,5
Dana kontrfile+nar suyu	1887,3±85,4	842,8±38,1 ^{EF}	-55,3	73,6
Dana kontrfile+hardaliye	4807,5±217,6	816,5±37,0 ^{EF}	-83,0	74,4
Dana kontrfile+kırmızılaha salata	1769,7±80,1	676,1±30,6 ^{FG}	-61,8	78,8
Dana kontrfile+şalgam	489,9±22,2	618,7±28,0 ^G	26,3	80,6

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



Şekil 4.1. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/80 g)

Çizelge 4.5'te ve Şekil 4.2'de, bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyelerine etkisi verilmiştir. Dana but etinin sindirim öncesi MDA seviyesi $268,7 \pm 12,2$ µg iken sindirim sonrası %405,1 artarak $1357,1 \pm 61,4$ µg'a yükselmiştir. Kola, çoban salata, Akdeniz salata, ayran, kırmızı şarap ve şalgam ile birlikte dana but sindirim sonrası MDA seviyeleri, sindirim öncesine göre artış göstermiştir. Üzüm suyu ile birlikte dana but etinde MDA seviyesi sindirim öncesine göre ($4030,1 \pm 182,4$ µg) %36,4 azalmış, ancak yine de tek başına dana but etine ($1357,1 \pm 61,4$ µg) kıyasla sindirim sonrası daha yüksek ($1723,0 \pm 78,0$ µg) MDA seviyesi ile sonuçlanmıştır.

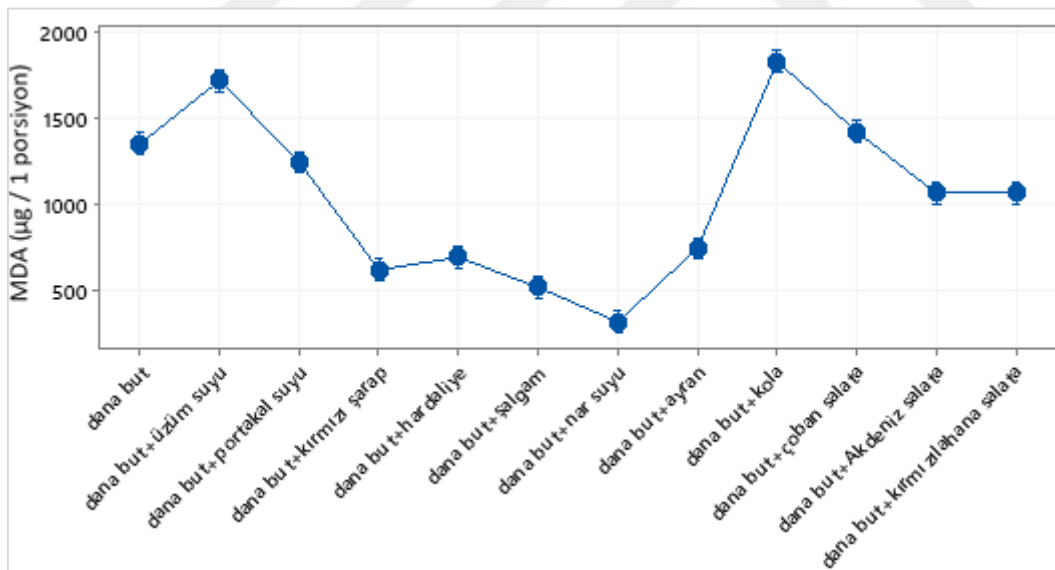
Tek başına dana but sindirim sonrası MDA seviyesi ($1357,1 \pm 61,4$), içeceklerden ayran, hardaliye, kırmızı şarap, şalgam ve nar suyu; salatalardan ise kırmızilahana salata ve Akdeniz salata ile birlikte verildiğinde anlamlı derecede azalmıştır ($p < 0,05$). Çoban salata ve portakal suyunun MDA seviyesini anlamlı olarak değiştirmedikleri bulunmuştur. Bununla birlikte kola ($1833,9 \pm 83,0$ µg) ve üzüm suyu ($1723,0 \pm 78,0$ µg) ile birlikte verilen dana but, anlamlı derecede daha yüksek MDA seviyeleri ile sonuçlanmıştır. Kola, MDA seviyesini %35,1 artırırken, üzüm suyunun %27,0 artırdığı saptanmıştır. Sindirim sonrası MDA seviyesini en fazla düşüren içecek nar suyu ($327,7 \pm 14,8$ µg; %75,9) iken, şalgam ($527,0 \pm 23,8$ µg; %61,2), kırmızı şarap ($629,1 \pm 28,5$ µg; %53,6), hardaliye ($700,9 \pm 31,7$ µg; %48,4) ve ayran ($754,3 \pm 34,1$ µg; %44,4) MDA seviyesini benzer şekilde, ancak salatalardan daha fazla azaltmıştır. Kırmızilahana salata ($1074,8 \pm 48,6$ µg; %20,8) ve Akdeniz salata

(1071,6±48,5 µg; %21,0) ise dana but etinde sindirim sonrası MDA seviyelerini benzer miktarda ve en az düşürenler olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/80 g)

	Sindirim öncesi Ort±SS	Sindirim sonrası Ort±SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MDA inhibe etme yüzdesi (%)
Dana but	268,7±12,2	1357,1±61,4 ^{BC}	405,1	-
Dana but+kola	1472,7±66,6	1833,9±83,0 ^A	24,5	-35,1
Dana but+üzüm suyu	2710,5±122,6	1723,0±78,0 ^A	-36,4	-27,0
Dana but+çoban salata	905,6±41,0	1427,2±64,6 ^B	57,6	-5,2
Dana but+portakal suyu	4030,1±182,4	1251,0±56,6 ^C	-69,0	7,8
Dana but+kırmızılahana salata	1626,2±73,55	1074,8±48,6 ^D	-33,9	20,8
Dana but+Akdeniz salata	983,3±44,6	1071,6±48,5 ^D	9,0	21,0
Dana but+ayran	324,5±14,8	754,3±34,1 ^E	132,4	44,4
Dana but+hardaliye	4664,1±211,0	700,9±31,7 ^E	-85,0	48,4
Dana but+kırmızı şarap	472,1±21,4	629,1±28,5 ^{EF}	33,3	53,6
Dana but+şalgam	346,5±15,8	527,0±23,8 ^F	52,1	61,2
Dana but+nar suyu	1743,7±79,0	327,7±14,8 ^G	-81,2	75,9

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır (p<0,05).



Şekil 4.2. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/80 g)

Çizelge 4.6'da ve Şekil 4.3'te, bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyelerine etkisi verilmiştir. Tavuk göğüs etinin sindirim öncesi MDA seviyesi 91,7±4,2 µg iken sindirim sonrası %630,4 artarak 669,8±30,3 µg'a yükselmiştir. Ayran dışında tüm salata ve içecekler ile birlikte verilen tavuk göğüs

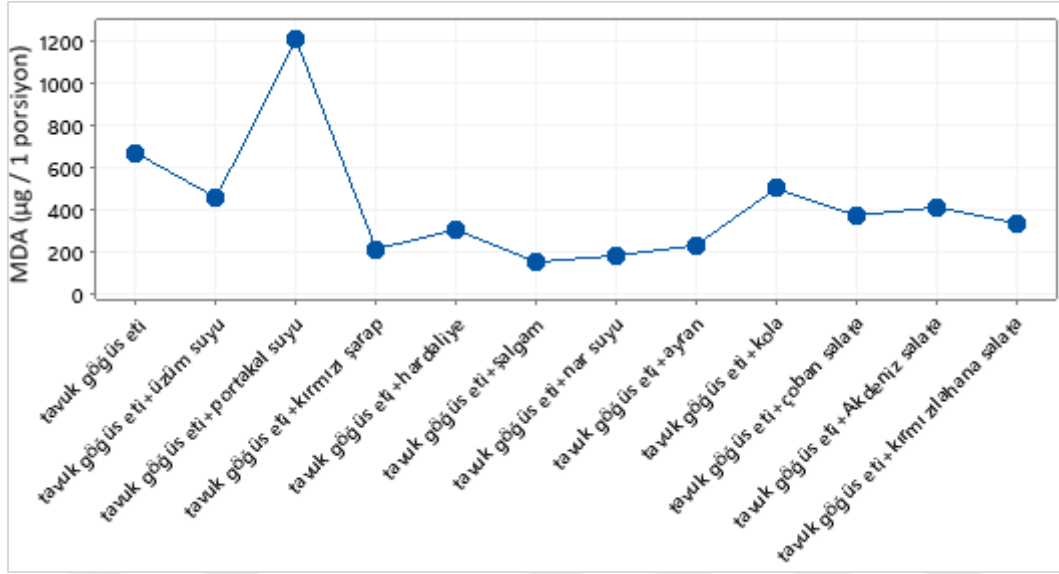
etinde sindirim sonrası MDA seviyeleri sindirim öncesine göre daha düşük bulunmuştur. Ayran ile birlikte tavuk göğüs etinde MDA seviyesi sindirim sonrasında %57,3 artmış, ancak yine de tek başına tavuk göğüs etinin sindirim sonrası MDA seviyesinden daha düşük bulunmuştur.

Tek başına tavuk göğüs etinin sindirim sonrası MDA seviyesini ($669,8 \pm 30,3 \mu\text{g}$), portakal suyu dışında tüm içecekler ve salatalar anlamlı derecede azaltmıştır ($p < 0,05$). En fazla azaltanlar benzer miktarlarla şalgam ($153,1 \pm 6,9 \mu\text{g}$), nar suyu ($183,4 \pm 8,3 \mu\text{g}$) ve kırmızı şarap ($214,5 \pm 9,7 \mu\text{g}$) iken bunu ayran ($232,0 \pm 10,5 \mu\text{g}$), hardaliye ($306,2 \pm 13,9 \mu\text{g}$) ve salatalar takip etmektedir. Salatalar arasında kırmızılahaana salata MDA seviyesini en fazla azaltan salata olarak bulunmuştur. İçecekler arasında ise kola ve üzüm suyu benzer miktarlarla MDA seviyesini en az azaltan içecekler olarak bulunmuştur. Sindirim sonrası MDA seviyesini portakal suyunun %80,1 ile yaklaşık iki kat artırdığı saptanmıştır. Bununla birlikte portakal suyu ile birlikte tavuk göğüs etinde sindirim öncesi MDA seviyesi $3853,1 \pm 174,4 \mu\text{g}$ iken sindirim sonrası %68,7 azalarak $1206,4 \pm 54,6 \mu\text{g}$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80 \text{ g}$)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MDA inhibe etme yüzdesi (%)
Tavuk göğüs eti	91,7 $\pm$ 4,2	669,8 $\pm$ 30,3 ^B	630,4	-
Tavuk göğüs eti+portakal suyu	3853,1 $\pm$ 174,4	1206,4 $\pm$ 54,6 ^A	-68,7	-80,1
Tavuk göğüs eti+kola	1295,7 $\pm$ 58,6	501,5 $\pm$ 22,7 ^C	-61,3	25,1
Tavuk göğüs eti+üzüm suyu	2533,5 $\pm$ 114,6	457,7 $\pm$ 20,7 ^{CD}	-81,9	31,7
Tavuk göğüs eti+Akdeniz salata	806,3 $\pm$ 36,6	412,2 $\pm$ 18,7 ^{DE}	-48,9	38,5
Tavuk göğüs eti+çoban salata	728,6 $\pm$ 33,0	373,2 $\pm$ 16,9 ^{EF}	-48,8	44,3
Tavuk göğüs eti+kırmızılahaana salata	1449,2 $\pm$ 65,55	338,1 $\pm$ 15,3 ^F	-76,7	49,5
Tavuk göğüs eti+hardaliye	4487,1 $\pm$ 203,0	306,2 $\pm$ 13,9 ^F	-93,2	54,3
Tavuk göğüs eti+ayran	147,5 $\pm$ 6,8	232,0 $\pm$ 10,5 ^G	57,3	65,4
Tavuk göğüs eti+kırmızı şarap	295,1 $\pm$ 13,4	214,5 $\pm$ 9,7 ^{GH}	-27,3	68,0
Tavuk göğüs eti+nar suyu	1566,7 $\pm$ 71,0	183,4 $\pm$ 8,3 ^{GH}	-88,3	72,6
Tavuk göğüs eti+şalgam	169,5 $\pm$ 7,8	153,1 $\pm$ 6,9 ^H	-9,7	77,1

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



Şekil 4.3. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/80 g)

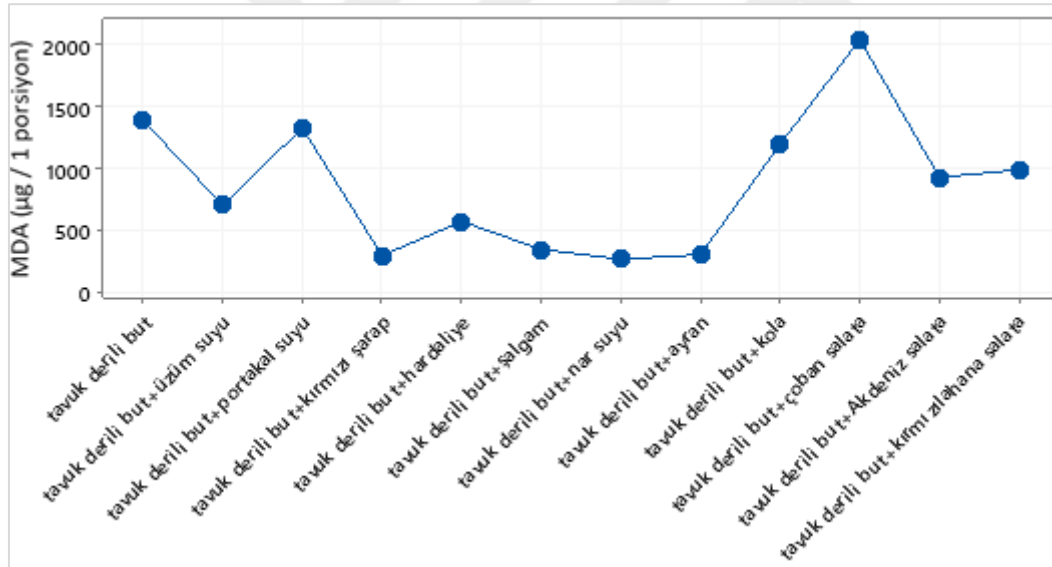
Çizelge 4.7’de ve Şekil 4.4’te, bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyelerine etkisi verilmiştir. Tavuk derili but etinin sindirim öncesi MDA seviyesi $220,1 \pm 10,0$ µg iken %532,8 artarak $1392,9 \pm 63,0$ µg’a yükselmiştir. Çoban salata, şalgam ve ayran dışında tüm salata ve içecekler ile birlikte verilen tavuk derili but etinde sindirim sonrası MDA seviyeleri sindirim öncesine göre daha düşük bulunmuştur. Şalgam ve ayran ile birlikte tavuk derili but etinde MDA seviyesi sindirim sonrasında artış gösterse de tek başına tavuk derili but etinin sindirim sonrası MDA seviyesinden daha düşük bulunmuştur.

Tek başına tavuk derili but etinde sindirim sonrası MDA seviyesi ($1392,9 \pm 63,0$ µg), portakal suyu ve çoban salata dışında diğer salata ve içeceklerle birlikte verildiğinde anlamlı derecede azalmıştır ($p < 0,05$). Sindirim sonrası MDA seviyesi portakal suyu ile birlikte verildiğinde anlamlı şekilde değişmezken; çoban salata ile birlikte verildiğinde %46,8 artmıştır. Tavuk derili but etinde sindirim sonrası MDA seviyesini en fazla düşüren içecekler benzer miktarlarla nar suyu ($271,1 \pm 12,3$ µg; %80,5), kırmızı şarap ($301,4 \pm 13,6$ µg; %78,4), ayran ($308,6 \pm 14,0$ µg; %77,8) ve şalgam ($350,8 \pm 15,9$ µg; %74,8) iken; en az düşüren içecek kola ($1200,8 \pm 54,3$ µg; %13,8) olarak bulunmuştur. Bunu hardaliye ve üzüm suyu takip etmiş, kırmızılaha salata ve Akdeniz salata benzer şekilde azaltmıştır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.7. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MDA inhibe etme yüzdesi (%)
Tavuk derili but	220,1 $\pm$ 10,0	1392,9 $\pm$ 63,0 ^B	532,8	-
Tavuk derili but+çoban salata	857,0 $\pm$ 38,8	2045,2 $\pm$ 92,5 ^A	138,6	-46,8
Tavuk derili but+portakal suyu	3981,5 $\pm$ 180,2	1331,5 $\pm$ 60,2 ^{BC}	-66,6	4,4
Tavuk derili but+kola	1424,1 $\pm$ 64,4	1200,8 $\pm$ 54,3 ^C	-15,7	13,8
Tavuk derili but+kırmızılahana salata	1577,6 $\pm$ 71,35	995,1 $\pm$ 45,0 ^D	-36,9	28,6
Tavuk derili but+Akdeniz salata	934,7 $\pm$ 42,4	932,9 $\pm$ 42,2 ^D	-0,2	33,0
Tavuk derili but+üzüm suyu	2661,9 $\pm$ 120,4	709,6 $\pm$ 32,1 ^E	-73,3	49,1
Tavuk derili but+hardaliye	4615,5 $\pm$ 208,8	577,3 $\pm$ 26,1 ^E	-87,5	58,6
Tavuk derili but+şalgam	297,9 $\pm$ 13,6	350,8 $\pm$ 15,9 ^F	17,8	74,8
Tavuk derili but+ayran	275,9 $\pm$ 12,6	308,6 $\pm$ 14,0 ^F	11,8	77,8
Tavuk derili but+kırmızı şarap	423,5 $\pm$ 19,2	301,4 $\pm$ 13,6 ^F	-28,8	78,4
Tavuk derili but+nar suyu	1695,1 $\pm$ 76,8	271,1 $\pm$ 12,3 ^F	-84,0	80,5

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p<0,05$).



Şekil 4.4. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)

Çizelge 4.8’de ve Şekil 4.5’te, bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyelerine etkisi verilmiştir. Hindi göğüs etinin sindirim öncesi MDA seviyesi 2014,9 $\pm$ 91,1 μg iken sindirim sonrası %51,8 artarak 3059,4 $\pm$ 138,4 μg ’a yükselmiştir. Çoban salata, kola, Akdeniz salata ve kırmızı şarap dışında tüm salata ve içecekler ile birlikte verilen hindi göğüs etinde sindirim sonrası MDA seviyeleri sindirim öncesine göre daha düşük bulunmuştur. Akdeniz salata ve kırmızı şarap ile birlikte hindi göğüs etinde MDA seviyesi sindirim sonrasında çok az miktarda artış

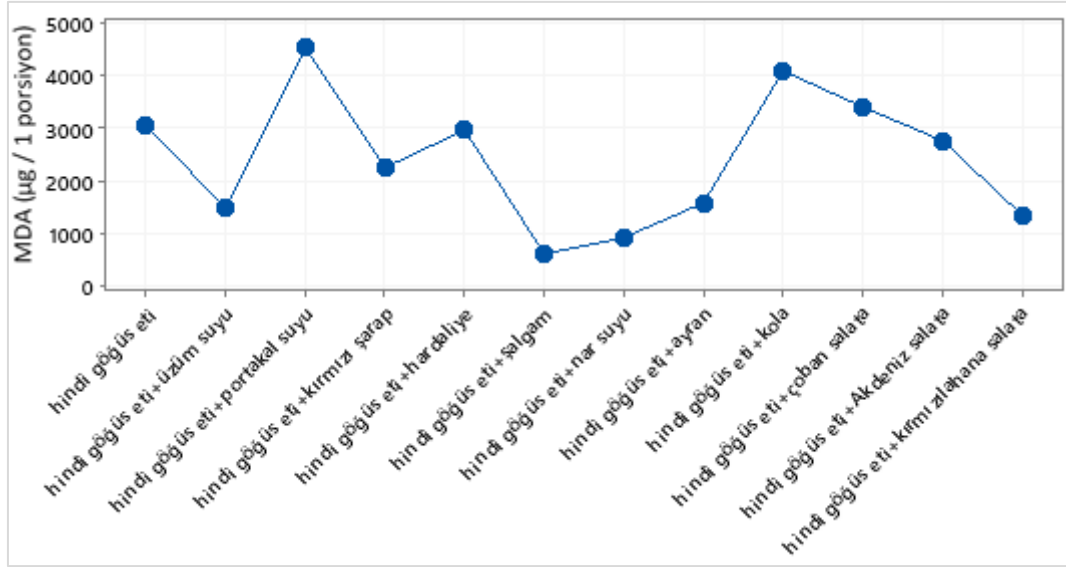
göstermiş, ancak tek başına hindi göğüs etinin sindirim sonrası MDA seviyesinden daha düşük bulunmuştur.

Tek başına hindi göğüs eti sindirim sonrası MDA seviyesi ($3059,4 \pm 138,4 \mu\text{g}$), içeceklerden kırmızı şarap, ayran, üzüm suyu, nar suyu ve şalgam ile salatalardan ise sadece kırmızılahaana salata ile birlikte verildiğinde anlamlı derecede azalmıştır ($p < 0,05$). Salatalardan Akdeniz salatanın MDA seviyesine etkisi anlamlı bulunmazken, çoban salatanın MDA seviyesini artırdığı bulunmuştur. İçeceklerden ise hardaliye anlamlı derecede değiştirmezken, portakal suyu ve kolanın MDA seviyesini artırdığı bulunmuştur. Nar suyu ($926,5 \pm 41,9 \mu\text{g}$; %69,7) ve şalgam ($617,9 \pm 28,0 \mu\text{g}$; %79,8) benzer olmakla birlikte MDA seviyesini en fazla düşüren içecekler olarak bulunmuştur. Bunu benzer olarak ayran ($1585,1 \pm 71,7 \mu\text{g}$), üzüm suyu ($1475,9 \pm 66,8 \mu\text{g}$) ve kırmızılahaana salata ($1351,5 \pm 61,1 \mu\text{g}$) takip etmiştir. Sindirim sonrası MDA seviyesini en az düşüren içecek %26,3 ile kırmızı şarap ($2254,1 \pm 102,0 \mu\text{g}$) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80 \text{ g}$)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MDA inhibe etme yüzdesi (%)
Hindi göğüs eti	2014,9 $\pm$ 91,1	3059,4 $\pm$ 138,4 ^{CD}	51,8	-
Hindi göğüs eti+portakal suyu	5776,3 $\pm$ 261,3	4524,0 $\pm$ 205,0 ^A	-21,7	-47,9
Hindi göğüs eti+kola	3218,9 $\pm$ 145,5	4084,0 $\pm$ 185,0 ^B	26,9	-33,5
Hindi göğüs eti+çoban salata	2651,8 $\pm$ 119,9	3400,6 $\pm$ 153,9 ^C	28,2	-11,2
Hindi göğüs eti+hardaliye	6410,3 $\pm$ 289,9	2963,7 $\pm$ 134,1 ^D	-53,8	3,1
Hindi göğüs eti+Akdeniz salata	2729,5 $\pm$ 123,5	2761,2 $\pm$ 124,9 ^D	1,2	9,7
Hindi göğüs eti+kırmızı şarap	2218,3 $\pm$ 100,3	2254,1 $\pm$ 102,0 ^E	1,6	26,3
Hindi göğüs eti+ayran	2070,7 $\pm$ 93,7	1585,1 $\pm$ 71,7 ^F	-23,5	48,2
Hindi göğüs eti+üzüm suyu	4456,7 $\pm$ 201,5	1475,9 $\pm$ 66,8 ^F	-66,9	51,8
Hindi göğüs eti+kırmızılahaana salata	3372,4 $\pm$ 152,5	1351,5 $\pm$ 61,1 ^F	-59,9	55,8
Hindi göğüs eti+nar suyu	3489,9 $\pm$ 157,9	926,5 $\pm$ 41,9 ^G	-73,5	69,7
Hindi göğüs eti+şalgam	2092,7 $\pm$ 94,7	617,9 $\pm$ 28,0 ^G	-70,5	79,8

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



Şekil 4.5. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi (µg/80 g)

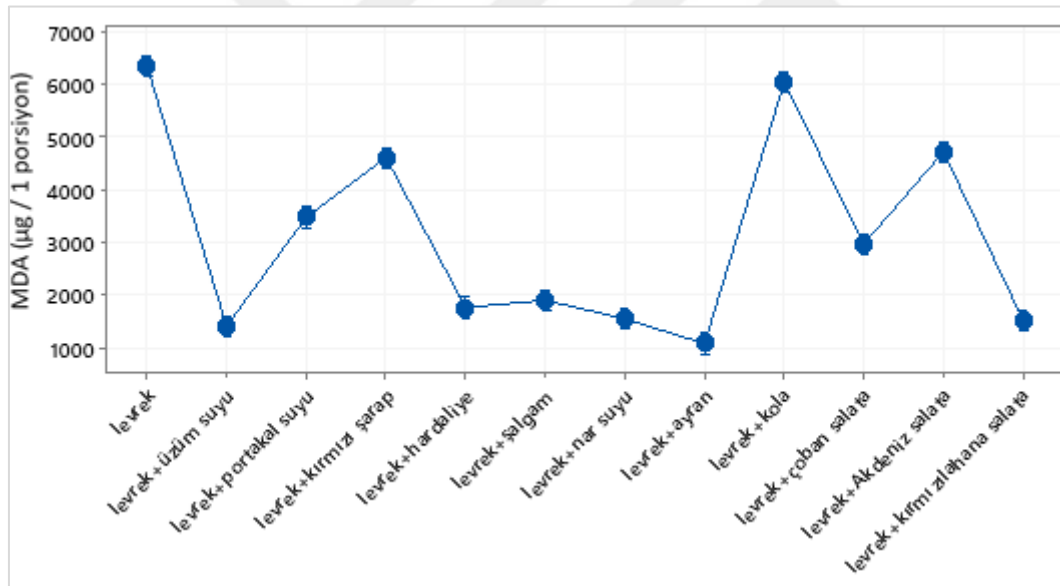
Çizelge 4.9’da ve Şekil 4.6’da, bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyelerine etkisi verilmiştir. Levreğin sindirim öncesi MDA seviyesi $678,8 \pm 30,8$ µg iken %832,7 artarak $6331,0 \pm 286,0$ µg’a yükselmiştir. Portakal suyu, hardaliye, nar suyu, üzüm suyu ve kırmızılahana salata ile birlikte verilen levrekte sindirim sonrası MDA seviyeleri sindirim öncesine göre daha düşük bulunmuştur. Kola, Akdeniz salata, kırmızı şarap, çoban salata, ayran ve şalgam ile birlikte levrekte sindirim sonrası MDA seviyeleri artış göstermiş, ancak yine de tek başına levreğin sindirim sonrası MDA seviyesinden daha düşük bulunmuştur.

Tek başına levrek sindirim sonrası MDA seviyesi ($6331,0 \pm 286,0$ µg), kola dışında tüm içeceklerle ve salatalarla birlikte verildiğinde anlamlı derecede azalmıştır ($p < 0,05$). Kola sindirim sonrası MDA seviyesini anlamlı derecede etkilememiştir. İçecekler arasında levrekte sindirim sonrası MDA seviyesini en az düşüren içecek kırmızı şarap ($4597,0 \pm 208,0$ µg; %27,4) iken; en fazla düşürenler ise benzer şekilde ayran ($1062,9 \pm 48,1$ µg; %83,2), üzüm suyu ($1394,8 \pm 63,1$ µg; %78,0), nar suyu ($1530,9 \pm 69,2$ µg; %75,8) olarak saptanmıştır. Salatalar arasında ise Akdeniz salata ($4703,0 \pm 213,0$ µg; %25,7) en az düşüren salata iken, en fazla düşüren kırmızılahana salata ($1504,0 \pm 68,0$ µg; %76,2) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/150\text{ g}$)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MDA inhibe etme yüzdesi (%)
Levrek	678,8 $\pm$ 30,8	6331,0 $\pm$ 286,0 ^A	832,7	-
Levrek+kola	1882,8 $\pm$ 85,2	6017,0 $\pm$ 272,0 ^A	219,6	5,0
Levrek+Akdeniz salata	1393,4 $\pm$ 63,2	4703,0 $\pm$ 213,0 ^B	237,5	25,7
Levrek+kırmızı şarap	882,2 $\pm$ 40,0	4597,0 $\pm$ 208,0 ^B	421,1	27,4
Levrek+portakal suyu	4440,2 $\pm$ 201,0	3462,4 $\pm$ 156,7 ^C	-22,0	45,3
Levrek+çoban salata	1315,7 $\pm$ 59,6	2952,6 $\pm$ 133,6 ^D	124,4	53,4
Levrek+şalgam	756,6 $\pm$ 34,4	1883,7 $\pm$ 85,2 ^E	149,0	70,2
Levrek+hardaliye	5074,2 $\pm$ 229,6	1747,7 $\pm$ 79,1 ^{EF}	-65,6	72,4
Levrek+nar suyu	2153,8 $\pm$ 97,6	1530,9 $\pm$ 69,2 ^{EF}	-28,9	75,8
Levrek+kırmızılahana salata	2036,3 $\pm$ 92,2	1504,0 $\pm$ 68,0 ^{EF}	-26,1	76,2
Levrek+üzüm suyu	3120,6 $\pm$ 141,2	1394,8 $\pm$ 63,1 ^{FG}	-55,3	78,0
Levrek+ayran	734,6 $\pm$ 33,4	1062,9 $\pm$ 48,1 ^G	44,7	83,2

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p<0,05$).



Şekil 4.6. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/150\text{ g}$)

4.3. *In vitro* Sindirim Sonrası Gliksal (GO) ve Metilgliksal (MGO) Seviyelerinin Değerlendirilmesi

Çizelge 4.10'da ve Şekil 4.7'de, bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyelerine etkisi verilmiştir. Dana kontrfilenin sindirim öncesi GO seviyesi $6,4\pm 0,3\ \mu\text{g}$ iken sindirim sonrası %534,4 artarak $40,7\pm 1,8\ \mu\text{g}$ 'a yükselmiştir. Sindirim öncesinde tek başına dana kontrfilede GO seviyesi $6,4\pm 0,3\ \mu\text{g}$ iken,

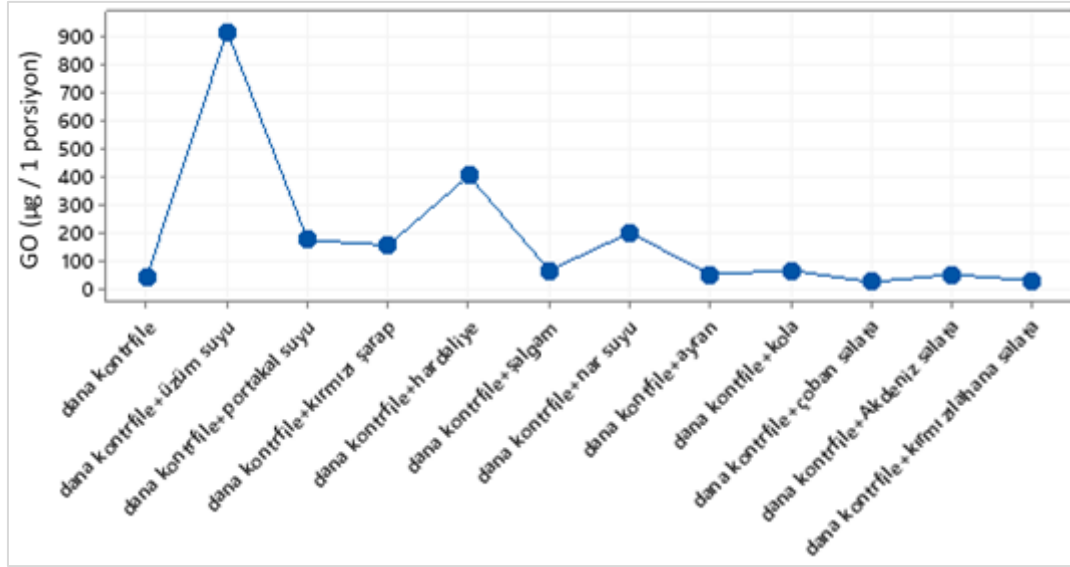
üzüm suyu ile birlikte olduğunda $763,8 \pm 34,5$ μg olarak bulunmuş, sindirim sonrası ise %20,4 artarak $919,3 \pm 41,6$ μg olarak bulunmuştur. Çoban salata, kırmızılaha salata ve hardaliye ile birlikte dana kontrfilede sindirim sonrasında GO seviyesi sindirim öncesine göre azalırken, diğer salata ve içeceklerde artış olduğu bulunmuştur.

Sindirim sonrası GO seviyesi tek başına dana kontrfileye ($40,7 \pm 1,8$ μg) göre, üzüm suyu ($919,3 \pm 41,6$ μg), hardaliye ($403,5 \pm 18,2$ μg), nar suyu ($199,3 \pm 9,0$ μg), portakal suyu ($173,0 \pm 7,0$ μg) ve kırmızı şarap ($154,7 \pm 7,0$ μg) ile birlikte verildiğinde daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). İçeceklerden kola, şalgam ve ayran ile tüm salatalar dana kontrfilede sindirim sonrası GO seviyesini anlamlı derecede etkilememiştir. Dana kontrfilede sindirim sonrası GO seviyesi en fazla üzüm suyu ile birlikte verildiğinde artmıştır (%2158,7). En az artış ise kırmızı şarap ve portakal suyu ile birlikte verildiğinde (sırasıyla %280,1 ve %325,1) saptanmıştır. Çoban salata ile birlikte dana kontrfile verildiğinde sindirim sonrası GO seviyesini %45,2 inhibe etmekle birlikte, fark anlamlı bulunmamıştır. Benzer şekilde kırmızılaha salata ile birlikte verildiğinde de %33,4 inhibe ettiği ancak sonucun anlamlı olmadığı saptanmıştır.

Çizelge 4.10. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80$ g)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin GO inhibe etme yüzdesi (%)
Dana kontrfile	$6,4 \pm 0,3$	$40,7 \pm 1,8^{\text{EF}}$	534,4	-
Dana kontrfile+çoban salata	$22,9 \pm 1,1$	$22,3 \pm 1,0^{\text{F}}$	-2,6	45,2
Dana kontrfile+kırmızılaha salata	$39,3 \pm 1,8$	$27,1 \pm 1,3^{\text{EF}}$	-31,0	33,4
Dana kontrfile+ayran	$16,4 \pm 0,7$	$50,2 \pm 2,3^{\text{EF}}$	206,1	-23,3
Dana kontrfile+Akdeniz salata	$25,9 \pm 1,2$	$50,2 \pm 2,3^{\text{EF}}$	93,8	-23,3
Dana kontrfile+şalgam	$20,4 \pm 0,9$	$64,6 \pm 2,9^{\text{E}}$	216,7	-58,7
Dana kontrfile+kola	$32,4 \pm 1,5$	$64,6 \pm 2,9^{\text{E}}$	99,4	-58,7
Dana kontrfile+kırmızı şarap	$50,2 \pm 2,3$	$154,7 \pm 7,0^{\text{D}}$	208,2	-280,1
Dana kontrfile+portakal suyu	$82,2 \pm 3,7$	$173,0 \pm 7,0^{\text{CD}}$	110,5	-325,1
Dana kontrfile+nar suyu	$86,2 \pm 3,9$	$199,3 \pm 9,0^{\text{C}}$	131,3	-389,7
Dana kontrfile+hardaliye	$534,6 \pm 24,1$	$403,5 \pm 18,2^{\text{B}}$	-24,5	-891,4
Dana kontrfile+üzüm suyu	$763,8 \pm 34,5$	$919,3 \pm 41,6^{\text{A}}$	20,4	-2158,7

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



Şekil 4.7. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi (µg/80 g)

Çizelge 4.11’de ve Şekil 4.8’de, bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyelerine etkisi verilmiştir. Dana but etinin sindirim öncesi GO seviyesi $11,2 \pm 0,5$ µg iken sindirim sonrası %683,0 artarak $87,7 \pm 4,0$ µg’a yükselmiştir. Kırmızılahaana salata ve hardaliye dışında sindirim öncesine göre GO seviyeleri tüm salata ve içeceklerde sindirim sonrası artış göstermiştir. Akdeniz salata ve çoban salata ile birlikte dana but etinde GO seviyesi sindirim sonrası artış gösterse de tek başına dana but etinin sindirim sonrası GO seviyesinden düşük bulunmuştur. Sindirim öncesinde tek başına dana but etinde GO seviyesi $11,2 \pm 0,5$ µg iken, üzüm suyu ile birlikte olduğunda $768,6 \pm 34,7$ µg olarak bulunmuş, sindirim sonrası ise %36,4 artarak $1048,5 \pm 47,4$ µg olarak bulunmuştur.

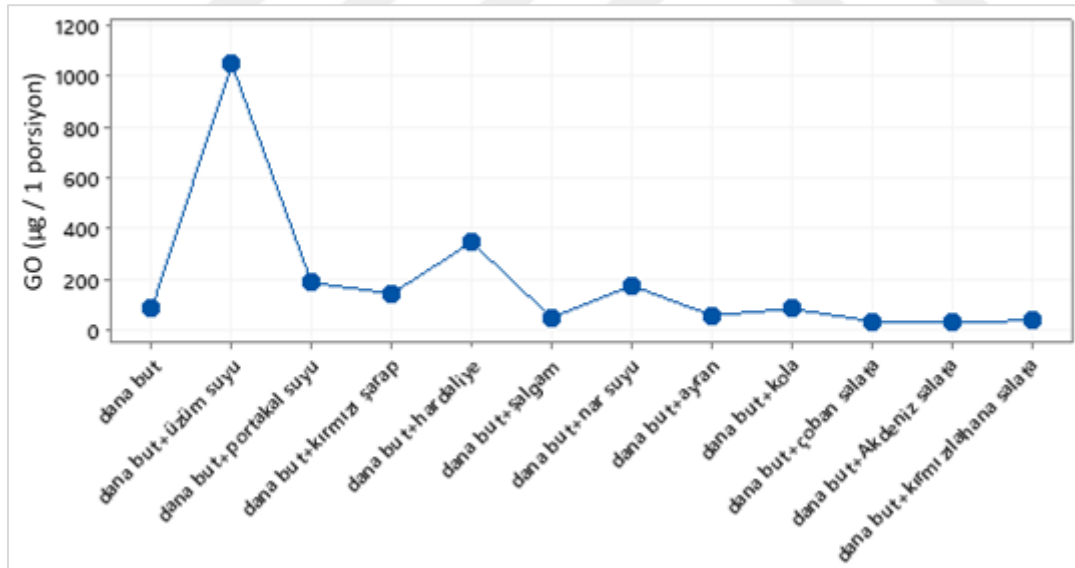
Sindirim sonrası GO seviyesi tek başına dana but etine ($87,7 \pm 4,0$ µg) göre, üzüm suyu ($1048,5 \pm 47,4$ µg), hardaliye ($348,4 \pm 15,8$ µg), portakal suyu ($189,0 \pm 8,6$ µg), nar suyu ($177,8 \pm 8,0$ µg) ve kırmızı şarap ($145,9 \pm 6,6$ µg) ile birlikte verildiğinde daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). İçeceklerden kola, ayran ve şalgam dana but etinde sindirim sonrası GO seviyesini anlamlı derecede etkilememiştir. Bununla birlikte dana but, tüm salatalar ile birlikte verildiğinde sindirim sonrası GO seviyesi anlamlı olarak azalmıştır. Sindirim sonrası GO seviyesi en fazla dana but, üzüm suyu ile birlikte verildiğinde %1095,6 artmış, en az ise benzer miktarlarla portakal suyu (%115,5), nar suyu (%102,7) ve kırmızı şarap (%66,4) ile birlikte verildiğinde artmıştır. Dana but etinde sindirim sonrası GO seviyesini Akdeniz

salata, çoban salata ve kırmızılahana salatanın sırasıyla %62,7; %57,2 ve %53,6 inhibe ettiği saptanmıştır.

Çizelge 4.11. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$).

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin GO inhibe etme yüzdesi (%)
Dana but	11,2 $\pm$ 0,5	87,7 $\pm$ 4,0 ^D	683,0	-
Dana but+Akdeniz salata	30,7 $\pm$ 1,4	32,7 $\pm$ 1,5 ^E	6,5	62,7
Dana but+çoban salata	27,7 $\pm$ 1,2	37,5 $\pm$ 1,7 ^E	35,0	57,2
Dana but+kırmızılahana salata	44,1 $\pm$ 2,0	40,7 $\pm$ 1,8 ^E	-7,9	53,6
Dana but+şalgam	25,2 $\pm$ 1,1	51,0 $\pm$ 2,3 ^{DE}	102,4	41,8
Dana but+ayran	21,2 $\pm$ 0,9	60,6 $\pm$ 2,7 ^{DE}	185,8	30,9
Dana but+kola	37,2 $\pm$ 1,7	86,1 $\pm$ 3,9 ^D	131,5	1,8
Dana but+kırmızı şarap	55,0 $\pm$ 2,5	145,9 $\pm$ 6,6 ^C	165,3	-66,4
Dana but+nar suyu	91,0 $\pm$ 4,1	177,8 $\pm$ 8,0 ^C	95,4	-102,7
Dana but+portakal suyu	87,0 $\pm$ 3,9	189,0 $\pm$ 8,6 ^C	117,2	-115,5
Dana but+hardaliye	539,4 $\pm$ 24,3	348,4 $\pm$ 15,8 ^B	-35,4	-297,3
Dana but+üzüm suyu	768,6 $\pm$ 34,7	1048,5 $\pm$ 47,4 ^A	36,4	-1095,6

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p<0,05$).



Şekil 4.8. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$).

Çizelge 4.12’de ve Şekil 4.9’da, bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyelerine etkisi verilmiştir. Tavuk göğüs etinin sindirim öncesi GO seviyesi 7,2 $\pm$ 0,3 μg iken sindirim sonrası %1273,6 artarak 98,9 $\pm$ 4,5 μg ’a yükselmiştir. Kırmızılahana salata ve hardaliye dışında sindirim öncesine göre GO seviyeleri

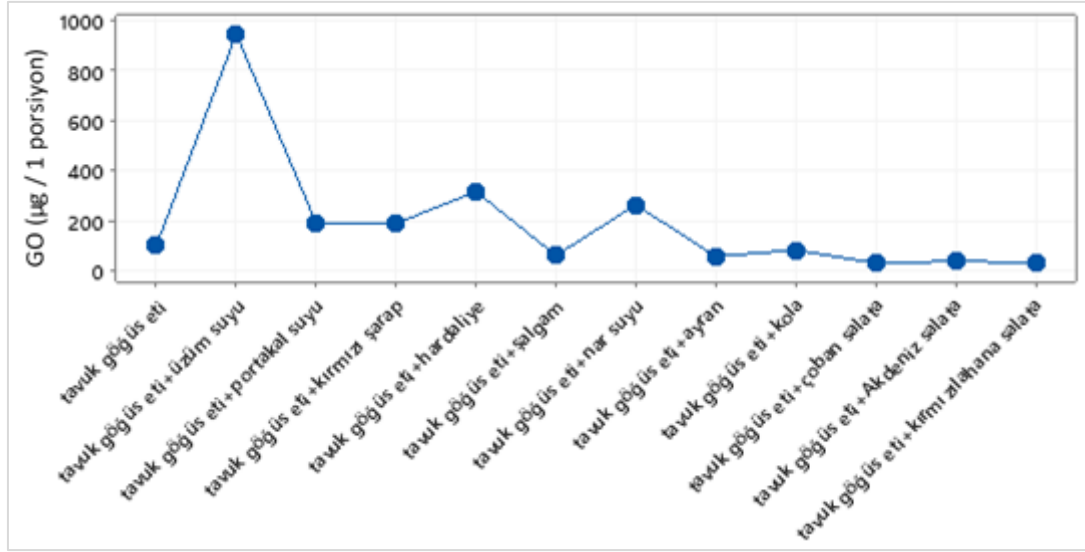
tüm salata ve içeceklerde sindirim sonrası artış göstermiştir. Ayran ile birlikte tavuk göğüs eti sindirim sonrası GO seviyesi %233,7 artış gösterse de tek başına tavuk göğüs etinin sindirim sonrası GO seviyesinden daha düşük bulunmuştur.

Sindirim sonrası GO seviyesi tek başına tavuk göğüs etine ($98,9 \pm 4,5 \mu\text{g}$) göre; üzüm suyu ($945,7 \pm 42,8 \mu\text{g}$), hardaliye ($315,8 \pm 14,3 \mu\text{g}$), nar suyu ($262,3 \pm 11,9 \mu\text{g}$), portakal suyu ($189,8 \pm 8,6 \mu\text{g}$) ve kırmızı şarap ($188,2 \pm 8,5 \mu\text{g}$) ile birlikte verildiğinde daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). İçeceklerden kola ve şalgam tavuk göğüs etinde sindirim sonrası GO seviyesini anlamlı derecede etkilemezken; ayran ($57,4 \pm 2,6 \mu\text{g}$) ile birlikte verildiğinde anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur. Tavuk göğüs eti, tüm salatalar ile birlikte verildiğinde sindirim sonrası GO seviyesi anlamlı olarak azalmıştır, ancak salatalar arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Çoban salata, kırmızılaha salata ve Akdeniz salatanın, tavuk göğüs etinde sindirim sonrası GO seviyelerini sırasıyla %69,4; %67,7 ve %62,1 inhibe ettiği saptanmıştır. Tavuk göğüs eti ayran ile birlikte verildiğinde, sindirim sonrası GO seviyesinin %42,0 inhibe edilerek $57,4 \pm 2,6 \mu\text{g}$ 'a düştüğü saptanmıştır. Sindirim sonrası GO seviyesi en fazla tavuk göğüs eti, üzüm suyu ile birlikte verildiğinde %856,2 artmış, en az artış ise benzer olarak kırmızı şarap (%90,3), portakal suyu (%91,9) ve nar suyu (%165,2) ile birlikte verildiğinde görülmüştür.

Çizelge 4.12. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80 \text{ g}$)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin GO inhibe etme yüzdesi (%)
Tavuk göğüs eti	7,2 $\pm$ 0,3	98,9 $\pm$ 4,5 ^E	1273,6	-
Tavuk göğüs eti+çoban salata	23,7 $\pm$ 1,1	30,3 $\pm$ 1,4 ^G	27,8	69,4
Tavuk göğüs eti+kırmızılaha salata	40,1 $\pm$ 1,8	31,9 $\pm$ 1,5 ^G	-20,4	67,7
Tavuk göğüs eti+Akdeniz salata	26,7 $\pm$ 1,2	37,5 $\pm$ 1,7 ^G	40,1	62,1
Tavuk göğüs eti+ayran	17,2 $\pm$ 0,7	57,4 $\pm$ 2,6 ^{FG}	233,7	42,0
Tavuk göğüs eti+şalgam	21,2 $\pm$ 0,9	60,6 $\pm$ 2,7 ^{FG}	185,8	38,7
Tavuk göğüs eti+kola	33,2 $\pm$ 1,5	82,1 $\pm$ 3,7 ^{EF}	147,6	17,0
Tavuk göğüs eti+kırmızı şarap	51,0 $\pm$ 2,3	188,2 $\pm$ 8,5 ^D	269,0	-90,3
Tavuk göğüs eti+portakal suyu	83,0 $\pm$ 3,7	189,8 $\pm$ 8,6 ^D	128,7	-91,9
Tavuk göğüs eti+nar suyu	87,0 $\pm$ 3,9	262,3 $\pm$ 11,9 ^C	201,5	-165,2
Tavuk göğüs eti+hardaliye	535,4 $\pm$ 24,1	315,8 $\pm$ 14,3 ^B	-41,0	-219,3
Tavuk göğüs eti+üzüm suyu	764,6 $\pm$ 34,5	945,7 $\pm$ 42,8 ^A	23,7	-856,2

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



Şekil 4.9. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi (µg/80 g)

Çizelge 4.13'te ve Şekil 4.10'da, bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyelerine etkisi verilmiştir. Tavuk derili but etinin sindirim öncesi GO seviyesi $19,1 \pm 0,9$ µg iken sindirim sonrası %405,2 artarak $96,5 \pm 4,4$ µg'a yükselmiştir. Kırmızilahana salata, Akdeniz salata ve hardaliye dışında sindirim öncesine göre GO seviyeleri çoban salata ve tüm içeceklerde sindirim sonrası artış göstermiştir. Ayran ile birlikte tavuk derili but etinde sindirim sonrası GO seviyesi %25,8 artış gösterse de tek başına tavuk derili but etinin sindirim sonrası GO seviyesinden daha düşük bulunmuştur. Sindirim öncesinde en yüksek GO seviyesi üzüm suyu ile birlikte tavuk derili but etinde bulunmuştur.

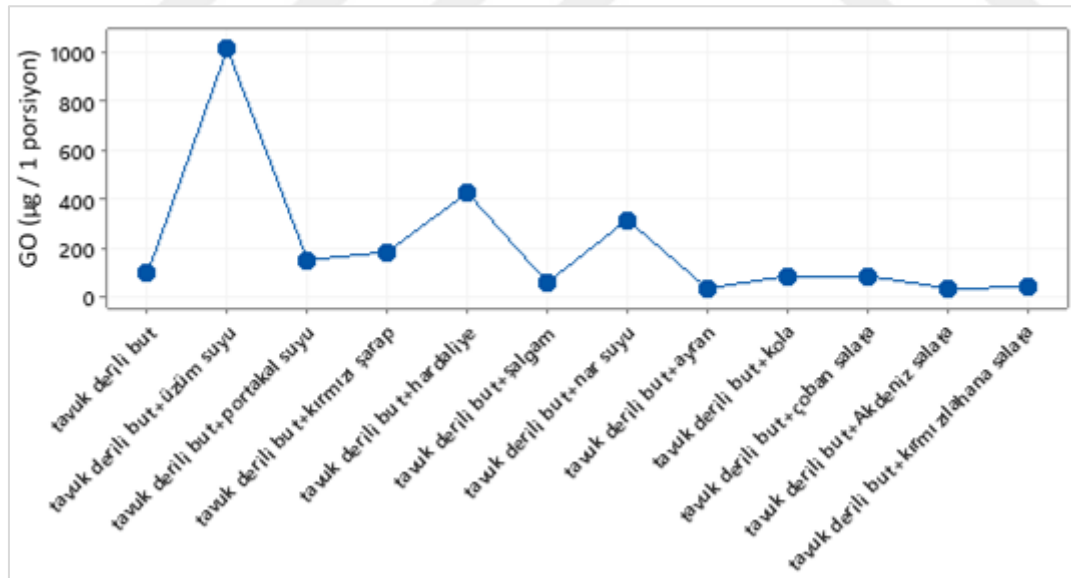
Sindirim sonrası GO seviyesi tek başına tavuk derili but etine ($98,9 \pm 4,5$ µg) göre; üzüm suyu ($1015,8 \pm 46,0$ µg), hardaliye ($427,4 \pm 19,3$ µg), nar suyu ($317,3 \pm 14,3$ µg), kırmızı şarap ($185,8 \pm 8,4$ µg) ve portakal suyu ($153,1 \pm 6,9$ µg) ile birlikte verildiğinde daha yüksek olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). İçeceklerden kola ve şalgam ile salatalardan çoban salata tavuk derili but etinde sindirim sonrası GO seviyesini anlamlı derecede etkilemezken; ayran ($36,7 \pm 1,7$ µg), Akdeniz salata ($37,5 \pm 1,7$ µg) ve kırmızilahana salata ($40,7 \pm 1,8$ µg) ile birlikte verildiğinde anlamlı derecede ve benzer şekilde daha düşük bulunmuştur. Tavuk derili but etinde sindirim sonrası GO seviyesini en fazla miktarda inhibe eden %62,0 ile ayran iken, Akdeniz salata %61,1, kırmızilahana salatının %57,8 inhibe ettiği saptanmıştır. Tavuk derili but etinde sindirim sonrası GO seviyesi en fazla üzüm suyu (%952,6) ile birlikte verildiğinde artmış ve $1015,8 \pm 46,0$ µg'a yükselmiştir. Bunu %342,9 artırma yüzdesi ile hardaliye ve

%228,8 artırma yüzdesi ile nar suyu takip etmiştir. Sindirim sonrası GO seviyesini en az artıran içecekler, portakal suyu (%58,7) ve kırmızı şarap (%92,5) olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.13. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin GO inhibe etme yüzdesi (%)
Tavuk derili but	19,1 $\pm$ 0,9	96,5 $\pm$ 4,4 ^E	405,2	-
Tavuk derili but+ayran	29,1 $\pm$ 1,3	36,7 $\pm$ 1,7 ^F	25,8	62,0
Tavuk derili but+Akdeniz salata	38,6 $\pm$ 1,8	37,5 $\pm$ 1,7 ^F	-3,1	61,1
Tavuk derili but+kırmızılahana salata	52,0 $\pm$ 2,4	40,7 $\pm$ 1,8 ^F	-21,9	57,8
Tavuk derili but+şalgam	33,1 $\pm$ 1,5	59,8 $\pm$ 2,7 ^{EF}	80,7	38,0
Tavuk derili but+kola	45,1 $\pm$ 2,1	86,9 $\pm$ 4,0 ^E	92,7	9,9
Tavuk derili but+çoban salata	35,6 $\pm$ 1,6	87,7 $\pm$ 4,0 ^E	146,3	9,1
Tavuk derili but+portakal suyu	94,9 $\pm$ 4,3	153,1 $\pm$ 6,9 ^D	61,3	-58,7
Tavuk derili but+kırmızı şarap	62,9 $\pm$ 2,9	185,8 $\pm$ 8,4 ^D	195,4	-92,5
Tavuk derili but+nar suyu	98,9 $\pm$ 4,5	317,3 $\pm$ 14,3 ^C	220,9	-228,8
Tavuk derili but+hardaliye	547,3 $\pm$ 24,7	427,4 $\pm$ 19,3 ^B	-21,9	-342,9
Tavuk derili but+üzüm suyu	776,5 $\pm$ 35,1	1015,8 $\pm$ 46,0 ^A	30,8	-952,6

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p<0,05$).



Şekil 4.10. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)

Çizelge 4.14'te ve Şekil 4.11'de, bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyelerine etkisi verilmiştir. Hindi göğüs etinin sindirim öncesi GO seviyesi $12,0\pm0,6\text{ }\mu\text{g}$ iken sindirim sonrası %710,8 artarak $97,3\pm4,4\text{ }\mu\text{g}$ 'a

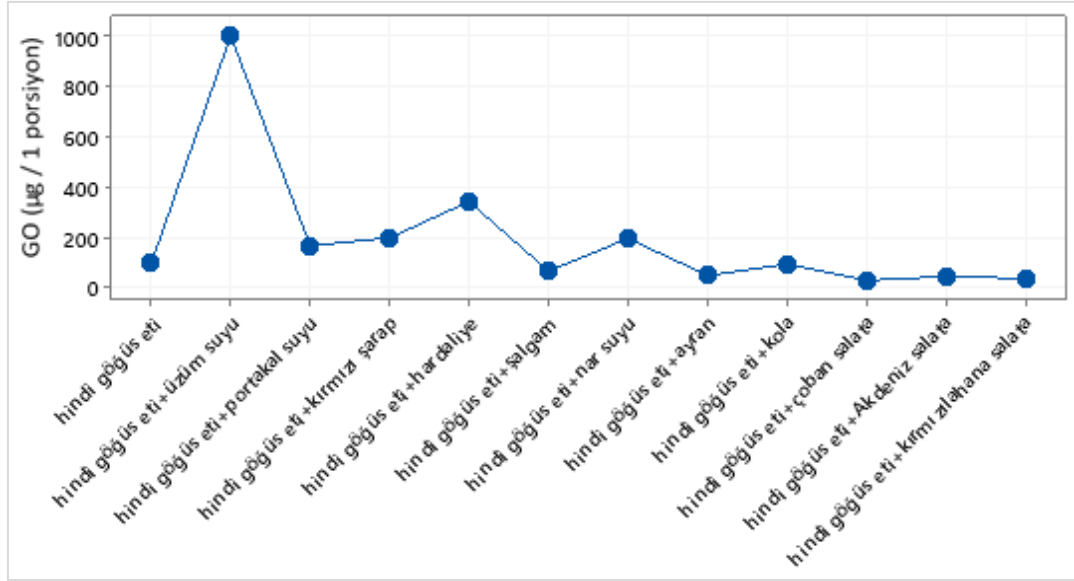
yükselmiştir. Kırmızılaha salata ve hardaliye dışında sindirim öncesine göre GO seviyeleri tüm salata ve içeceklerde sindirim sonrası artış göstermiştir. Akdeniz salata ve ayran ile birlikte hindi göğüs etinde sindirim sonrası GO seviyesi artış gösterse de tek başına hindi göğüs etinin sindirim sonrası GO seviyesinden daha düşük bulunmuştur.

Sindirim sonrası GO seviyesi tek başına hindi göğüs etine ($97,3 \pm 4,4 \mu\text{g}$) göre; üzüm suyu ($1003,8 \pm 45,4 \mu\text{g}$), hardaliye ($343,7 \pm 15,5 \mu\text{g}$), kırmızı şarap ($199,3 \pm 9,0 \mu\text{g}$), nar suyu ($196,9 \pm 8,9 \mu\text{g}$) ve portakal suyu ($168,3 \pm 7,6 \mu\text{g}$) ile birlikte verildiğinde daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). İçeceklerden kola ve şalgam hindi göğüs etinde sindirim sonrası GO seviyesini anlamlı derecede etkilemezken; ayran ve tüm salatalar ile birlikte verildiğinde benzer ve anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur. Sindirim sonrası GO seviyesini en fazla artıran içecek %931,7 ile üzüm suyu iken, bunu %253,2 artış ile hardaliye takip etmektedir. Sindirim sonrası hindi göğüs etinde GO seviyesini en az artıran içecekler nar suyu, portakal suyu ve kırmızı şarap olarak bulunmuş ve bu içecekler arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Bununla birlikte hindi göğüs etinde sindirim sonrası GO seviyesi ayran ile birlikte verildiğinde %49,2 inhibe edilerek $49,4 \pm 2,3 \mu\text{g}$ 'a düşmüştür. Benzer şekilde çoban salata, kırmızılaha salata ve Akdeniz salatanın hindi göğüs etinde sindirim sonrası GO seviyesini sırası ile %69,7; %61,5 ve %53,3 inhibe ettiği saptanmıştır.

Çizelge 4.14. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80 \text{ g}$)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin GO inhibe etme yüzdesi (%)
Hindi göğüs eti	12,0 $\pm$ 0,6	97,3 $\pm$ 4,4 ^D	710,8	-
Hindi göğüs eti+çoban salata	28,5 $\pm$ 1,3	29,5 $\pm$ 1,4 ^E	3,5	69,7
Hindi göğüs eti+kırmızılaha salata	44,9 $\pm$ 2,1	37,5 $\pm$ 1,7 ^E	-16,7	61,5
Hindi göğüs eti+Akdeniz salata	31,5 $\pm$ 1,5	45,4 $\pm$ 2,1 ^E	44,1	53,3
Hindi göğüs eti+ayran	22,0 $\pm$ 1,0	49,4 $\pm$ 2,3 ^E	124,5	49,2
Hindi göğüs eti+şalgam	26,0 $\pm$ 1,2	67,0 $\pm$ 3,1 ^{DE}	157,7	31,1
Hindi göğüs eti+kola	38,0 $\pm$ 1,8	94,1 $\pm$ 4,3 ^D	147,6	3,3
Hindi göğüs eti+portakal suyu	87,8 $\pm$ 4,0	168,3 $\pm$ 7,6 ^C	91,6	-73,0
Hindi göğüs eti+nar suyu	91,8 $\pm$ 4,2	196,9 $\pm$ 8,9 ^C	114,6	-102,4
Hindi göğüs eti+kırmızı şarap	55,8 $\pm$ 2,6	199,3 $\pm$ 9,0 ^C	257,3	-104,8
Hindi göğüs eti+hardaliye	540,2 $\pm$ 24,4	343,7 $\pm$ 15,5 ^B	-36,4	-253,2
Hindi göğüs eti+üzüm suyu	769,4 $\pm$ 34,8	1003,8 $\pm$ 45,4 ^A	30,5	-931,7

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



Şekil 4.11. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi (µg/80 g)

Çizelge 4.15'te ve Şekil 4.12'de, bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyelerine etkisi verilmiştir. Levreğin sindirim öncesi GO seviyesi $18,0 \pm 0,8$ µg iken sindirim sonrası %880,0 artarak $176,4 \pm 8,0$ µg'a yükselmiştir. Kırmızilahana salata ve hardaliye dışında sindirim öncesine göre GO seviyeleri tüm salata ve içeceklerde sindirim sonrası artış göstermiştir. Akdeniz salata, çoban salata, ayran, şalgam ve kola ile birlikte levreğin sindirim sonrası GO seviyesi artış gösterse de tek başına levreğin sindirim sonrası GO seviyesinden daha düşük bulunmuştur.

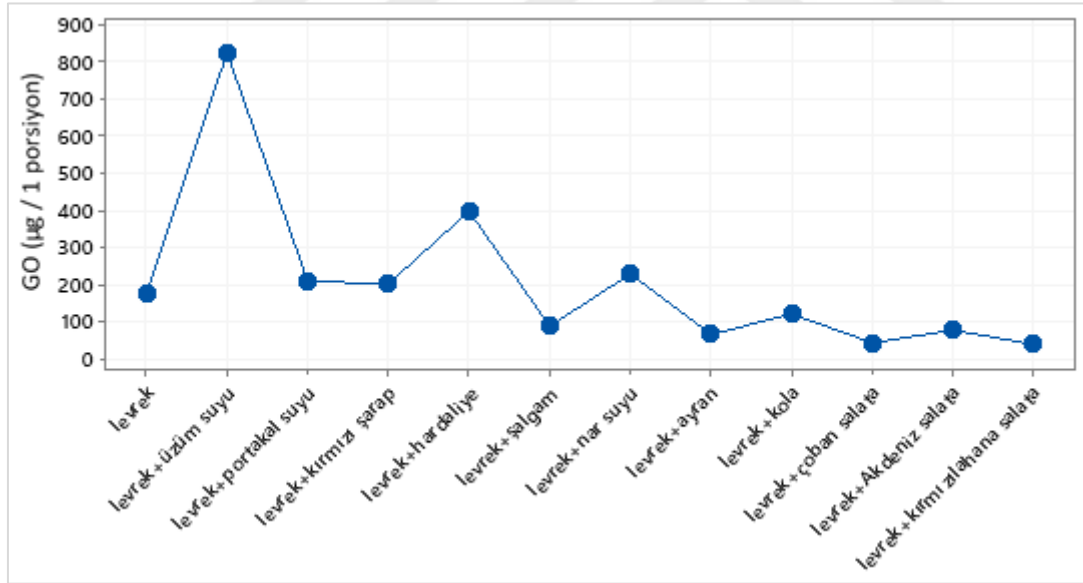
Sindirim sonrası GO seviyesi tek başına levreğe ($176,4 \pm 8,0$ µg) göre; üzüm suyu ($822,3 \pm 37,2$ µg), hardaliye ($396,2 \pm 17,9$ µg), nar suyu ($227,2 \pm 10,3$ µg) ile birlikte verildiğinde daha yüksek olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). Portakal suyu ve kırmızı şarap, levrekte sindirim sonrası GO seviyesini anlamlı derecede etkilememiştir. Levrek, içeceklerden ayran, şalgam, kola ve tüm salatalar ile birlikte verildiğinde sindirim sonrası GO seviyesi anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur. Sindirim sonrası GO seviyesini en fazla artıran içecek %366,2 ile üzüm suyu iken, en az artıran içecek %28,8 ile nar suyu olarak bulunmuştur. Levrekte sindirim sonrası GO seviyesini en az azaltan içecek olan kola, GO seviyesini %32,2 inhibe ederek $119,6 \pm 5,4$ µg'a düşürmüştür. Salatalar ve ayran benzer olmak üzere levrekte sindirim sonrası GO seviyesini en fazla azaltanlar olarak bulunmuştur. Kırmızilahana salata sindirim sonrası GO seviyesini %78,8 inhibe ederek $37,4 \pm 1,7$ µg'a

düşürmüş, bunu çoban salata (%76,2; 41,9±1,9 µg), ayran (%63,5; 64,3±2,9 µg) ve Akdeniz salata (%56,7; 76,3±3,5 µg) takip etmiştir.

Çizelge 4.15. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi (µg/150 g)

	Sindirim öncesi Ort±SS	Sindirim sonrası Ort±SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin GO inhibe etme yüzdesi (%)
Levrek	18,0±0,8	176,4±8,0 ^D	880,0	-
Levrek+kırmızılahana salata	50,9±2,3	37,4±1,7 ^G	-26,5	78,8
Levrek+çoban salata	34,5±1,6	41,9±1,9 ^G	21,4	76,2
Levrek+ayran	28,0±1,2	64,3±2,9 ^{FG}	130,0	63,5
Levrek+Akdeniz salata	37,5±1,7	76,3±3,5 ^{FG}	103,2	56,7
Levrek+şalgam	32,0±1,4	86,7±3,9 ^{EF}	170,9	50,9
Levrek+kola	44,0±2,0	119,6±5,4 ^E	171,8	32,2
Levrek+kırmızı şarap	61,8±2,8	200,3±9,0 ^{CD}	224,3	-13,5
Levrek+portakal suyu	93,8±4,2	207,8±9,4 ^{CD}	121,5	-17,8
Levrek+nar suyu	97,8±4,4	227,2±10,3 ^C	132,4	-28,8
Levrek+hardaliye	546,2±24,6	396,2±17,9 ^B	-27,5	-124,6
Levrek+üzüm suyu	775,4±35,0	822,3±37,2 ^A	6,0	-366,2

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır (p<0,05).



Şekil 4.12. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi (µg/150 g)

Çizelge 4.16'da ve Şekil 4.13'te, bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyelerine etkisi verilmiştir. Dana kontrfilenin sindirim öncesi MGO seviyesi 11,2±0,5 µg iken sindirim sonrası %283,9 artarak 43,1±2,0 µg'a yükselmiştir. Tüm salata ve içeceklerde sindirim öncesine göre MGO seviyeleri sindirim sonrasında artış göstermiştir. Sindirim öncesi tek başına dana kontrfilenin MGO

seviyesi $11,2 \pm 0,5$ μg iken, üzüm suyu ile birlikte olduğunda $138,8 \pm 6,3$ μg olarak bulunmuştur.

Sindirim sonrası MGO seviyesi tek başına dana kontrfileye ($43,1 \pm 2,0$ μg) göre; şalgam, kola ve Akdeniz salata dışında diğer tüm içecekler ve salatalar ile birlikte verildiğinde daha yüksek olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). İçeceklerden kola, şalgam ile salatalardan Akdeniz salata dana kontrfilede sindirim sonrası MGO seviyesini anlamlı derecede etkilememiştir.

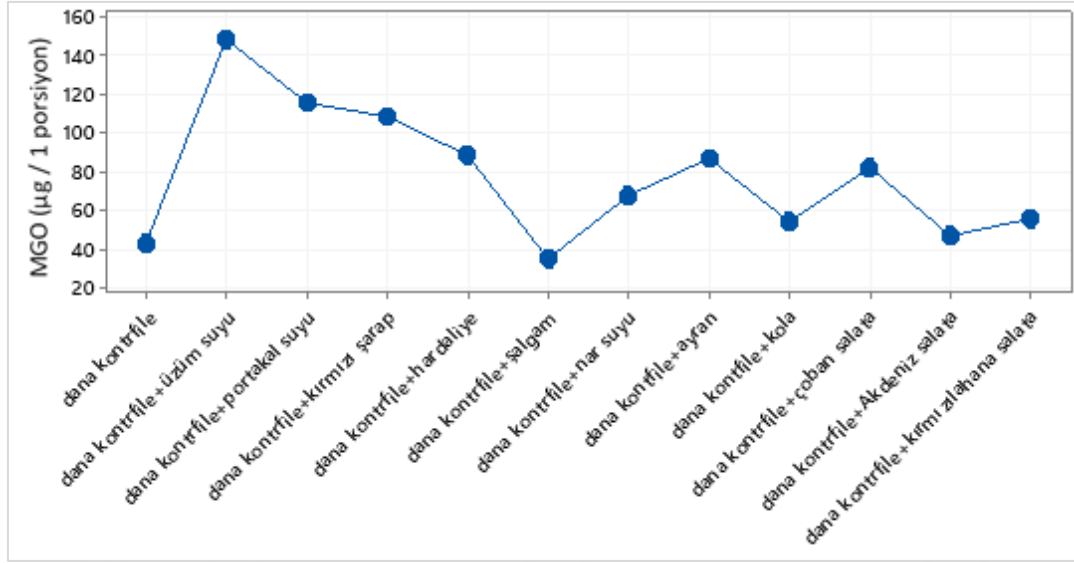
Sindirim sonrası MGO seviyesi en fazla dana kontrfile üzüm suyu ($148,3 \pm 6,7$ μg) ile birlikte verildiğinde artmış, en az ise kırmızilahana salata ($55,8 \pm 2,5$ μg) ile birlikte verildiğinde artmıştır. İçeceklerden üzüm suyu %244,1 ile en fazla artıran içecek olarak saptanmış ve sindirim sonrası dana kontrfilede MGO seviyesini $148,3 \pm 6,7$ μg 'a yükseltmiştir. Bunu benzer şekilde portakal suyu ($115,6 \pm 5,2$ μg ; %168,2) ve kırmızı şarap ($108,4 \pm 4,9$ μg ; %151,5) takip etmiştir. Sindirim sonrası dana kontrfilede MGO seviyesini en az arttıran içecek ise %57,3 ile nar suyu olarak saptanmıştır.

Salatalardan sindirim sonrası MDA seviyesini en fazla artıran çoban salata olarak bulunmuş ve %90,5 artırarak $82,1 \pm 3,7$ μg 'a yükseltmiştir. Kırmızilahana salata ise dana kontrfilede sindirim sonrası MGO seviyesini en az artıran salata olarak bulunmuş ve %29,5 artırarak $55,8 \pm 2,5$ μg 'a yükseltmiştir.

Çizelge 4.16. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80$ g)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MGO inhibe etme yüzdesi (%)
Dana kontrfile	$11,2 \pm 0,5$	$43,1 \pm 2,0^{\text{FG}}$	283,9	-
Dana kontrfile+şalgam	$17,2 \pm 0,8$	$35,1 \pm 1,6^{\text{G}}$	104,1	18,6
Dana kontrfile+Akdeniz salata	$15,7 \pm 0,7$	$47,0 \pm 2,1^{\text{EF}}$	199,4	-9,0
Dana kontrfile+kola	$15,2 \pm 0,7$	$54,2 \pm 2,5^{\text{EF}}$	256,6	-25,8
Dana kontrfile+kırmızilahana salata	$12,7 \pm 0,6$	$55,8 \pm 2,5^{\text{E}}$	339,4	-29,5
Dana kontrfile+nar suyu	$61,0 \pm 2,8$	$67,8 \pm 3,1^{\text{D}}$	11,1	-57,3
Dana kontrfile+çoban salata	$33,6 \pm 1,5$	$82,1 \pm 3,7^{\text{C}}$	144,6	-90,5
Dana kontrfile+ayran	$47,1 \pm 2,1$	$86,9 \pm 3,9^{\text{C}}$	84,5	-101,6
Dana kontrfile+hardaliye	$69,0 \pm 3,1$	$88,5 \pm 4,0^{\text{C}}$	28,3	-105,3
Dana kontrfile+kırmızı şarap	$100,9 \pm 4,6$	$108,4 \pm 4,9^{\text{B}}$	7,4	-151,5
Dana kontrfile+portakal suyu	$35,1 \pm 1,6$	$115,6 \pm 5,2^{\text{B}}$	229,3	-168,2
Dana kontrfile+üzüm suyu	$138,8 \pm 6,3$	$148,3 \pm 6,7^{\text{A}}$	6,8	-244,1

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



Şekil 4.13. Bir porsiyon dana kontrfile ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi (µg/80 g)

Çizelge 4.17’de ve Şekil 4.14’te, bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyelerine etkisi verilmiştir. Dana but etinin sindirim öncesi MGO seviyesi $21,5 \pm 1,0$ µg iken sindirim sonrası %63,3 artarak $35,1 \pm 1,6$ µg’a yükselmiştir. Hardaliye dışında sindirim öncesine göre MGO seviyeleri tüm salata ve içeceklerde sindirim sonrası artış göstermiştir. Sindirim öncesine göre en fazla artış %437,4 ile portakal suyunda görülmüştür.

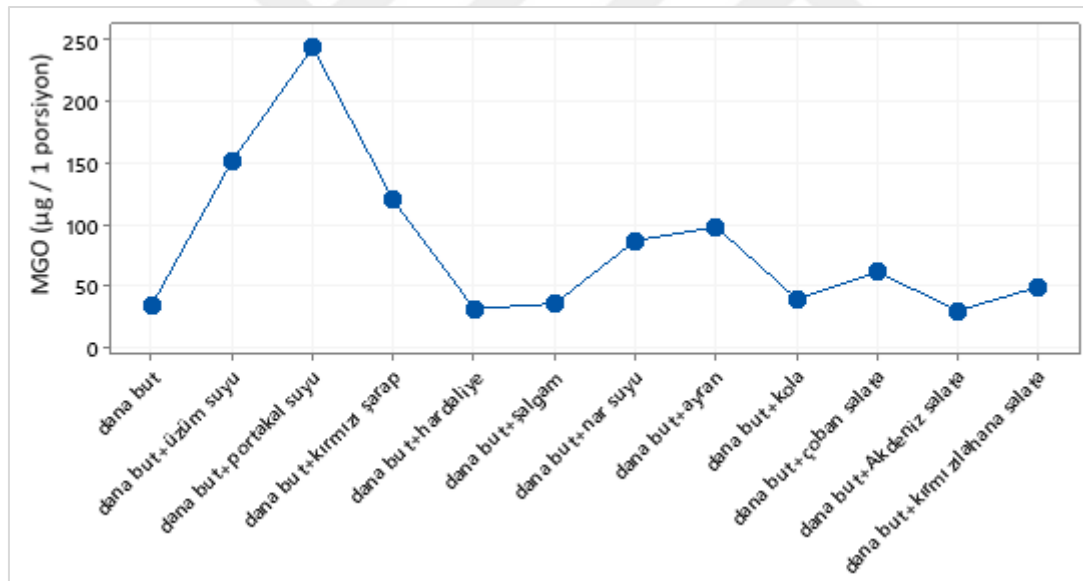
Sindirim sonrası MGO seviyesi tek başına dana but etine ($35,1 \pm 1,6$ µg) göre, şalgam, kola, hardaliye ve Akdeniz salata dışında diğer tüm içecekler ve salatalar ile birlikte verildiğinde daha yüksek olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). İçeceklerden kola, şalgam, hardaliye ile salatalardan Akdeniz salata dana but etinde sindirim sonrası MGO seviyesini anlamlı derecede etkilememiştir.

Sindirim sonrası MGO seviyesinin en fazla dana but, portakal suyu ile birlikte verildiğinde %595,2 artışı ve $244,0 \pm 11,0$ µg’a yükseldiği; en az ise %43,0 ile kırmızılaha salata ile birlikte verildiğinde artışı ve $50,2 \pm 2,3$ µg’a yükseldiği saptanmıştır. İçecekler arasında en fazla artıran portakal suyu (%595,2), en az arttıran nar suyu (%149,9) olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.17. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MGO inhibe etme yüzdesi (%)
Dana but	21,5 $\pm$ 1,0	35,1 $\pm$ 1,6 ^G	63,3	-
Dana but+Akdeniz salata	26,0 $\pm$ 1,2	31,1 $\pm$ 1,4 ^G	19,6	11,4
Dana but+hardaliye	79,3 $\pm$ 3,6	32,7 $\pm$ 1,5 ^G	-58,8	6,8
Dana but+şalgam	27,5 $\pm$ 1,3	36,7 $\pm$ 1,7 ^{FG}	33,1	-4,6
Dana but+kola	25,5 $\pm$ 1,2	40,7 $\pm$ 1,8 ^{FG}	59,2	-16,0
Dana but+kırmızılahana salata	23,0 $\pm$ 1,1	50,2 $\pm$ 2,3 ^{EF}	118,3	-43,0
Dana but+çoban salata	43,9 $\pm$ 2,0	62,2 $\pm$ 2,8 ^E	41,7	-77,2
Dana but+nar suyu	71,3 $\pm$ 3,3	87,7 $\pm$ 4,0 ^D	23,0	-149,9
Dana but+ayran	57,4 $\pm$ 2,6	98,9 $\pm$ 4,5 ^D	72,3	-181,8
Dana but+kırmızı şarap	111,2 $\pm$ 5,1	120,4 $\pm$ 5,5 ^C	8,3	-243,0
Dana but+üzüm suyu	149,1 $\pm$ 6,8	152,3 $\pm$ 6,9 ^B	2,1	-333,9
Dana but+portakal suyu	45,4 $\pm$ 2,1	244,0 $\pm$ 11,0 ^A	437,4	-595,2

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p<0,05$).



Şekil 4.14. Bir porsiyon dana but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80\text{ g}$)

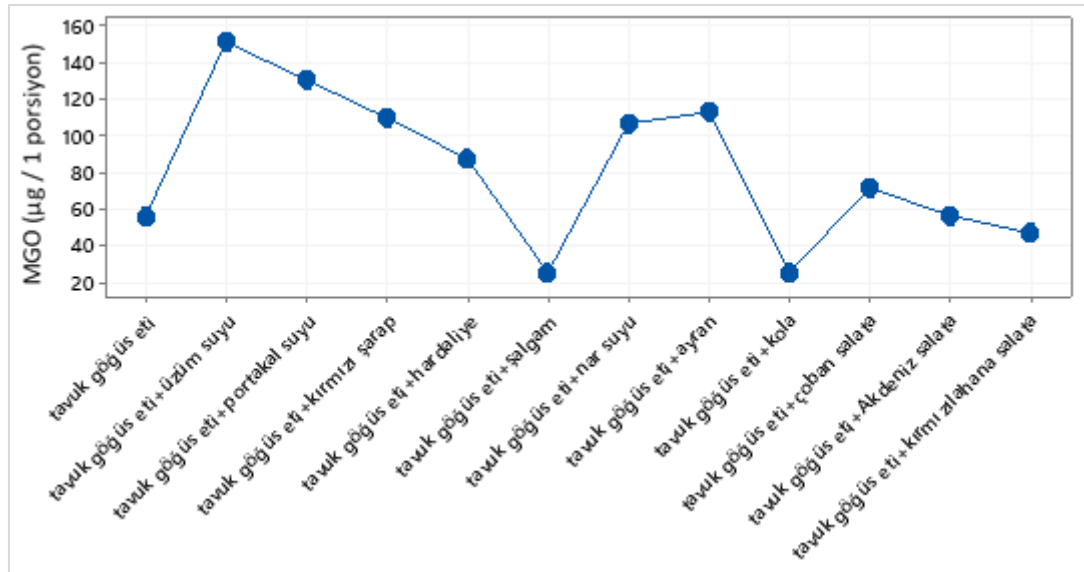
Çizelge 4.18’de ve Şekil 4.15’te, bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyelerine etkisi verilmiştir. Tavuk göğüs etinin sindirim öncesi MGO seviyesi $4,8\pm0,2\ \mu\text{g}$ iken, sindirim sonrası %1062,5 artarak $55,8\pm2,5\ \mu\text{g}$ ’a yükselmiştir. Tüm salata ve içeceklerde sindirim öncesine göre MGO seviyeleri sindirim sonrasına artış göstermiştir. Sindirim sonrası MGO seviyesi tek başına tavuk göğüs etine ($55,8\pm2,5\ \mu\text{g}$) göre; üzüm suyu, portakal suyu, ayran, kırmızı şarap, nar suyu, hardaliye

ve çoban salata ile birlikte verildiğinde daha yüksek olarak bulunmuştur ($p<0,05$). Akdeniz salata ve kırmızılahana salata tavuk göğüs etinde sindirim sonrası MGO seviyesini anlamlı derecede etkilemezken; kola ve şalgam ile birlikte verildiğinde anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur. Sindirim sonrası MGO seviyesinin en fazla tavuk göğüs eti, üzüm suyu ile birlikte verildiğinde %171,5 arttığı ve $151,5\pm6,9 \mu\text{g}$ 'a yükseldiği, en az ise %28,7 ile çoban salatayla birlikte verildiğinde arttığı ve $71,8\pm3,3 \mu\text{g}$ 'a yükseldiği saptanmıştır.

Çizelge 4.18. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80 \text{ g}$)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MGO inhibe etme yüzdesi (%)
Tavuk göğüs eti	4,8 $\pm$ 0,2	55,8 $\pm$ 2,5 ^F	1062,5	-
Tavuk göğüs eti+şalgam	10,8 $\pm$ 0,5	25,5 $\pm$ 1,2 ^G	136,1	54,3
Tavuk göğüs eti+kola	8,8 $\pm$ 0,4	25,5 $\pm$ 1,2 ^G	189,8	54,3
Tavuk göğüs eti+kırmızılahana salata	6,3 $\pm$ 0,3	47,0 $\pm$ 2,1 ^F	646,0	15,8
Tavuk göğüs eti+Akdeniz salata	9,3 $\pm$ 0,4	56,6 $\pm$ 2,6 ^F	508,6	-1,4
Tavuk göğüs eti+çoban salata	27,2 $\pm$ 1,2	71,8 $\pm$ 3,3 ^E	164,0	-28,7
Tavuk göğüs eti+hardaliye	62,6 $\pm$ 2,8	87,7 $\pm$ 4,0 ^D	40,1	-57,2
Tavuk göğüs eti+nar suyu	54,6 $\pm$ 2,5	106,8 $\pm$ 4,8 ^C	95,8	-91,4
Tavuk göğüs eti+kırmızı şarap	94,5 $\pm$ 4,3	110,0 $\pm$ 5,0 ^C	16,4	-97,1
Tavuk göğüs eti+ayran	40,7 $\pm$ 1,8	113,2 $\pm$ 5,1 ^C	178,1	-102,9
Tavuk göğüs eti+portakal suyu	28,7 $\pm$ 1,3	130,8 $\pm$ 5,9 ^B	355,7	-134,4
Tavuk göğüs eti+üzüm suyu	132,4 $\pm$ 6,0	151,5 $\pm$ 6,9 ^A	14,4	-171,5

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p<0,05$).



Şekil 4.15. Bir porsiyon tavuk göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80 \text{ g}$)

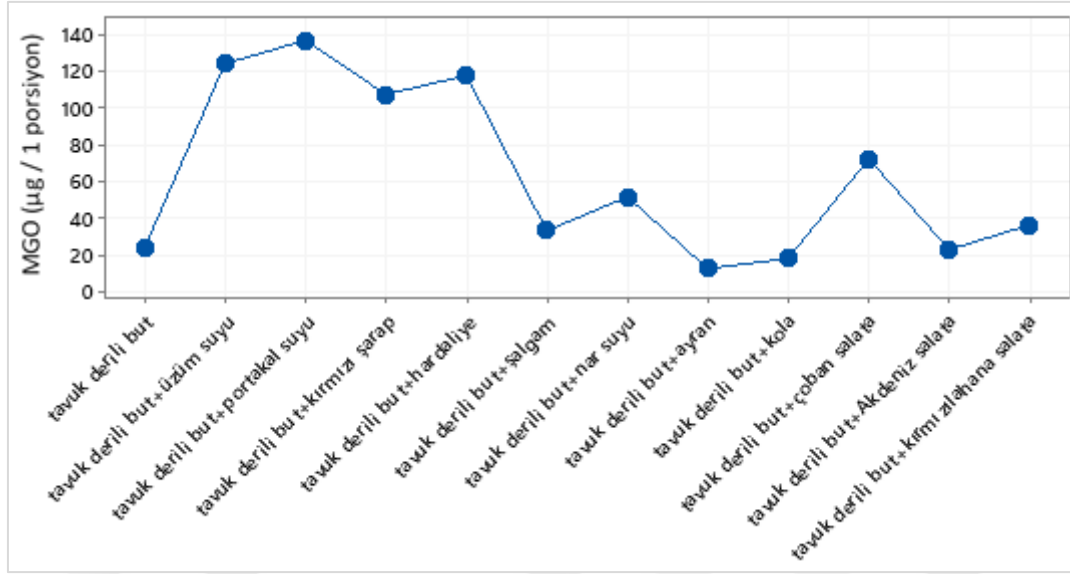
Çizelge 4.19’da ve Şekil 4.16’da, bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyelerine etkisi verilmiştir. Tavuk derili but etinin sindirim öncesi MGO seviyesi $4,8 \pm 0,2$ μg iken, sindirim sonrası %397,9 artarak $23,9 \pm 1,1$ μg ’a yükselmiştir. Ayran, nar suyu ve üzüm suyu dışında tüm salata ve içeceklerde sindirim öncesine göre MGO seviyeleri sindirim sonrasına artış göstermiştir.

Sindirim sonrası MGO seviyesi tek başına tavuk derili but etine ($23,9 \pm 1,1$ μg) göre; portakal suyu, üzüm suyu, hardaliye, kırmızı şarap, çoban salata, nar suyu ve kırmızılaha salata ile birlikte verildiğinde daha yüksek olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). İçeceklerden kola ve şalgam ile salatalardan Akdeniz salata tavuk derili but etinde sindirim sonrası MGO seviyesini anlamlı derecede etkilememiştir. Bununla birlikte ayran ile birlikte verildiğinde tek başına tavuk derili but etine göre daha düşük bulunmuştur. Ayran, tavuk derili but etinde MGO seviyesini %46,4 inhibe ederek $12,8 \pm 0,6$ μg ’a düşürmüştür. Sindirim sonrası MGO seviyesi en fazla tavuk derili but, portakal suyu ile birlikte verildiğinde %473,6 artmış ve $137,1 \pm 6,2$ μg ’a yükselmiştir. Bunu benzer şekilde artıran üzüm suyu (%420,5) ve hardaliye (%393,7) takip etmiştir. İçecekler arasında tavuk derili but etinde sindirim sonrası MGO seviyesini en az yükselten, %116,7 ile nar suyu olarak bulunmuştur. Salatalar arasında ise tavuk derili but etinde MGO seviyesini en fazla yükselten, %203,8 ile çoban salata iken, kırmızılaha salata %53,6 ile en az yükselten salata olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/80$ g)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MGO inhibe etme yüzdesi (%)
Tavuk derili but	$4,8 \pm 0,2$	$23,9 \pm 1,1^{\text{GH}}$	397,9	-
Tavuk derili but+ayran	$40,7 \pm 1,8$	$12,8 \pm 0,6^{\text{I}}$	-68,8	46,4
Tavuk derili but+kola	$8,8 \pm 0,4$	$18,3 \pm 0,8^{\text{HI}}$	108,0	23,4
Tavuk derili but+Akdeniz salata	$9,3 \pm 0,4$	$23,1 \pm 1,0^{\text{H}}$	148,4	3,3
Tavuk derili but+şalgam	$10,8 \pm 0,5$	$33,5 \pm 1,5^{\text{FG}}$	210,2	-40,2
Tavuk derili but+kırmızılaha salata	$6,3 \pm 0,3$	$36,7 \pm 1,7^{\text{F}}$	481,0	-53,6
Tavuk derili but+nar suyu	$54,6 \pm 2,5$	$51,8 \pm 2,3^{\text{E}}$	-5,1	-116,7
Tavuk derili but+çoban salata	$27,2 \pm 1,2$	$72,6 \pm 3,3^{\text{D}}$	166,9	-203,8
Tavuk derili but+kırmızı şarap	$94,5 \pm 4,3$	$107,6 \pm 4,9^{\text{C}}$	14,0	-350,2
Tavuk derili but+hardaliye	$62,6 \pm 2,8$	$118,0 \pm 5,3^{\text{B}}$	88,5	-393,7
Tavuk derili but+üzüm suyu	$132,4 \pm 6,0$	$124,4 \pm 5,6^{\text{B}}$	-6,0	-420,5
Tavuk derili but+portakal suyu	$28,7 \pm 1,3$	$137,1 \pm 6,2^{\text{A}}$	377,7	-473,6

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



Şekil 4.16. Bir porsiyon tavuk derili but ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi (µg/80 g)

Çizelge 4.20’de ve Şekil 4.17’de, bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyelerine etkisi verilmiştir. Hindi göğüs etinin sindirim öncesi MGO seviyesi $12,0 \pm 0,6$ µg iken, %385,0 artarak $58,2 \pm 2,6$ µg’a yükselmiştir. Kırmızı şarap dışında tüm salata ve içeceklerde sindirim öncesine göre MGO seviyeleri sindirim sonrasına artış göstermiştir. Şalgam ile birlikte hindi göğüs etinde sindirim öncesine göre MGO seviyesi sindirim sonrasında %134,4 artış gösterse de tek başına hindi göğüs etinin sindirim sonrası MGO seviyesinden daha düşük bulunmuştur.

Sindirim sonrası MGO seviyesi tek başına hindi göğüs etine ($58,2 \pm 2,6$ µg) göre; üzüm suyu ($151,5 \pm 6,9$ µg), portakal suyu ($145,1 \pm 6,6$ µg), hardaliye ($141,1 \pm 6,4$ µg), kırmızı şarap ($95,7 \pm 4,3$ µg), çoban salata ($105,3 \pm 4,8$ µg) ve nar suyu ($75,8 \pm 3,4$ µg) ile birlikte verildiğinde daha yüksek olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). İçeceklerden kola ve ayran ile salatalardan Akdeniz salata ve kırmızılahaana salata hindi göğüs etinde sindirim sonrası MGO seviyesini anlamlı derecede etkilememiştir. Bununla birlikte şalgam ile birlikte verildiğinde tek başına hindi göğüs etine göre anlamlı derecede daha düşük MGO seviyesi bulunmuştur.

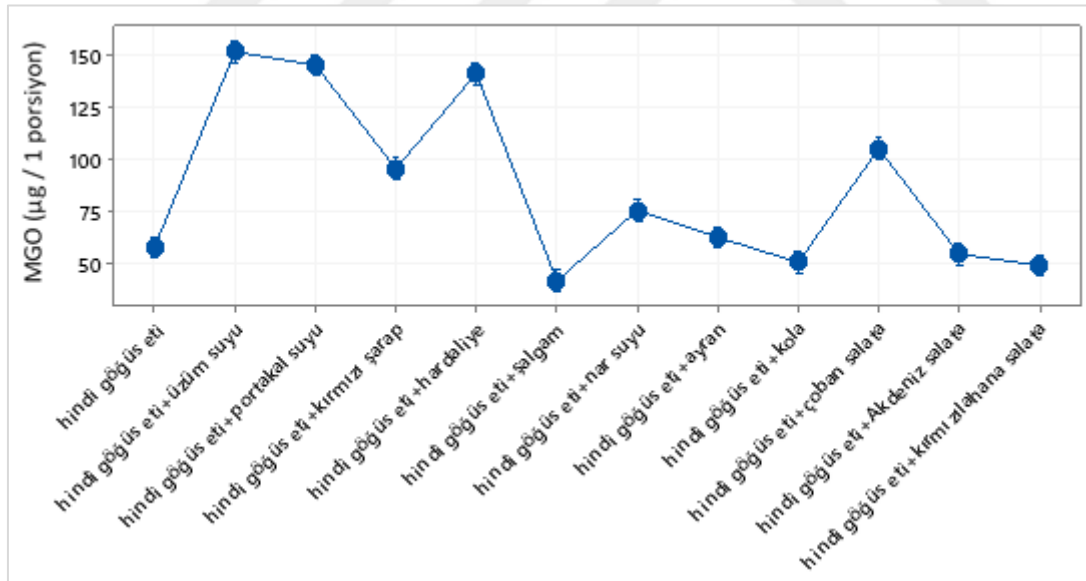
Şalgam hindi göğüs etinde sindirim sonrası MGO seviyesini %27,3 inhibe ederek $42,3 \pm 1,9$ µg’a düşürmüştür. Hindi göğüs etinde sindirim sonrası MGO seviyesini en fazla yükselten içecekler benzer şekilde üzüm suyu (%160,3), portakal suyu (%149,3) ve hardaliye (%142,4) olarak bulunmuştur. Bunu benzer miktarlarla çoban salata ($105,3 \pm 4,8$ µg) ve kırmızı şarap

(95,7±4,3 µg) takip etmiştir ve sırasıyla %80,9 ve %64,4 hindi göğüs etinde MGO seviyelerini yükseltmiştir. Sindirim sonrası MGO seviyesini en az yükselten ise %30,2 ile nar suyu olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.20. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi (µg/80 g)

	Sindirim öncesi Ort±SS	Sindirim sonrası Ort±SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MGO inhibe etme yüzdesi (%)
Hindi göğüs eti	12,0±0,6	58,2±2,6 ^{DE}	385,0	-
Hindi göğüs eti+şalgam	18,0±0,9	42,3±1,9 ^F	134,4	27,3
Hindi göğüs eti+kırmızılahana salata	13,5±0,7	49,4±2,2 ^{EF}	265,9	15,1
Hindi göğüs eti+kola	16,0±0,8	51,0±2,3 ^{DEF}	218,8	12,4
Hindi göğüs eti+Akdenez salata	16,5±0,8	55,0±2,5 ^{DE}	233,3	5,5
Hindi göğüs eti+ayran	47,9±2,2	63,0±2,9 ^D	31,5	-8,2
Hindi göğüs eti+nar suyu	61,8±2,9	75,8±3,4 ^C	22,7	-30,2
Hindi göğüs eti+kırmızı şarap	101,7±4,7	95,7±4,3 ^B	-5,9	-64,4
Hindi göğüs eti+çoban salata	34,4±1,6	105,3±4,8 ^B	206,1	-80,9
Hindi göğüs eti+hardaliye	69,8±3,2	141,1±6,4 ^A	102,1	-142,4
Hindi göğüs eti+portakal suyu	35,9±1,7	145,1±6,6 ^A	304,2	-149,3
Hindi göğüs eti+üzüm suyu	139,6±6,4	151,5±6,9 ^A	8,5	-160,3

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır (p<0,05).



Şekil 4.17. Bir porsiyon hindi göğüs eti ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi (µg/80 g)

Çizelge 4.21’de ve Şekil 4.18’de, bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyelerine etkisi verilmiştir. Levreğin sindirim öncesi MGO seviyesi 10,5±0,5 µg iken sindirim sonrası %356,2 artarak 47,8±2,2 µg’a yükselmiştir. Nar suyu ve üzüm suyu dışında tüm salata ve içeceklerde sindirim öncesine göre MGO seviyeleri

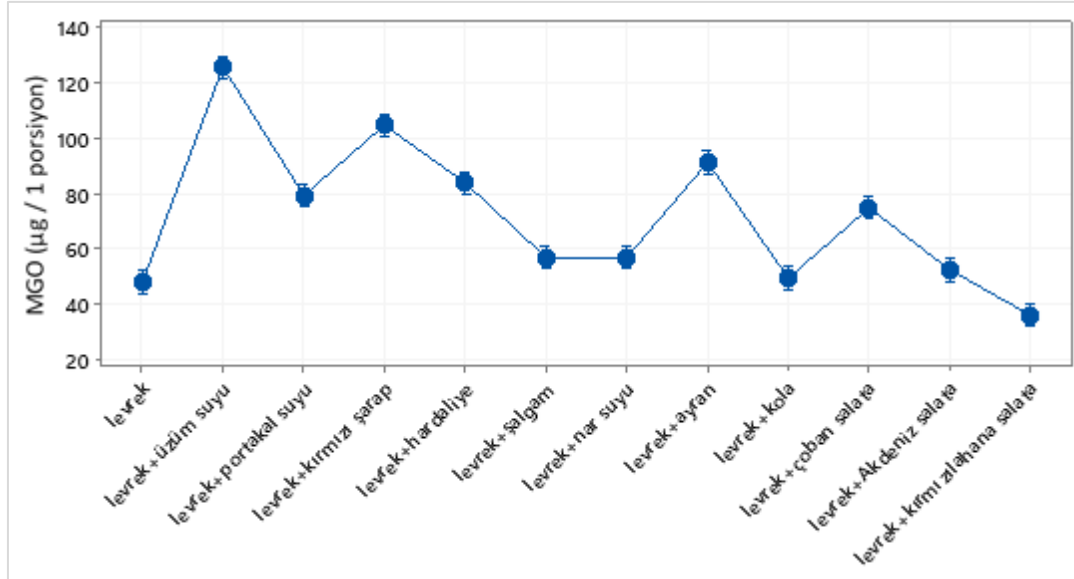
sindirim sonrasına artış göstermiştir. Üzüm suyunda MGO seviyesi sindirim sonrasında azalmış olsa da tek başına levreğin sindirim sonrası MGO seviyesinden yaklaşık 2,5 kat daha yüksek bulunmuştur.

Sindirim sonrası MGO seviyesi tek başına levreğe ($47,8 \pm 2,2 \mu\text{g}$) göre; üzüm suyu ($125,6 \pm 5,7 \mu\text{g}$), kırmızı şarap ($104,7 \pm 4,7 \mu\text{g}$), ayran ($91,2 \pm 4,1 \mu\text{g}$), hardaliye ($83,7 \pm 3,8 \mu\text{g}$), portakal suyu ($79,2 \pm 3,6 \mu\text{g}$) ve çoban salata ($74,8 \pm 3,4 \mu\text{g}$) ile birlikte verildiğinde daha yüksek olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). İçeceklerden kola, şalgam ve nar suyu ile salatalardan Akdeniz salata levrekte sindirim sonrası MGO seviyesini anlamlı derecede etkilememiştir. Bununla birlikte kırmızılaha salata ile birlikte verildiğinde tek başına levreğe göre anlamlı derecede daha düşük MGO seviyesi bulunmuştur. Kırmızılaha salata levrekte sindirim sonrası MGO seviyesini %24,9 inhibe ederek $35,9 \pm 1,6 \mu\text{g}$ 'a düşürmüştür. Levrekte sindirim sonrası MGO seviyesini en fazla yükselten %162,8 ile üzüm suyu olarak bulunmuştur. Bunu %119,0 ile kırmızı şarap takip etmiş ve çoban salata %56,5 ile en az miktarda yükseltmiştir. İçecekler arasında ise portakal suyu %65,7 ile en az miktarda yükseltmiştir.

Çizelge 4.21. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/150 \text{ g}$)

	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış/azalış yüzdesi (%)	Eklenen besinlerin MGO inhibe etme yüzdesi (%)
Levrek	10,5 $\pm$ 0,5	47,8 $\pm$ 2,2 ^E	356,2	-
Levrek+kırmızılaha salata	12,0 $\pm$ 0,6	35,9 $\pm$ 1,6 ^F	199,2	24,9
Levrek+kola	14,5 $\pm$ 0,7	49,3 $\pm$ 2,2 ^E	240,7	-3,1
Levrek+Akdeniz salata	15,0 $\pm$ 0,7	52,3 $\pm$ 2,4 ^E	249,3	-9,4
Levrek+şalgam	16,5 $\pm$ 0,8	56,8 $\pm$ 2,6 ^E	244,8	-18,8
Levrek+nar suyu	60,3 $\pm$ 2,8	56,8 $\pm$ 2,6 ^E	-5,6	-18,8
Levrek+çoban salata	32,9 $\pm$ 1,5	74,8 $\pm$ 3,4 ^D	127,1	-56,5
Levrek+portakal suyu	34,4 $\pm$ 1,6	79,2 $\pm$ 3,6 ^D	130,2	-65,7
Levrek+hardaliye	68,3 $\pm$ 3,1	83,7 $\pm$ 3,8 ^{CD}	22,5	-75,1
Levrek+ayran	46,4 $\pm$ 2,1	91,2 $\pm$ 4,1 ^C	96,6	-90,8
Levrek+kırmızı şarap	100,2 $\pm$ 4,6	104,7 $\pm$ 4,7 ^B	4,5	-119,0
Levrek+üzüm suyu	138,1 $\pm$ 6,3	125,6 $\pm$ 5,7 ^A	-9,1	-162,8

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



Şekil 4.18. Bir porsiyon levrek ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi (µg/150 g)

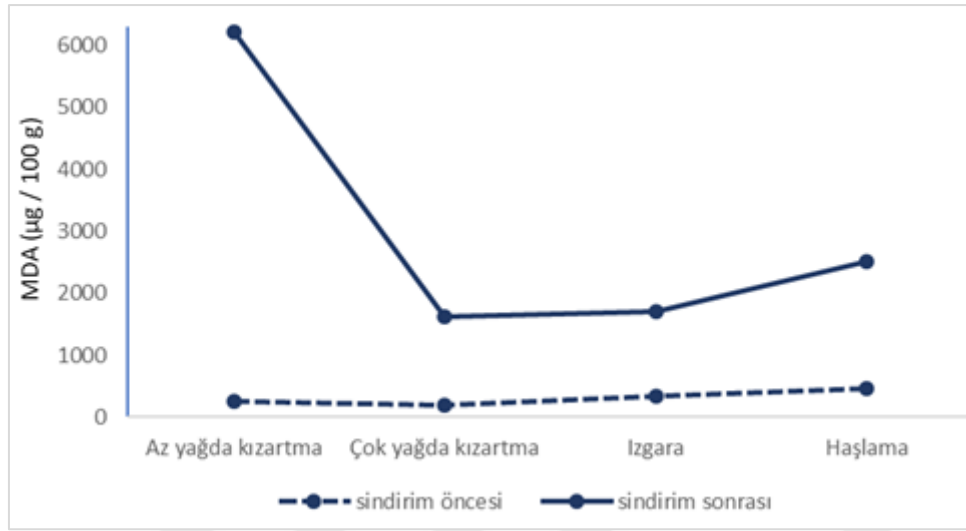
4.4. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Çizelge 4.22’de ve Şekil 4.19’da farklı pişirme yöntemlerinin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyelerine etkisi verilmiştir. Dana but etinde sindirim öncesi MDA seviyeleri pişirme yöntemlerine göre farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Sindirim öncesinde en yüksek MDA seviyesi haşlama yöntemi ile pişirilen dana but etinde ($463,5 \pm 20,9 \mu\text{g}$) bulunmuştur. Pişirme yöntemine göre MDA seviyeleri yüksekten düşüğe göre haşlama>ızgara>az yağda kızartma>çok yağda kızartma olarak bulunmuştur. Sindirim sonrasında MDA seviyeleri az yağda kızartma yöntemi ile pişirilen ette %2329,8 artarak $6225,2 \pm 281,6 \mu\text{g}$ olarak bulunmuştur. Sindirim sonrası %771,4 artışla ikinci sırada çok yağda kızartma yöntemi gelmiştir. Izgara yöntemi ile pişirilen ette sindirim sonrası MDA artışı en düşük olarak bulunmuştur. Sindirim sonrasında dana but etinde MDA seviyeleri değerlendirildiğinde, çok yağda kızartma ile ızgara yöntemi arasında fark anlamlı bulunmamıştır. Sindirim sonrası en yüksek MDA seviyesi az yağda kızartma yönteminde ($6225,2 \pm 281,6 \mu\text{g}$) bulunmuş, bunu haşlama yöntemi ($2515,6 \pm 113,8 \mu\text{g}$) takip etmiş ve en düşük MDA seviyeleri benzer miktarlarla ızgara ve çok yağda kızartma yöntemlerinde (sırasıyla $1696,3 \pm 76,8 \mu\text{g}$ ve $1615,6 \pm 73,1 \mu\text{g}$) bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Farklı pişirme yöntemlerinin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)

Piştirme yöntemi	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış yüzdesi (%)
Az yağda kızartma	256,2 $\pm$ 11,6 ^A	6225,2 $\pm$ 281,6 ^A	2329,8
Çok yağda kızartma	185,4 $\pm$ 8,4 ^B	1615,6 $\pm$ 73,1 ^B	771,4
Izgara	335,9 $\pm$ 15,2 ^C	1696,3 $\pm$ 76,8 ^B	405,0
Haşlama	463,5 $\pm$ 20,9 ^D	2515,6 $\pm$ 113,8 ^C	442,7

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p<0,05$).



Şekil 4.19. Farklı pişirme yöntemlerinin *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)

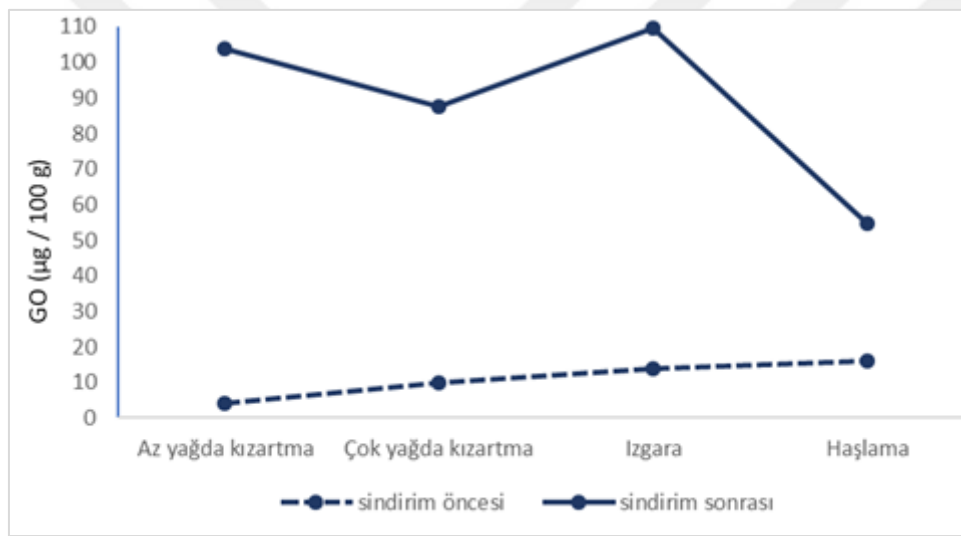
Çizelge 4.23'te ve Şekil 4.20'de farklı pişirme yöntemlerinin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyelerine etkisi verilmiştir. Dana but etinde sindirim öncesi GO seviyeleri pişirme yöntemlerine göre farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Sindirim öncesinde en yüksek GO seviyesi haşlama yöntemi ile pişirilen dana but etinde ($15,9\pm0,7\ \mu\text{g}$) bulunmuştur. Pişirme yöntemine göre GO seviyeleri yüksekten düşüğe göre haşlama>ızgara>çok yağda kızartma>az yağda kızartma olarak bulunmuştur. Sindirim sonrasında GO seviyeleri az yağda kızartma yöntemi ile pişirilen ette %2492,5 artarak $103,7\pm4,7\ \mu\text{g}$ 'a yükselmiştir. Az yağda kızartma yönteminden sonra sindirim ile en fazla GO artışı %785,9 ile çok yağda kızartma yönteminde saptanmıştır. Haşlama yöntemi ile pişirilen ette sindirim sonrası GO artışı %244,7 ile en düşük olarak bulunmuştur. Sindirim sonrasında dana but etinde GO seviyeleri değerlendirildiğinde, az yağda kızartma ile ızgara yöntemi arasında fark anlamlı bulunmamıştır. Sindirim sonrası en yüksek GO seviyesi benzer miktarlarla ızgara yöntemi ($109,6\pm4,9\ \mu\text{g}$) ve az yağda kızartma yönteminde ($103,7\pm4,7\ \mu\text{g}$) bulunmuş, bunu çok yağda

kızartma yöntemi ($87,7 \pm 3,9 \mu\text{g}$) takip etmiş ve en düşük GO seviyesi haşlama yönteminde ($54,8 \pm 2,5 \mu\text{g}$) saptanmıştır.

Çizelge 4.23. Farklı pişirme yöntemlerinin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$)

Piştirme yöntemi	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış yüzdesi (%)
Az yağda kızartma	$4,0 \pm 0,2^A$	$103,7 \pm 4,7^A$	2492,5
Çok yağda kızartma	$9,9 \pm 0,5^B$	$87,7 \pm 3,9^B$	785,9
Izgara	$13,9 \pm 0,7^C$	$109,6 \pm 4,9^A$	688,5
Haşlama	$15,9 \pm 0,7^D$	$54,8 \pm 2,5^C$	244,7

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



Şekil 4.20. Farklı pişirme yöntemlerinin *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$)

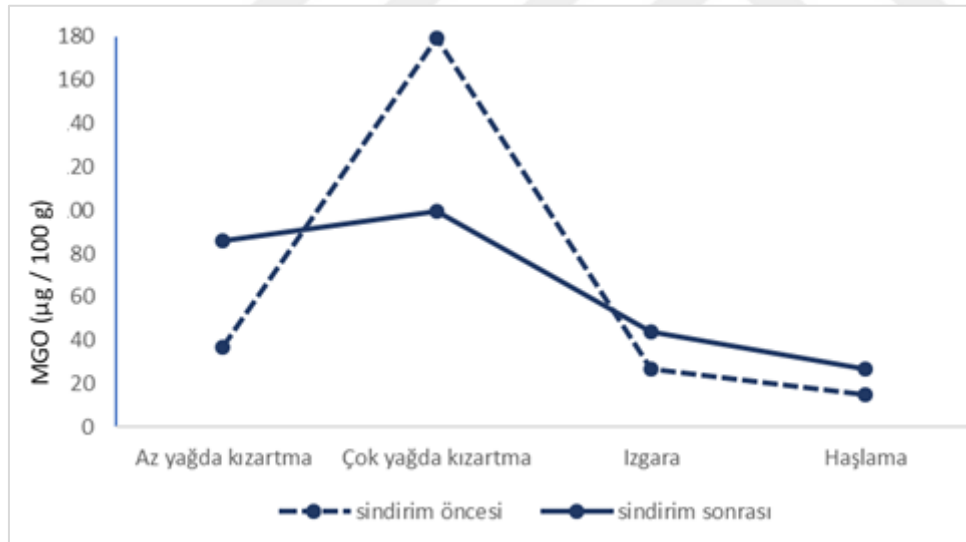
Çizelge 4.24'te ve Şekil 4.21'de farklı pişirme yöntemlerinin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyelerine etkisi verilmiştir. Dana but etinde sindirim öncesi MGO seviyeleri az yağda kızartma ve ızgara yöntemi dışında pişirme yöntemlerine göre farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). Az yağda kızartma ile ızgara yöntemleri ile pişirme sonrası MGO seviyesi arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Sindirim öncesinde en yüksek MGO seviyesi çok yağda kızartma yöntemi ile pişirilen dana but etinde ($179,4 \pm 8,1 \mu\text{g}$) bulunmuş, en düşük ise haşlama yöntemi ile pişirilen dana but etinde ($14,9 \pm 0,7 \mu\text{g}$) bulunmuştur. Pişirme yöntemine göre MGO seviyeleri yüksekten düşüğe göre çok yağda kızartma > az yağda kızartma = ızgara > haşlama olarak bulunmuştur. Sindirim sonrasında MGO seviyeleri az yağda kızartma yöntemi ile pişirilen ette %132,2 artarak $85,7 \pm 3,9 \mu\text{g}$ 'a yükselmiştir. Az yağda kızartma yönteminden

sonra sindirim ile en fazla MGO artışı %80,5 ile haşlama yönteminde saptanmıştır. Çok yağda kızartma yöntemi ile pişirilen ette sindirim sonrası MGO seviyesinin %44,4 azaldığı saptanmıştır. Sindirim sonrasında dana but etinde MGO seviyeleri değerlendirildiğinde, farklı pişirme yöntemleri arasında fark anlamlı bulunmuştur. Sindirim sonrası en yüksek MGO seviyesi çok yağda kızartma yönteminde ($99,7 \pm 4,5 \mu\text{g}$) bulunmuş, bunu az yağda kızartma yöntemi ($85,7 \pm 3,9 \mu\text{g}$) takip etmiş ve en düşük MGO seviyesi haşlama yönteminde ($26,9 \pm 1,2 \mu\text{g}$) saptanmıştır.

Çizelge 4.24. Farklı pişirme yöntemlerinin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$)

Piştirme yöntemi	Sindirim öncesi Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası Ort $\pm$ SS	Sindirim sonrası artış yüzdesi (%)
Az yağda kızartma	$36,9 \pm 1,7^A$	$85,7 \pm 3,9^A$	132,2
Çok yağda kızartma	$179,4 \pm 8,1^B$	$99,7 \pm 4,5^B$	-44,4
Izgara	$26,9 \pm 1,2^A$	$43,9 \pm 2,0^C$	63,2
Haşlama	$14,9 \pm 0,7^C$	$26,9 \pm 1,2^D$	80,5

Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark anlamlıdır ($p < 0,05$).



Şekil 4.21. Farklı pişirme yöntemlerinin *in vitro* sindirim sonrası MGO seviyesine etkisi ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$)



5. TARTIŞMA

Et protein, yağ, demir, çinko, selenyum ve B₁₂ vitamini içeriği ile dengeli beslenmenin önemli bir bileşenidir [20]. Bunun yanı sıra ette bulunan lipitler ve proteinler oksidasyona oldukça duyarlıdır [149]. Lipitlerin oksijen ile etkileşime girmesiyle oluşan lipit oksidasyonunun yanında [25]; et, tavuk gibi yüksek yağlı/yüksek proteinli besinler glikasyon reaksiyonlarına da duyarlıdır [106]. Aralarında oksidasyonun yer aldığı ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) de olduğu erken glikasyon ürünleri, geri dönüşümsüz reaksiyon ile ileri glikasyon son ürünlerine (AGE) dönüşürler [79]. Protein ve lipit glikoksidasyondan türetilen AGE'ler arasında, oldukça reaktif olan glioksal (GO) ve metilglioksal (MGO) bulunmaktadır [84].

Batı tarzı diyetle sıklıkla bulunan işlenmiş etlerde ve yüksek yağ ve protein içeriğine sahip besinlerde yüksek AGE içeriği olduğu belirtilmiştir [81]. Batı tarzı diyetler çoğunlukla potansiyel biyoaktif koruyucu bileşikler içermemekte, bu da et tüketimi ile kronik hastalık riskinin artmasına katkıda bulunmaktadır [8]. Akdeniz diyeti ise doymuş ve trans yağ asitlerinden düşük bir içeriğin yanı sıra antioksidan vitaminler, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri ve polifenoller gibi antioksidan ve anti inflamatuvar özelliklere sahip fitokimyasalların zenginliği ile karakterizedir [14]. Diyetle bitki polifenollerinin yemeğin ayrılmaz bir parçası olarak alınmasının temel yararının, reaktif karboniller veya yaygın olarak bulunan diğer reaktif bileşikler gibi sitotoksik ileri lipoksidasyon son ürünleri (ALE) oluşumunu ve emilimini önleme yeteneklerinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir [15].

Bu çalışmada, farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin MDA, GO ve MGO seviyelerine etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

5.1. Örneklerin Sindirim Öncesi ve Sonrası Sonuçları

Gastrointestinal sistem, etin işlenmesi ve depolanması sırasında üretilen oksitlenmiş besin bileşenlerinin giriş kapısıdır. Ancak oksidasyon sindirim ve metabolizasyon sırasında da oluşabilmektedir. Spesifik olarak, mide, et tüketiminden sonra hem içeriğinde hem de plazmada veya idrarda daha fazla lipit hidroperoksit, MDA ve 4-HHE oluşumu nedeniyle lipit oksidasyonu için uygun bir ortamdır [8]. Mide, besin bileşenleri arasında biyokimyasal etkileşimleri mümkün kılan bir "biyoreaktör" olarak lipit oksidasyonu gelişimine katkıda

bulunmaktadır [150]. Besin tüketiminden sonra, diyet içeriğindeki demir, yüksek dioksijen seviyeleri ve emülsifiye lipitler, gastrointestinal sistemde lipit oksidasyonunu gerçekleştirebilir [151]. Yapılan çalışmalarda sindirim sonrası MDA seviyesi dana etinde [16], hindi göğüs etinde [152], ringa balığı ve somonda [73], tavuk but ve domuz etinde [38] sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur. Martini ve diğerleri [152] hindi göğüs etinde sindirim sırasında MDA seviyesinde 3,2 kat artış olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmada da, önceki çalışmalara paralel şekilde sindirim sonrası tüm et türlerinde MDA seviyeleri sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur.

Lipit oksidasyonu; etin türü, yağ miktarı, yağ asidi bileşimi, hem demir içeriği gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir [37-39, 73]. Oksidasyon gelişiminde lipitler, ana substrat olması nedeniyle önemli parametrelerden biridir [25]. Literatürde et türlerinde oksidasyon düzeyindeki farklılıklar çeşitli nedenlere bağlanmıştır. Yağ miktarının lipit oksidasyonunda daha önemli olduğunu belirten çalışmaların aksine [37, 43], yağ asiti bileşiminin yağ miktarından daha önemli olduğunu vurgulayan çalışmalar [38, 44, 45, 73] da bulunmaktadır. Bunun yanı sıra etlerdeki hemoglobin, miyogloblin ve demir içeriğinin oksidasyonda önemli olduğu da belirtilmiştir [39, 52, 153].

Van Hecke ve diğerleri [43], %15 yağ içeren sığır etinin sindirimi sonucu %1 yağ içeren sığır etinden 11 kat daha yüksek MDA içerdiğini göstermiştir. Yağ içeriği ile lipit oksidasyonu arasındaki ilişkinin değerlendirildiği bir başka çalışmada, %1, %5 ve %20 yağ içeren domuz etinde yağ miktarı arttıkça *in vitro* sindirim sonrası MDA konsantrasyonunun da arttığı rapor edilmiştir [37]. Steppeler ve diğerleri [38] sığır eti, domuz eti, tavuk but ve somon ile yaptıkları çalışmada, ilk olarak farklı yağ miktarlarına sahip (%2,3; %10 ve %14) sığır etinde lipit oksidasyonunu değerlendirmiş ve yağ miktarının artması ile MDA düzeyinin de arttığını bildirmişlerdir. İkinci olarak, farklı et türlerinde lipit oksidasyonunu değerlendirerek sığır eti (%10 yağ), domuz eti (%9 yağ), tavuk but (%9,5 yağ) ve somon balığı (%14 yağ) ile çalışmışlardır. Sonuçlar benzer yağ içeriğine sahip etlerde, somon ve tavukta kırmızı et örneklerine göre daha yüksek MDA seviyesi oluştuğunu göstermiş, bu durum doymamış yağ miktarının gastrointestinal oksidasyon derecesini belirleyen baskın faktör olması ile açıklanmıştır [38]. Başka bir çalışmada ise, %17 yağ içeren ringa ve somon balığında oksidasyon durumu değerlendirilmiş; sonuçta benzer miktarda yağ içermesine rağmen somon balığına kıyasla ringa balığının sindirimi sırasında önemli ölçüde daha yüksek MDA değerleri saptanmıştır. Balık türleri arasındaki lipit oksidasyonu farkı; ringa

balığının, somondan önemli ölçüde daha fazla miktarda n-3 PUFA içermesi ile doymamış yağ asitlerinin nispi oranına bağlanmıştır. Ayrıca ringa balığının, somona göre daha fazla koyu kas miktarına sahip olduğu; koyu kasların da pro-oksidatif etki gösterdiği bilinen yüksek hem-protein seviyeleri içerdiği belirtilmiş ve oksidasyonun diğer nedeni olarak açıklanmıştır. Hem-proteinlerin reaktivitesinin düşük pH (3-5) ile mide koşullarında artarak oksidasyonu hızlandırabileceği belirtilmiştir [73]. Et, Fenton reaksiyonunu katalize eden, ROS'ların üretimini ve PUFA'ların oksidasyonunu uyaran hem-demir içermektedir [16]. Etin sindirimi sırasında lipit oksidasyonunun başlamasının ana yollarından biri fenton reaksiyonudur. Et türlerinde, serbest demir ve hem-demirin lipit oksidasyonunu başlatmadaki katkısı, konsantrasyonlarına bağlı olarak farklı olabilmektedir [152]. Purohit ve diğerlerinin [153], sığır etinin farklı bölümlerinde (longissimus dorsi ve psoas majör kasları) lipit oksidasyonunu incelediği çalışmada, longissimus dorsi kasında lipit oksidasyonu ile hem demir arasında orta derecede, nonhem demir ile zayıf derecede korelasyon bulunmuş, psoas majör kasında ise lipit oksidasyonu ile hem demir arasında güçlü derecede, nonhem demir ile zayıf derecede korelasyon bulunmuştur.

Bu çalışmada benzer şekilde, sindirim sonrası MDA seviyesi dana kontrfilede ($3991,7 \pm 180,6$) dana but etinden ($1696,3 \pm 76,7$ μg) daha yüksek bulunmuştur. Türkiye Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı'na göre [24], dana kontrfilenin 100 gramında toplam yağ içeriği 7,38 g iken, dana but etinde 4,59 g olarak belirtilmiştir. Veri tabanında [24] ayrıca tavuk but etinde toplam yağ içeriği 12,82 g/100 g iken tavuk göğüs etinde 3,38 g/100 g olarak verilmiştir. Çalışmada bu verileri destekler şekilde sindirim sonrası MDA seviyesi tavuk derili but etinde ($1741,2 \pm 78,8$ μg), tavuk göğüs etine ($837,2 \pm 37,9$ μg) göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum önceki çalışmalarda yağ miktarı ile lipit oksidasyonu arasındaki ilişkiyi doğrulamaktadır. Ancak veri tabanına göre [24] tavuk derili but etinin toplam yağ içeriği (12,82 g/100 g), dana kontrfileden (7,38 g/100 g) ve hindi göğüs etinden (3,46 g/100 g) daha yüksek olmakla birlikte; bu çalışmada sindirim sonrası MDA seviyesi en yüksek dana kontrfilede ($3991,7 \pm 180,6$ μg) bulunmuş, bunu hindi göğüs eti ($3824,2 \pm 173,0$ μg) izlemiştir. Bu tutarsızlığın nedeni dana kontrfilenin demir içeriğinin (1,24 mg/100 g) tavuk but etine göre (0,68 mg/100 g) daha yüksek olmasına bağlanabilir. Türkiye Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı'na göre [24], demir içeriği en yüksek dana but (1,71 mg/100 g), dana kontrfile etinde (1,24 mg/100 g) verilmiş, bunu tavuk but (0,68 mg/100 g), tavuk göğüs (0,31 mg/100 g), levrek (0,31 mg/100 g) ve hindi göğüs (0,30 mg/100 g) eti izlemiştir [24]. Sindirim sonrası MDA seviyelerine göre dana kontrfile ve levreğin tavuk derili but ve tavuk

göğüs etinden daha yüksek bulunması, demir içeriği ile açıklanabilir. Hindi göğüs etinde ise sindirim sonrası artış yüzdesi (%51) diğer et türlerine göre (%405-832) daha az olmakla birlikte sindirim öncesi MDA değeri ($2518,6 \pm 113,99 \mu\text{g}$) yüksek olduğundan, sindirim sonrası değer de diğer et türlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Et türlerinin sindirim öncesi MDA seviyeleri farklı olduğundan, sindirim sonrası değerlerin karşılaştırılması zordur. Her ne kadar tüm etler aynı gün alınıp, pişirilip, aynı süre dondurularak saklanıp aynı gün analiz edilse de satın almadan önceki bekleme süreleri net olarak bilinmemektedir. Bu nedenle özellikle depolama sürelerindeki farklılıklar literatürden farklı sonuçlar bulunmasına neden olmuş olabilir.

Lipit oksidasyonu ve şekerlerin degradasyonu ile üretilen GO ve MGO, AGE öncüleridir. Besinlerde AGE oluşumu sıcaklık, zaman, nem, besinlerin bileşimi ve miktarı, antioksidanlar gibi inhibitör bileşiklere bağlıdır [154]. Lipit oksidasyonunun artması ile AGE öncülerinin arttığı gösterilmiştir. Miyofibriler proteinde yüksek miktarda bulunan miyozinin, depolama ve işleme sırasında zincir yapısının kırılması ile aminoasit kalıntıları açığa çıkmaktadır [155]. Besinleri işleme veya depolama sırasında, proteinin lizin kalıntılarındaki serbest amino grupları, indirgeyici şeker veya lipit oksidasyon ürünlerinin karbonil grubu ile reaksiyona girerek AGE'leri oluşturmaktadır [154]. Miyozin ve lipit oksidasyonunun bir sonucu olarak AGE oluşumu teşvik edilmektedir. Çiğ domuz etinde depolama sırasında AGE öncülerinin arttığı saptanmıştır. Miyofibriler protein oksidasyonu ile karboksimetil-lizin seviyeleri arasında önemli bir korelasyon olduğu, oksidatif hasarın domuz etinde AGE oluşumunu desteklediği belirtilmiştir [155]. Bu çalışmada sindirim öncesine göre tüm et türlerinde sindirim sonrası GO ve MGO seviyelerinin arttığı bulunmuştur. İleri glikasyon son ürünlerinin oluşum mekanizmalarından biri olan lipit oksidasyonu sindirim sürecinde de olduğundan, sindirim sonrası GO ve MGO oluşumu beklenen bir sonuçtur. Ayrıca, pankreas sıvısından gelen bikarbonat Maillard reaksiyonunun güçlü anyon katalizörü olduğundan ve ince bağırsakların pH'ı fruktoz ile reaktif amino asitler ve peptitler arasında reaksiyon oluşmasına uygun olduğundan, sindirim sistemi koşulları AGE oluşumunu hızlandırabilir [156].

İleri glikasyon son ürünlerinin konsantrasyonu etin türü, pişirme yöntemi, pişirme sıcaklığı ve süresi, protein ve yağın varlığı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Sığır, domuz, tavuk eti ve somon ile yapılan bir çalışmada farklı pişirme teknikleri kullanılmış ve etlerde karboksimetil-lizin oluşumu incelenmiştir. Izgara yönteminde sığır eti, domuz eti ve tavuk

arasında anlamlı bir fark bulunmamış, somonda en düşük karboksimetil-lizin seviyesi tespit edilmiştir. Kızartma yönteminde ise örnekler arasında en yüksek karboksimetil-lizin seviyesi dana biftekte, ardından domuz eti ve tavukta, en düşük ise somonda bulunmuştur [157]. Chao ve diğerleri [158] ise tavuk, domuz, sığır eti, somon ve morinabalığında karboksimetil-lizin seviyelerini araştırmış, somonun en yüksek seviyeye sahip olduğunu bulmuştur. Hull ve diğerleri de [88] benzer şekilde, somonda tavuk ve dana etine göre daha yüksek karboksimetil-lizin seviyesi olduğunu göstermiştir. Diğer etlerle karşılaştırıldığında, somon balığındaki yüksek karboksimetil-lizin seviyesi, nispeten yüksek çoklu doymamış yağ asidi içeriğine bağlanmıştır. Çoklu doymamış yağ asitleri lipit oksidasyonuna daha duyarlıdır; bu da GO ve ardından karboksimetil-lizin oluşumuna yol açmaktadır. Srey ve diğerleri [154], tiaminin karboksimetil-lizin oluşumuna karşı inhibitör etki gösterdiğini bildirmiştir. Tiamin, Maillard reaksiyonu sırasında lizinin amino grubuyla rekabet edebilen bir amino grubu içermektedir. Karboksimetil-lizin oluşumu üzerindeki inhibitör etkilerin, ara ürünler olan GO ve MGO'nun inhibisyonu yoluyla olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, GO seviyesi en yüksek tavuk derili butta, en düşük dana kontrfilede bulunmuştur. Türkiye Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı'na göre [24], dana kontrfilenin 100 gramında 0,369 mg, tavuk butta ise 0,109 mg tiamin belirtilmiştir. Glioksal seviyelerindeki bu farklılığın nedeni tiaminin inhibitör etkisine bağlanabilir. Metilglioksal seviyesi de en yüksek tavuk göğüs etinde, en düşük dana but etinde bulunmuştur. Yine ulusal veritabanına göre [24], tavuk göğüs eti 0,173 mg/100 g, dana but 0,086 mg/100 g tiamin içermektedir. Ayrıca sindirim öncesi GO ve MGO farklılıkları sindirim sonrası farklılıklardan sorumlu olmuş olabilir.

5.2. *In vitro* Sindirim Sonrası Malondialdehit (MDA) Seviyelerinin Değerlendirilmesi

Et, linoleik, linolenik, araşidonik ve dokosaheksaenoik asitler gibi çoklu doymamış yağ asitleri ve yüksek konsantrasyonlarda demir katalizörleri nedeniyle lipit oksidasyonuna duyarlıdır [159]. Lipit oksidasyonu sonucu oluşan bileşikler kan dolaşımına geçerek oksidatif stresi artırabilmektedir. Bu nedenle, etin sindirimi sırasında lipit oksidasyonu oluşumunun önlenmesi, çeşitli kronik hastalıkların gelişme riskinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır [16]. Zengin fenolik içerik nedeniyle meyve ve sebzeler, et ürünlerinde oksidasyonu önlemek için doğal antioksidan kaynağı olarak düşünülmektedir [58].

In vivo insan [15, 68, 160-164] ve hayvan çalışmaları [77, 150, 165], ile *in vitro* çalışmalar [19, 62, 67, 69, 72, 166-171], lipit oksidasyonunun, antioksidan-polifenolden zengin besinlerle azaltılabileceğini göstermektedir.

Üzüm, antosiyaninler, resveratrol, kuersetin, kateşinler, fenolik asitler ve prosiyanidinler olmak üzere fenolik bileşikler açısından zengindir ve fenolik bileşik içeriği 63-182 mg/100 g taze meyve arasında değişmektedir. Üzüm fenolik bileşikleri; resveratrol, antosiyaninler ve kateşinler olarak kabukta ve prosiyanidinler olarak çekirdekte bulunur. Et endüstrisinde genellikle şarap endüstrisinin bir yan ürünü olan üzüm posasından elde edilen üzüm kabuk ve tohum ekstraktları kullanılmaktadır [59]. Literatürde gastrointestinal sistemde et ile birlikte üzüm suyunun lipit oksidasyonuna etkisini araştıran çalışmaya rastlanmamıştır; ancak üzüm çekirdeği veya kabuk ekstraktları ile yapılan *in vitro* çalışmalar [165, 172] veya insan çalışmalarında üzüm suyunun etkisi [162, 163] gösterilmiştir. Üzüm çekirdeği ekstresinin depolama koşullarında dana etinde [173], tavuk etinde [174], hindi etinde [175] lipit oksidasyonunu önlediği gösterilmiştir. Üzüm suyunun incelendiği insan çalışmalarında, gönüllülere verilen üzüm suyunun lipit oksidasyonunu azalttığı belirtilmiştir [162, 163]. Yapılan bir çalışmada, hindi ve domuz etine üzüm çekirdeği ekstresi eklendiğinde *in vitro* sindirim sonunda lipit oksidasyonunun %56-76 inhibe edildiği bulunmuştur [172]. Kuffa ve diğerleri [165], hindi etine %0,1, %0,5 ve %1,0 üzüm çekirdeği ekstresi eklemiş, *in vitro* sindirim sonunda lipit oksidasyonunu incelemiştir. Sonuçlar %1,0 ilave edilen ekstrenin lipit oksidasyonunu tamamen önlediğini; %0,5 ilavenin bir miktar inhibe ettiğini ancak %0,1 ilavenin pro-oksidan etki ettiğini göstermiştir. Muhtemel inhibisyon mekanizmaları, düşük moleküler ağırlıklı metallerin inaktivasyonunu ve serbest radikal süpürme aktivitesi ile açıklanırken; %0,1 ilavenin pro-oksidan etkisi ayrıca araştırılmıştır. Ette piştikten sonra salınan hem ve hem olmayan demirin, üzüm suyu ekstresiyle şelatlanmasının demirin reaktivitesini artırdığı belirtilmiştir [165]. Bu çalışmada da, üzüm suyu ile verilen etlerde MDA seviyesinin dana but eti dışında tüm et türlerinde azaldığı bulunmuştur. Dana but etinde demir seviyesinin daha yüksek olması Kuffa ve diğerlerinin [165] çalışmasında belirttiği gibi, demirin reaktivitesinin artması ile lipit oksidasyonunun daha yüksek bulunmasına neden olmuş olabilir.

Kırmızı şarap kırmızı üzümünden üretilse de, kırmızı şaraptaki biyoaktif bileşiklerin bileşimi üzüm suyundan farklıdır. Kırmızı şarapta toplam polifenoller, toplam antosiyaninler, toplam antioksidan kapasite değerleri üzüm suyuna kıyasla önemli ölçüde yüksektir. Kırmızı şarapta

etanol bulunması, sindirim sisteminde polifenollerin çökmesini engellediği için fenolik bileşiklerin emilimini arttırmaktadır [176]. Literatürde kırmızı şarabın lipit oksidasyonuna etkisini inceleyen çalışmalar şarabın polifenol içeriğinin lipit oksidasyonunu azalttığını göstermiştir [15, 18, 67, 150, 166, 177]. Sağlıklı bireylerle yapılan randomize, çapraz bir çalışmada, hindi eti pişirilmeden önce ve sonra konsantre kırmızı şaraba batırılmış, et ile birlikte 200 mL kırmızı şarap verilmiş ve yemek sonrası plazma ve idrar MDA seviyeleri ölçülmüştür. Yemek sonrası plazma ve idrarda MDA seviyelerinin pişirdikten sonra şaraba batırılan hindi eti tüketiminden sonra %75 azaldığı, pişirmeden önce batırılarda ise MDA oluşumunun tamamen önlendiği bulunmuştur [15]. Etin marine edilmesinde kullanılan şarabın ette lipit oksidasyonunu inceleyen çalışmalarda şarap polifenollerinin sığır etinde lipit oksidasyonunu azalttığı gösterilmiştir [67, 177]. Kanner ve Lapidot'un [18] yaptığı çalışmada, ızgara hindi eti üçe ayrılarak kırmızı şarap, etanol ve su ile *in vitro* gastrointestinal sistemde lipit oksidasyonuna etkisi incelenmiştir. Sonuçta kırmızı şarap polifenollerinin, lipit oksidasyonunu önemli ölçüde inhibe ettiği, ayrıca reaksiyonu tersine çevirerek hidroperoksitleri sıfır konsantrasyona kadar parçaladığı bulunmuştur. Yazarlar fenolik antioksidanların ferril miyoglobini metmiyoglobine indirgeyerek lipit oksidasyonunu önleyebileceğini belirtmiştir [18]. Kırmızı şaraptaki polifenollerin demir ve bakır gibi geçiş metal iyonlarını şelatlayabildiği ve Fenton reaksiyonlarında serbest radikal oluşumuna katılımlarını azalttığı belirtilmiştir [166]. Bu çalışmada da, literatüre benzer şekilde kırmızı şarabın tüm et türlerinde *in vitro* sindirim sonrası MDA konsantrasyonunu azalttığı bulunmuştur.

Türkiye'nin Trakya bölgesinde laktik asit fermentasyonu ile üretilen hardaliye, geleneksel fermente bir içecektir. Hardaliye üretimi için kırmızı üzüm, vişne yaprağı ve hardal tohumu karışımı 5–10 gün fermente edilmektedir. Hardaliyenin kırmızı-mor rengi, antosiyanin içeriğinden kaynaklanmaktadır. Hardaliyedeki en yüksek fenolik bileşiğin resveratrol olduğu tahmin edilmektedir. [178]. Genel olarak, hardaliyenin fizikokimyasal özellikleri kırmızı şarabın değerlerine çok yakındır [179]. Üretim sürecinde yüksek düzeyde fenolik bileşik içeren üzüm kabuğu ve çekirdeği ile günlerce fermente edildiğinden, toplam fenolikler ve fenolik bileşikler kuersetin, gallik asit ve trans-resveratrol bakımından üzüm suyu ve şaraba kıyasla daha zengindir ve portakal, nar ve üzüm sularından daha yüksek Oksijen Radikali Absorbans Kapasitesi (ORAC) değerlerine sahiptir [164]. Literatürde hardaliyenin et ürünlerinde lipit oksidasyonu üzerine yapılan çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak hardaliyenin yüksek antioksidan kapasitesi, fenolik içeriği nedeniyle plazma lipit

peroksidasyon parametrelerini ve serum homosistein konsantrasyonlarını düşürdüğü belirtilmiştir [179]. Hardaliyenin antioksidan etkilerinin araştırıldığı, 89 sağlıklı yetişkin ile yapılan 40 günlük randomize kontrollü bir klinik çalışmada hardaliye tüketenlerde kontrol grubuna göre daha düşük serum MDA seviyeleri bulunmuştur [164]. Bu çalışmada da, kırmızı şaraba benzer şekilde hardaliyenin, hindi göğüs eti dışında tüm et türlerinde daha düşük MDA seviyeleri ile sonuçlandığı bulunmuştur. Hindi göğüs etinde de anlamlı olmamakla birlikte tek başına hindi etine göre hardaliye ile birlikte verildiğinde daha düşük MDA seviyesi bulunmuştur.

Nar zengin antosiyanin, ellagik asit, ellagitannin, punik asit ve flavanol içeriği ile yüksek konsantrasyonda antioksidan içermektedir [58]. Narın kabukları, çekirdekleri ve suyu antioksidan kapasiteleri için kullanılmaktadır [59]. Gil ve diğerleri [180], nar suyunun yeşil çay ve kırmızı şaraptan üç kat daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bulmuşlardır. Literatürde gastrointestinal sistemde et ile birlikte verilen nar suyunun lipid oksidasyonuna etkisini araştıran çalışmaya rastlanmamıştır; ancak nar kabuğu ekstresinin soğuk depolamada tavuk köftesinde [181], karideste [168] ve dana köftesinde [63] lipid oksidasyonunu azalttığı bulunmuştur. Nar suyunun da depolama sürecinde lipid oksidasyonuna etkisini inceleyen çalışmalar vardır [167, 182]. Vaithyanathan ve diğerleri [182], nar suyu fenolik çözeltisine daldırmanın, 4°C'de buzdolabında muhafaza edilen tavuk etinin raf ömrü üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Depolama sürecinde nar suyuna batırılan tavuk etinde daha düşük lipid oksidasyonu görülmüştür. Başka bir çalışmada kemiksiz ve derisiz tavuk göğüs eti, taze sıkılmış nar suyuna iki dakika batırılıp vakumlanarak 4°C'de 20 gün saklanmış ve 5 gün ara ile analiz yapılmıştır. Kontrol örneğine kıyasla MDA konsantrasyonunun nar suyuna batırılan ette önemli derecede düşük olduğu bulunmuştur. Nar suyunda bulunan fenolik bileşiklerin, güçlü antioksidan yeteneğine sahip olduğu belirtilmiştir [167]. Bu çalışmada da literatüre uyumlu olarak nar suyunun güçlü antioksidan yeteneği ile *in vitro* sindirim sonrası MDA seviyelerini tüm et türlerinde azalttığı bulunmuştur.

Kırmızı renkli ve ekşimsi bir meşrubat olan şalgam, ağırlıklı olarak laktik asit bakterilerinin önemli rol oynadığı geleneksel bir fermente içecektir [183]. Şalgam içeceği siyah havuç, bulgur, ekşi maya, şalgam ve tuz kullanılarak laktik asit fermentasyonu ile üretilmektedir [184]. Daha çok et, köfte, balık gibi yiyeceklerle birlikte tüketilen şalgam, probiyotik bir içecektir. Düşük pH nedeniyle patojenlerin gelişimi zordur. Laktik asit, şalgamın ekşimsi

tadını vermesinin yanı sıra sindirim sisteminin pH'ını düzenlemeye yardımcı olmaktadır [185]. Şalgam üretiminde ana hammadde olarak kullanılan siyah havuç, antosiyanin içeriği nedeniyle şalgama kırmızı renk vermenin yanı sıra, antioksidan kapasiteyi de artırmaktadır [183]. Şalgamın antosiyanin konsantrasyonu 94-238 mg/L arasında değişmektedir [186]. Bir çalışmada, şalgamın toplam fenolik içeriği, siyah havuç suyundan %71 daha düşük olmakla birlikte, elma ve portakal suları ile benzer fenolik içerdiği gösterilmiştir [187]. Şalgamın kimyasal, mikrobiyolojik, duyuşal özellikleri ve üretim teknikleri geniş çapta çalışılmış olmasına rağmen [187-190], lipit oksidasyonu üzerine etkileri bilinmemektedir. Bu çalışmada şalgam tüm et türlerinde *in vitro* sindirim sonrası MDA konsantrasyonunu düşürmüştür. Kırmızı şarap ve nar suyunda olduğu gibi, şalgamın da özellikle yüksek antosiyanin içeriği ve toplam polifenol içeriğine bağlı yüksek antioksidan kapasitesinin olması nedeniyle, et türlerinde lipit oksidasyonunu inhibe ettiği tahmin edilmektedir.

Geleneksel bir Türk içeceği olan ayran, yoğurt, tuz ve sudan oluşmaktadır [191]. *In vitro* gastrointestinal koşullarda ayranın farklı et türlerinde lipit oksidasyonu üzerine etkisini inceleyen çalışmaya rastlanmamıştır; ancak süt ürünlerinin lipit oksidasyonu üzerine mekanizması farklı çalışmalarda açıklanmıştır [69, 169, 170, 192]. Lamothe ve diğerleri [69], simüle edilmiş gastrointestinal sindirim sırasında süt fraksiyonlarının (tam yağlı süt, yağsız süt, asit peynir altı suyu) ve polifenol bakımından zengin içeceklerin (yeşil çay, üzüm suyu), çoklu doymamış yağ asitlerinden zengin emülsiyonda antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Süte kıyasla polifenol bakımından zengin içeceklerin antioksidan aktivitesi en az dört kat daha yüksek olmakla birlikte, sindirim sırasında lipit oksidasyonunu süt ürünleri %60, polifenol bakımından zengin içecekler %75 azaltmıştır. Emülsiyon hem süt hem de polifenol bakımından zengin içecekler ile birlikte sindirildiğinde ise lipit oksidasyonunda daha fazla (%93) azalma olduğu gösterilmiştir. Bu kombinasyonun antioksidan aktiviteyi artırarak sinerjik olarak lipit oksidasyonunu azalttığı belirtilmiştir [69]. Başka bir çalışmada, süt proteinlerinin gastrointestinal sistemde antioksidan bileşikler için bir taşıyıcı görevi görebileceği, gastrointestinal sistemi oksidatif hasardan koruyabileceği ifade edilmiştir [169]. Süt proteinlerinin çeşitli biyoaktif moleküller ile etkileşime girdiği ve sindirim sırasında koruma ve kontrollü salım sağladığı [193], lipofilik biyoaktif moleküllerin taşınmasını sağladığı [194], böylece ince bağırsakta antioksidan aktiviteyi arttırdığı belirtilmiştir. Lamothe ve diğerlerinin [69] çalışmasında ayrıca yağlı ve yağsız sütün lipit oksidasyonuna karşı benzer koruma sağladığını, süt lipitlerinin çok az etkiye sahip olduğunu ve süt proteinlerinin, lipit oksidasyonunu önleyen

ana bileşenler olduğunu göstermiştir. Rossini ve diğerleri [69] kazeinin, kemiksiz tavuk eti ve dana kıyma homojenatlarında lipit oksidasyonunu inhibe ettiğini bulmuş, kazeinin et işlemede bir antioksidan olarak faydalı olabileceğini belirtmiştir. Kazeinin serbest peroksil radikallerini temizleme ve ayrıca demir, bakır ve çinko gibi geçiş metallerini şelatlama yeteneği olduğu belirtilmiştir. Kazeinin bu etkisinin histidin, lizin, prolin ve tirozin miktarlarıyla pozitif bir şekilde ilişkili olduğu gösterilmiştir [170]. Amino asitlerden triptofan ve tirozin hidroksil radikal süpürme kapasitesine sahipken, fenilalanin ve histidin, peptitlerin lipit oksidasyonunu inhibe etmede önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir [169]. Genel olarak, 100 g taze ağırlık temelinde, süt ürünlerinin antioksidan kapasitesi, tahıllar, sebze veya meyve sularıninkine yakındır. Süt ürünleri arasında peynirler, yüksek protein içeriği nedeniyle en yüksek antioksidan kapasiteye sahiptir. Fermantasyonun antioksidan kapasite üzerinde olumlu bir etki yaptığı belirtilmiştir. Probiyotiklerde proteoliz, antioksidan peptitleri serbest bıraktığından, probiyotik yoğurtlar ve fermente sütler, geleneksel yoğurt ve süttten daha yüksek antioksidan kapasiteye sahiptir [192]. Bu çalışmada muhtemelen süt ürünlerinin antioksidan kapasitesi ve lipit oksidasyonunu inhibe etme yeteneğine bağlı olarak, tüm et türleri ayran ile birlikte *in vitro* sindirime tabi tutulduğunda MDA konsantrasyonunun azaldığı bulunmuştur. Bu sonuçlar, literatürdeki bulgularla paralellik göstermektedir.

Turunçgiller, A, C ve E vitaminleri, mineraller, flavonoidler, kumarinler, limonoidler, karotenoidler, pektinler gibi fitokimyasalların zengin kaynaklarıdır. Turunçgiller oksidan enzimlerin inhibisyonu, ROS ile etkileşimi, metal iyonları şelatlama yollarıyla antioksidan etki göstermektedir. Turunçgillerdeki E vitamini demiri indirgeyebilmektedir [195]. Narenciye meyveleri düşük bir fenolik konsantrasyona sahiptir. Askorbik asidin meyvelerdeki antioksidanlara katkısı kavun, nektarin, portakal, beyaz üzüm ve çilek dışında çok düşüktür [61]. Askorbik asit, serbest radikallerin aracılık ettiği oksidatif süreçlerde elektron donörü olarak önemli bir indirgeyici ajandır. Askorbik asit, konsantrasyonuna bağlı olarak antioksidan veya pro-oksidan olabilir. Düşük konsantrasyonlarda askorbik asidin, iyonik demiri azaltarak kas dokularında lipit oksidasyonunu teşvik etme, yüksek konsantrasyonlarda ise hücre zarında lipit oksidasyonunu inhibe etme eğiliminde olduğu öne sürülmüştür. Askorbik asit konsantrasyonunun lipit oksidasyonu üzerindeki etkisinin aynı zamanda demir konsantrasyonuna da bağlı olduğu belirtilmiştir [22]. Literatürde portakalın lipit oksidasyonuna etkisi ile ilgili sonuçlar çelişkilidir. Bazı çalışmalarda portakal suyu tüketen bireylerde lipit oksidasyonunun azaldığı belirtilirken [160, 161, 196], bir çalışmada

egzersizden bir saat önce portakal suyu tüketiminin yağ oksidasyonunu önemli ölçüde değiştirmede gösterilmiş [197], başka bir çalışmada da üzüm suyu ve portakal suyunun lipit oksidasyonuna etkisi çalışılmış, üzüm suyu lipit oksidasyonunu azaltırken portakal suyunun etkisi bulunamamıştır [198]. Ademosun ve Obboh'un [198] ratlarla yaptığı bir çalışmada, greyfurt, limon, portakal ve mandalina, rat beyin homojenatında *in vitro* olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, narenciye suları, doza bağlı bir şekilde hidroksil radikallerini temizlemiş ve portakal en yüksek temizleme kabiliyetine sahip meyve olarak bulunmuştur [199]. Greyfurt, limon, misket limonu ve portakalın antioksidan kapasite ve lipit oksidasyonuna etkisi yönünden kabuk ve meyve suyu olarak karşılaştırıldığı bir çalışmada, tüm narenciye meyveleri için kabuklar, karşılık gelen meyve sularından daha iyi sonuçlar vermiş, portakal, incelenen tüm fraksiyonlarda en yüksek antioksidan potansiyeli göstermiştir [200]. İnsan ve hayvan çalışmalarının dışında *in vitro* olarak depolama sürecinde portakal suyu ile kaplanan dana etinde [201], narenciye ekstresi ile kaplanmış hindi etinde [202] ve portakal, limon ve greyfurt çekirdeklerinden elde edilen ekstrelerin tavuk etinde [203] lipit oksidasyonunu önlediği gösterilmiştir. Kristinova ve diğerleri [201], ringa balığı lipitlerinin oksidasyonunu *in vitro* sindirim modelinde incelemiş, çeşitli içeceklerin oksidasyona etkilerini izlemiştir. Yeşil çay, kırmızı şarap ve kafeik asitin sindirim ortamında oksijen alımını azaltırken kahve, askorbik asit ve portakal suyunun oksidasyonu artırdığı bulunmuştur [70]. Bu çalışmada, sindirim öncesine göre sindirim sonrasında MDA seviyelerinin, portakal suyu ile birlikte verilen etlerde %21,7-78,2 azaldığı bulunmuştur. Tek başına ete göre portakal suyu ile birlikte verilen dana kontrfile ve levrek MDA seviyeleri daha düşük iken; hindi ve tavuk göğüs etinde ise tek başına ete göre portakal suyu ile birlikte verildiğinde daha yüksek bulunmuştur. Portakal suyundaki askorbik asitin iyonik demiri azaltarak lipit oksidasyonunu artırma ya da hücre zarında lipit oksidasyonunu inhibe etme gibi konsantrasyona bağlı olarak farklı etkilerinin olduğu öne sürülmüştür [22]. Bu çalışmada da, farklı et türlerindeki demir konsantrasyonuna bağlı olarak farklı etkiler göstermiş olabilir.

Kola gibi gazlı içeceklerin çoğu fosforik asit, kafein, şeker, aspartam veya sakkarin, karamel ve karbondioksit içermektedir. Literatürde et ile birlikte tüketilen kolanın sindirim sisteminde lipit oksidasyonuna etkisi ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak hayvanlarla yapılan bazı çalışmalarda kolanın oksidatif stresi [204], serum MDA konsantrasyonunu [205] ve lipit oksidasyonunu artırdığı [206] bulunmuştur. Lipit oksidasyonundaki artış hücre zarının tahrip olmasına bağlanmıştır [206]. Gazlı içeceklerdeki kafein, diğer gazsız

içeceklerden daha kolay emilmektedir. Alkolsüz içeceklerdeki kafein, mideye asit salınımında artışa neden olmaktadır [205]. Ratlarda yapılan bir çalışmada, kafeinin MDA konsantrasyonunu azalttığı bulunmuştur [207]. Sükroz, kolada kullanılan ana tatlandırıcı bileşendir [206]. Yapılan bir çalışmada, ratlara tavuk ve dana eti ile birlikte mısır nişastası ve sükroz verilmiş, sükroz verilen ratlarda lipit oksidasyonu daha yüksek bulunmuştur [208]. Ayrıca, et ürünlerinin saklanması paketlenme sistemlerinde karbondioksit kullanılmasının lipit oksidasyonunu azaltarak raf ömrünü uzattığı belirtilmiştir [209]. Bu çalışmada, kola dana but ve hindi göğüs etinde sindirim sonrası lipit oksidasyonunu artırırken, dana kontrfile, tavuk derili but ve tavuk göğüs etinde azaltmış, levrekte ise anlamlı bulunmamıştır. Sonuçlardaki bu farklılığın nedeninin, kolanın içeriğindeki sükroz, karbondioksit ve kafeinin lipit oksidasyonuna etkilerinin farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Meyveler gibi sebzeler de, zengin antioksidan kaynaklarıdır ve et ürünlerinde oksidasyonu önlediği bilinmektedir [58]. Bir çalışmada, kırmızılahana ekstresinin soğuk depolama koşullarında levrekte lipit oksidasyonunu azalttığı gösterilmiştir. Kırmızı lahanadan elde edilen antosiyaninlerin üzüm antosiyaninlerine göre ısıya ve ışığa karşı daha fazla stabil olması nedeniyle gıda sektörü için zmden daha uygun bir alternatif olabileceği belirtilmiştir [171]. *In vitro* sindirim koşullarında hindi eti ile çeşitli sebzelerin postprandiyal oksidatif stres üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, lipit oksidasyonunu önlemede yüksek aktiviteye sahip olan sebzeler ıspanak, brokoli, kırmızı ve yeşil lahana ve kırmızıbiber olarak bulunmuştur. Soğan, kırmızı pancar ve havuç orta aktiviteye sahip olarak bulunmuş, en az aktif sebzeler ise domates ve yeşilbiber olarak belirtilmiştir. Ayrıca yüksek konsantrasyonda askorbik asit içeren ancak polifenollerden düşük olan yeşilbiberin, mide ortamında prooksidatif etki gösterdiği belirtilmiştir [72]. Martini ve diğerlerinin [201] yaptığı bir çalışmada, Akdeniz salatası (domates, soğan, siyah zeytin, taze fesleğen ve sızma zeytinyağı) ile ızgara hindi göğüs etinin kombine tüketiminin *in vitro* gastrointestinal sindirim sırasında oksidatif duruma etkisi incelenmiştir. Çalışmada 100 g hindi eti ile 260 g (1 porsiyon) salata verildiğinde ve salata miktarı yarıya indirildiğinde lipit oksidasyonu tam inhibe edilmiş, 100 g et ile 65 g salata verildiğinde ise %49,5 inhibisyon saptanmıştır. Domates, salata içeriğinde soğan ve zeytinyağına göre daha yüksek miktarda (100 g et başına 200 g) bulunmasına rağmen lipit oksidasyonu üzerinde daha düşük bir inhibitör etki göstermiştir [19]. Başka bir çalışmada domates, salatalık, kırmızıbiber, yeşil lahana, kırmızı soğan ve siyah zeytin içeren bir Yunan salatası (274 g salata / 200 g hindi eti) ile hindi etinin *in vitro* gastrik sindiriminden sonra MDA oluşumunda yaklaşık %90'lık bir inhibisyon

bildirilmiştir [72]. Bu çalışmada, çoban salata (çarliston biber, domates, salatalık, kuru soğan, maydanoz, nane, limon, tuz, zeytinyağı), kırmızılaha salata (havuç, kırmızılaha, maydanoz, limon, sirke, tuz, zeytinyağı) ve Akdeniz salata (aysberg marul, havuç, domates, mısır, maydanoz, limon, sirke, tuz, zeytinyağı) kullanılmıştır. Kırmızılaha salata tüm et türleri ile birlikte verildiğinde, Akdeniz salata hindi göğüs eti dışında tüm et türlerinde MDA seviyesini azaltmıştır. Çoban salata ise dana but ve hindi göğüs etinde anlamlı değişikliğe neden olmamış, dana kontrfile, tavuk göğüs eti ve levrekte azaltmış, tavuk derili but etinde ise daha yüksek MDA seviyesi ile sonuçlanmıştır. Çoban salatanın diğer salata türlerine göre daha az etkili olmasının nedeni içeriğine bağlanabilir. Yeşilbiberin prooksidatif etki gösterebilmesi [72], domatesin diğer sebzelerle göre daha az antioksidan aktivite göstermesi ile açıklanabilir. Ayrıca diğer salataların aksine çoban salata sirke içermemektedir. Sirkede bulunan melanoidinin antioksidan ve demir şelatlayıcı aktiviteleri olduğu; hindi etinin in-vitro gastrik sindirimi sırasında lipit oksidasyonunu %73'e kadar inhibe ettiği gösterilmiştir [210].

5.3. *In vitro* Sindirim Sonrası Gliksal (GO) ve Metilgliksal (MGO) Seviyelerinin Değerlendirilmesi

İleri glikasyon son ürünlerinin öncülleri olan GO ve MGO, besinleri işleme ve depolama sırasında Maillard reaksiyonu, karamelizasyon, glukoz oksidasyonu ve lipit oksidasyonu ile oluşmaktadır. Daha sonra, GO ve MGO gibi bu ara ürünler, nihai AGE'leri oluşturmak için proteinlerin amino gruplarıyla reaksiyona girmektedir [9]. Diyetle alınan AGE'lerin dolaşımdaki AGE düzeylerini önemli ölçüde arttırdığı, kronik hastalıkların gelişimini destekleyebilecek koşullar sağladığı bildirilmiştir. Bu nedenle, besinlerle potansiyel AGE alımını belirlemek ve besinlerde AGE oluşumunu önlemek önemlidir [88]. Antioksidan bileşiklerin, reaktif karbonil yakalama, antioksidan aktivite, şeker otooksidasyon inhibisyonu ve amino grubu bağlanma inhibisyonu/rekabetini içeren farklı mekanizmalar yoluyla AGE oluşumunu inhibe edebileceği belirtilmiştir [154]. Flavonoidler, fenolik asitler, kurkumin, E vitamini ve C vitamini gibi antioksidanlara ve aktif bileşenlere sahip bitkisel besinler, AGE'lerin gelişimini önleme potansiyeline sahiptir. Polifenoller lipit oksidasyonunu önleyerek GO seviyesini düşürebilmektedir [114]. Sebzeler, tahıllar, içecekler ve meyvelerde bulunan polifenoller AGE oluşumu üzerinde inhibe edici etkiler göstermiştir. Sinamik asit türevleri, AGE inhibe edici aktivite sergilemekte, kuersetin dikarbonilleri, GO ve MGO'yu yakalayarak AGE oluşumunu engellemektedir. Klorojenik

asitler, serbest radikal ve metal şelatörleri olarak işlev görür ve antioksidan enzim aktivitesini modüle etmektedir [211].

Bununla birlikte, serum karboksimetil-lizin seviyesinin meyve ve meyve suyu tüketimi ile pozitif korelasyon gösterdiği, özellikle yüksek fruktoz içeriğine sahip besinlerde AGE oluşumunun daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Sebzeler, baklagiller ve özellikle soya, serbest fruktoz ile reaksiyona girebilen potansiyel serbest amino grup kaynaklarıdır. Bu nedenle, gastrointestinal lümeninde yüksek konsantrasyonda kolayca emilen karboksimetil-lizin peptitlerinin oluşumu mümkündür [156]. Glukoz ve fruktoz ile GO ve MGO seviyeleri arasında sükrozdan daha yüksek bir korelasyon bildirilmiştir [9]. Genel olarak içecekler, α -dikarbonil bileşiklerinin eksojen kaynağı olarak kabul edilmektedir ve *in vivo* olarak MGO ve GO seviyelerini potansiyel olarak artırabilir. Meyve sularında (65,7–110,6 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$) alkolsüz içeceklerden daha yüksek MGO seviyeleri gözlenmiştir. Bunun nedeni, meyve suyunda meyveden gelen glukoz, fruktoz ve sükroz gibi sakkaritlerin varlığına bağlanmıştır. İçeceklerde kullanılan tatlandırıcılar arasında fruktoz, ksilitol tarafından indüklenenden 4,3 kat daha fazla MGO oluşumuna yol açmıştır. Tatlandırıcılar MGO üretimini artırma etkisi büyükten küçüğe doğru glukoz> yüksek fruktozlu mısır şurubu> fruktoz> sükroz> ksilitol olarak sıralanmıştır [212].

Kırmızı üzüm ekstresinin AGE oluşumunu inhibe ettiği gösterilmiştir; ancak meyvenin kendisinin etkisi kanıtlanmamıştır [213]. Aksine yapılan bir çalışmada, üzüm içeren ürünlerde MGO seviyesi, kırmızı meyvelerden yapılan ürünlere göre daha yüksek bulunmuştur. Kırmızı meyvelerden yapılan ürünler yüksek miktarda antosiyanin içerirken, üzümünden yapılan ürünlerin yüksek miktarda resveratrol içerdiği gösterilmiştir. Genel olarak, proantosiyanidin içeren besinlerin, resveratrol içeren besinlere göre MGO seviyesini düşürmede daha etkili olduğu belirtilmiştir [9]. Bu çalışmada, üzüm suyu ile birlikte tüm et türlerinde *in vitro* sindirim sonrası GO ve MGO seviyelerinin arttığı bulunmuştur. Fenolik bileşiklerin ekstresi AGE inhibisyonunda etkili olsa da, bu çalışmada üzüm suyu kullanılmıştır. Üzüm suyunun içeriğindeki şekere veya fruktoza bağlı olarak GO ve MGO oluşumu, üzüm polifenollerinin inhibisyonundan daha yüksek olabilir.

Kırmızı şarap polifenollerinin lipit oksidasyonunu inhibe ettiği daha önce gösterilmiştir [15, 18, 67, 150, 166, 177]. Diyabetik ratlarda yapılan bir çalışmada, resveratrolün etkisi değerlendirilmiş; resveratrol lipit oksidasyonunu inhibe etmiş, ancak renal dokudaki AGE

düzeyi, çalışılan tüm gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir [214]. Scheijen ve diğerlerinin [110] yaptığı çalışmada sığır etinin şarap sosu ile pişirilmesi, daha yüksek bir AGE içeriği ile sonuçlanmıştır. Kırmızı şarapta, özellikle malolaktik fermantasyondan sonra, dikarbonil bileşiklerin tüm şarap türlerinde görüldüğü belirtilmiştir [140]. Şarapta bulunan başlıca dikarbonil bileşikleri GO ve MGO diasetildir. Dikarbonil bileşikleri, alkolik fermantasyon sırasında *Saccharomyces cerevisiae* tarafından ve malolaktik fermantasyon sırasında *Oenococcus oeni* tarafından sentezlenmektedir. Dikarbonil değerleri, GO için 0,150-2 mg/L, MGO için 0,100-1 mg/L olarak belirtilmiştir [215]. Bu çalışmada, literatürle uyumlu bir şekilde levrek dışında, kırmızı şarap ile birlikte tüm et türlerinde *in vitro* sindirim sonrası GO ve MGO seviyelerinin arttığı bulunmuştur. Levrek ile birlikte kırmızı şarabın GO seviyesinin anlamlı olarak değişmediği, MGO seviyesinin arttığı bulunmuştur.

Literatürde hardaliyenin AGE içeriği ya da AGE oluşumuna etkisine dair çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak fermente meyve sularında yüksek GO ve MGO seviyeleri olduğu, fermente meyve sularında karbonhidratların, dikarbonil oluşturma eğiliminde olan basit şekerlerine hidrolize edildiği belirtilmiştir [10]. Genel olarak, kırmızı şarap içeriğine benzemesi, fermente ve kırmızı üzüm içermesi nedeniyle sonuçların kırmızı şaraba benzer olması muhtemeldir. Bu çalışmada dana but eti dışında, hardaliye ile birlikte tüm et türlerinde *in vitro* sindirim sonrası GO ve MGO seviyelerinin arttığı bulunmuştur. Dana but eti ile birlikte hardaliyenin MGO seviyesinin değişmediği, GO seviyesinin arttığı bulunmuştur.

Nar polifenollerinin (punikalagin, ellagic asit ve gallik asit), sığır serum albümininin glikasyonu üzerindeki inhibitör etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada, nar bileşikleri AGE öncüsü olan MGO seviyesini azaltarak karbonil süpürücü reaktivite sergilemiştir [216]. Ancak ekstre yerine nar meyvesi kullanılan çalışmalarda sonuçlar çelişkilidir. Randomize, çift kör, plasebo kontrollü bir çalışmada, 44 diyabetik hasta, 12 haftalık müdahale ile nar suyu tüketmiştir. Müdahaleden sonra, plasebo grubuyla karşılaştırıldığında, nar suyu tüketen grupta MDA azalmış ancak, iki grup arasında plazma AGE konsantrasyonunda anlamlı bir fark gözlenmemiştir [217]. *In vitro* bir çalışmada, MGO, sığır serum albümin ile 96 saat inkübe edildiğinde, nar suyunun, metilgloksal gibi reaktif a-dikarbonillerin aracılık ettiği glikasyonun etkili bir inhibitörü olmadığı gösterilmiştir [218]. Bu çalışmada levrek dışında, nar suyu ile birlikte tüm et türlerinde *in*

vitro sindirim sonrası GO ve MGO seviyelerinin arttığı bulunmuştur. Levrek ile birlikte nar suyunun MGO seviyesinin anlamlı olarak değişmediği, GO seviyesinin arttığı bulunmuştur.

Şalgam, siyah havuç içeren ve laktik asit fermentasyonu ile üretilen bir içecektir [184]. İçeceğin 94-238 mg/L arasında değişen yüksek antosiyanin içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir [186]. Proantosiyanidin içeren besinlerin, MGO seviyesini düşürmede etkili olduğu belirtilmiştir [9]. Fruktoz, konsantrasyonu sükroz ve glukozdan en az %39 daha yüksek olarak şalgam suyundaki baskın şekerdir. Şalgam suyundaki fruktoz 0,006-4,0 g/L ve sükroz 0,01-1,14 g/L arasında değişmektedir. Bununla birlikte, siyah havuç sükroz (4,11 g/100 g) açısından zengindir ve daha az miktarlarda glukoz (0,69 g/100 g) ve fruktoz (0,58 g/100 g) içermektedir. Bu şekerler laktik asit bakterileri tarafından fermentasyon sırasında kullanıldığı için şalgam suyunda daha düşük miktarlarda bulunmaktadır [187]. Bu çalışmada levrek ile birlikte şalgamın *in vitro* sindirim sonrası GO seviyesinin azaldığı, tavuk göğüs ve hindi göğüs etleri ile birlikte ise MGO seviyelerinin azaldığı bulunmuş, diğer et türlerinde anlamlı değişiklik bulunmamıştır. Metilglioksal kahve ve balıkta en bol bulunan dikarbonil iken, GO çoğunlukla sebze, meyve ve kuruyemişte baskındır [10]. Levrek ile birlikte şalgam verildiğinde GO seviyesinin daha düşük olması balıklardaki düşük GO seviyesi ile açıklanabilir. Tavuk göğüs ve hindi göğüs etleri ile birlikte MGO seviyelerinin azalması ise, şalgamdaki antosiyanin bileşiğinin MGO seviyesini düşürmedeki etkinliğine bağlanabilir. Şalgamın üzüm suyu, hardaliye ve kırmızı şarabın aksine daha düşük GO ve MGO seviyeleri, diğer içeceklerdeki şeker konsantrasyonunun şalgamın fermentasyonu sırasında azalmasına bağlı olarak şalgamdaki şeker konsantrasyonundan daha düşük olması, buna bağlı olarak da daha düşük seviyelerde GO ve MGO oluşumu ile açıklanabilir.

Dikarbonik bileşiklerin tanımlandığı 223 besin içeren bir veri tabanında, dikarbonil konsantrasyonları bira, probiyotik içecek, meyve suları, tatlı likör, sporcu içeceği ve tatlı beyaz şarapta (8-24 mg/L) en yüksek bulunurken süt, viski, beyaz rom ve çayda en düşük (0,14–2 mg/L) olarak bulunmuştur [10]. Fermente içeceklerde GO ve MGO tayini yapılan bir çalışmada ise yoğurtta GO konsantrasyonu kırmızı şaraba yakın bulunmuştur [219]. Bunun yanı sıra, başka bir çalışmada yoğurttan elde edilen whey proteini, *in vitro* ortamda sığır serum albümin ile inkübe edilmiş, whey proteinlerinin GO ve MGO oluşumunu sırasıyla %48,6 ve %56,8 inhibe ettiği gösterilmiştir. [220]. Bu çalışmada ayran dana etlerinde GO ve MGO seviyelerinde anlamlı değişikliğe neden olmamıştır. Diğer et türlerinde ise GO seviyelerinin düşük, MGO seviyelerinin ise tavuk göğüs eti ile levrekte

yüksek, tavuk derili but etinde düşük olduğu bulunmuştur. Daha önce, süt proteinlerinin, özellikle kazeinin lipit oksidasyonunu önlediği gösterilmiştir [69, 170]. Ayranın lipit oksidasyonunu bir miktar önlemesine bağlı olarak GO ve MGO oluşumu daha düşük bulunmuş olabilir. Diğer içeceklerde de lipit oksidasyonunun inhibe edilmesi söz konusu olabilir ancak içeceklerin kendi şeker içeriğine bağlı GO ve MGO oluşumu göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle diğer içeceklerde yüksek seviyeler bulunurken ayranın hem lipit oksidasyonunun önlenmesine hem de whey proteinlerinin etkisine bağlı olarak daha düşük seviyelerde GO ve MGO bulunmuş olabilir.

Maasen ve diğerlerinin [10], 223 besinle oluşturduğu veri tabanına göre meyve sularında GO konsantrasyonları yüksek (0,01–3,2 mg/L) bulunmuştur. Bu veri tabanında alkolsüz içeceklere kıyasla meyve sularında dikarbonil konsantrasyonlarının daha yüksek olması, sükroza kıyasla meyvenin kendi içeriğindeki daha az kararlı monosakkaritlerin varlığından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Taze portakal suyunda toplam şeker miktarının $120,1 \pm 3,8$ g/L olduğu tespit edilmiş, başlıca şekerlerin sükroz, glukoz ve fruktoz (2:1:1) olduğu ve miktarlarının sırasıyla $59,34 \pm 2,04$ g/L, $32,30 \pm 0,86$ g/L ve $28,55 \pm 0,94$ g/L olduğu gösterilmiştir [221]. Bir çalışmada, depolama sırasında portakal suyunda Maillard reaksiyonu ve askorbik asit bozunmasına bağlı olarak reaktif karbonil türlerinin olduğu gösterilmiş ve fruktoz, reaktif karbonil türlerinin ana öncüsü olarak tanımlanmıştır. Bekleme süresince, esmerleşmeden sorumlu olarak GO ve MGO konsantrasyonlarının arttığı gösterilmiştir [222]. Bu çalışmada levrek dışında, portakal suyu ile birlikte tüm et türlerinde *in vitro* sindirim sonrası GO ve MGO seviyelerinin arttığı bulunmuştur. Levrek ile birlikte portakal suyunun GO seviyesinin değişmediği, MGO seviyesinin arttığı bulunmuştur. Bu artışın sebebi literatürde gösterildiği gibi portakal suyunda fruktoz ve askorbik asit içeriğine bağlı olarak GO ve MGO oluşumuna bağlanabilir.

Yüksek fruktozlu mısır şurubu, gazlı alkolsüz içeceklere eklenir sıklıkla eklenmekte, bazı ürünlere ise sadece sükroz eklenmektedir. Yüksek fruktozlu mısır şurubu ile tatlandırılmış içekte ($72 \mu\text{g/mL}$), şeker eklenenlere ($2 \mu\text{g/mL}$) göre daha yüksek MGO olduğu gösterilmiştir [223]. Şeker, karamel, fosforik asit içeriği ile kola yaygın olarak tüketilen alkolsüz bir içecektir ve %55 serbest fruktoz ile tatlandırılmıştır. Kola tipi içeceklerde bulunan karamel, AGE'lerden zengin olduğu belirtilmiştir [224]. Bu çalışmada, kola ile tavuk göğüs etinde MGO seviyesinin, levrekte GO seviyesinin azaldığı bulunmuş, diğer et türlerinde anlamlı değişiklik olmamıştır. Bu çalışmada kullanılan kolanın yüksek fruktozlu

mısır şurubu yerine şeker içerikli olması nispeten daha düşük GO ve MGO seviyelerine neden olmuş olabilir. Ayrıca, düşük pH koşullarında AGE oluşumuna yol açan reaksiyonun yavaş olduğu [99] ve kafeinin, mideye asit salınımında artışa neden olduğu [205] belirtilmektedir. Kolanın içeriğindeki asite bağlı olarak da reaksiyonun daha yavaş olabileceği ve GO, MGO seviyelerinin daha düşük olabileceği düşünülebilir.

Antioksidanlardan zengin sebzelerin AGE konsantrasyonunun düşük olduğu belirtilmiştir [156]. Japonya’da sıklıkla tüketilen içecekler ve besinlerle yapılan bir çalışmada sebzeler ve kurubaklagillerin düşük seviyelerde AGE içerdiği belirlenmiştir [225]. Hull ve diğerlerinin [88], 257 besinle yaptığı çalışmada da tahıllar en yüksek (2,6 mg/100 g), meyve ve sebzeler (0,13 mg/100 g) en düşük ortalama karboksimetil-lizin düzeyine sahip bulunmuştur. Kırmızı etlerin bol miktarda işlenmemiş bitkisel besinlerle (baharatlar, otlar, meyveler ve sebzeler) tüketildiğinde AGE oluşumunun potansiyel olarak azaltılabileceği belirtilmiştir [226]. Bu çalışmada genel olarak etlerin salatalarla birlikte verildiğinde, içeceklere göre daha düşük GO ve MGO seviyeleri olduğu bulunmuştur. Bu durum salatalardaki sebzelerin daha düşük konsantrasyonlarına, içeriğindeki limon ve zeytinyağına bağlı olabilir. Doymamışlık derecesine göre, çeşitli bitkisel yağların karboksimetil-lizin konsantrasyonunun değerlendirildiği bir çalışmada sıralama zeytinyağı <pirinç kepeği yağı < kolza yağı < üzüm çekirdeği yağı olarak tespit edilmiştir. Bitkisel yağlarda bulunan polifenollerin, karboksimetil-lizin oluşumunu etkili bir şekilde azaltabileceği belirtilmiştir [117]. Ayrıca besinlerin pH’ını etkileyen limon gibi asidik marinatların kullanımının AGE içeriğini düşürmede etkisi olabileceği belirtilmiştir [211]. Bu çalışmada hazırlanan tüm salatalarda zeytinyağı ve limon kullanılmıştır.

Ayrıca bu çalışmada, farklı et türleri ile birlikte verilen tüm salatalarda GO seviyesinin çoğunlukla azaldığı, MGO seviyelerinin ise Çoban salatada arttığı, kırmızılahana salatada levrek dışında çoğunlukla arttığı ve Akdeniz salatada anlamlı değişikliğin olmadığı bulunmuştur. Çoban salatada MGO seviyesinin daha yüksek bulunmasının sebebi, çoban salatanın soğan içermesine bağlanabilir. Sebzeler düşük dikarbonil konsantrasyonlarına (<50 mg/kg) sahip olmakla birlikte soğanın nispeten daha yüksek MGO konsantrasyonuna sahip olduğu belirtilmiştir [10]. Kırmızılahana salatadaki farklılık ise sirke içeriğine bağlanabilir. Çoban salata sirke içermekle birlikte, kırmızılahana salata 10 g, Akdeniz salata 5 g sirke içermektedir. Balzamik sirkede (~50 mg/kg) nispeten yüksek konsantrasyonlarda MGO (12 mg/kg) ve GO (6 mg/kg) tespit edilmiştir. Bu yüksek dikarbonil

konsantrasyonlarının fermentasyon ve üretim sürecinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir [10]. Kırmızilahana salatadaki sirkenin MGO seviyesindeki artışa katkıda bulunmuş olabilir.

5.4. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Ette pişirme sırasında meydana gelen lipit oksidasyonunun besin kalitesini olumsuz yönde etkileyebilecek oksitlenmiş ürünler oluşturabileceği belirtilmiştir [227]. Oksidasyon reaksiyonlarının gelişimi pişirme yöntemine, sıcaklığına ve süresine bağlıdır [57]. Pişirme işlemi, hücre zarlarının bozulmasına neden olmakta, PUFA ve pro-oksidan bileşikler arasındaki reaksiyonu ve antioksidan enzim aktivitesinin kaybına yol açan protein denatürasyonunu indüklemektedir [56]. Dört farklı pişirme yönteminin (kavurma, ızgara, mikrodalga ve kızartma) ette lipit oksidasyonu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada uzun süre yüksek sıcaklık uygulanan kavurma yönteminde, diğer yöntemlere göre daha fazla lipit oksidasyonu oluşturduğu gösterilmiştir [228]. Başka bir çalışmada fırında pişirme, sous vide ve haşlama yöntemleri ile pişirilen tavşan etinde MDA konsantrasyonları karşılaştırılmış, fırında pişirmede 1 saat yüksek sıcaklık (180°C) uygulamasının, 100°C'de 20 dakika haşlama yöntemine göre yaklaşık iki kat daha fazla lipit oksidasyonu oluşturduğu bulunmuştur. Sous vide yönteminde ise MDA konsantrasyonu fırında pişirme yönteminden %16 daha düşük bulunmuştur [229]. Yine tavşan etinde sous vide ve ızgara yöntemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada sous vide yönteminde daha az MDA oluştuğu gösterilmiştir [56]. Broncano ve diğerlerinin [57] çalışmasında, domuz etinde kavurma, kızartma, mikrodalga ve ızgara pişirme yöntemlerinde MDA bakılmış, en yüksek oksidasyon düzeyinin sırasıyla kavrulmuş ve kızartılmış etlerde olduğu, bunu mikrodalga ve ızgara yöntemleri ile pişirilmiş etlerin izlediği gösterilmiştir. Kavurma yönteminde uzun süre (20 dakika) ısı uygulanması, ızgara yönteminde daha kısa sürede (4 dakika) daha yüksek bir sıcaklık (190 °C) kullanımının neden olduğu değişikliklere göre daha yüksek oksidasyon oluşturmuştur. Sonuç olarak, pişirme sırasındaki oksidasyon süreçlerinin, daha kısa süreden ve yüksek sıcaklıktan ziyade daha uzun süre ve daha düşük sıcaklıktan etkilendiği belirtilmiştir. Ayrıca kızartma yönteminde kızgın yağın besinin yüzeyi ile temas etmesiyle hem ette hem de yağda oksidasyon meydana gelmekte ve bu nedenle son ürünlerdeki oksidasyon düzeyi etkilenebilmektedir. Hur ve diğerleri [227], dört farklı pişirme yöntemi ile pişirilen köftelerde *in vitro* sindirim sonrası MDA değerlerini incelemiştir. Mikrodalga ve fırında pişirme sonrası *in vitro* sindirime tabi tutulan köftelerde MDA değerleri önemli ölçüde yüksek, elektrikli ızgara ve haşlanmış etlerde ise daha düşük bulunmuştur. Elektrikli

ızgara ve haşlama arasında fark bulunmamıştır. Bu çalışmada dana but etinde sindirim öncesi MDA seviyeleri yüksekte düşüğe göre haşlama>ızgara>az yağda kızartma>çok yağda kızartma olarak bulunmuştur. Sindirim sonrasında az yağda kızartma yöntemi ile pişirilen et en fazla artış (%2329,8) ile ilk sırada yer almış, haşlama yönteminde artışı ise %442,7 olarak bulunmuştur. Ayrıca sindirim sonrası az yağda kızartma yöntemi, çok yağda kızartma yönteminden yaklaşık 3,8 kat daha yüksek MDA seviyesi ile sonuçlanmıştır. Etler pişirilirken iç sıcaklığının 75 °C'ye ulaşması hedeflenmiş, çok yağda kızartma 10 dakikada pişerken, az yağda kızartma 16 dakikada pişmiştir. Burada MDA seviyesinin daha yüksek olması; daha uzun süre ısı uygulamasına, daha fazla yağ çekmesine bağlı olarak hem etin hem de yağın lipit oksidasyonu oluşturmaya bağlanabilir.

Gliksal ve MGO gibi α -dikarbonil bileşiklerinin oksidasyon yoluyla lipitlerden ve Maillard reaksiyonu yoluyla oluştuğu bilinmektedir [230]. Lipit oksidasyonu ve Maillard reaksiyonu birbirleriyle ilişkilidir ve lipit oksidasyon ürünleri Maillard yolunu etkileyebilmektedir. Oksidatif ürünlerin Amadori eklentilerinin yeniden düzenlenmesine katılarak AGE öncülleri oluşturduğu belirtilmiştir [158]. Pişirme yöntemleri ve ısı işlem lipit oksidasyonu ve Maillard reaksiyonu yoluyla AGE oluşumuna yol açmaktadır. İleri glikasyon son ürünlerinin oluşumunu etkileyen pişirme parametreleri; pişirme sıcaklığı, pişirme süresi, nem derecesi, pH, amin ve serbest karbonil grupları, metaller ve ayrıca antioksidanların varlığı olarak sıralanmaktadır [231]. Sığır, domuz, tavuk eti ve somon ile yapılan bir çalışmada fırında farklı sıcaklıklarda (177 °C, 204 °C, 232 °C) pişirmenin AGE oluşumuna etkisi değerlendirilmiştir. Tüm pişirme yöntemlerinde et örneklerinin dış tabakasında karboksimetil-lizin oluşumu sıcaklık artışına paralel olarak önemli ölçüde artmıştır [157]. Sun ve diğerleri [106], dana kıymasını yedi farklı pişirme sıcaklığında (65, 70, 75, 80, 85, 90 ve 100°C) suda haşlamış, artan sıcaklıkla kıymalardaki karboksimetil-lizin miktarının istikrarlı bir şekilde arttığını göstermiştir. Chao ve diğerlerinin [158] yaptığı çalışmada tavuk, domuz, dana eti ve somon kızartma, fırınlama ve haşlama yöntemleri ile pişirilmiştir. Tavuk, domuz ve dana etinde kızartma yönteminde, fırınlama ve haşlama yöntemine göre daha yüksek, somonda ise fırında pişirme yönteminde en yüksek karboksimetil-lizin oluşumu gösterilmiştir. Fırında pişirme yönteminde ısının doğrudan besine etki ettiği, kızartma yönteminde ise hem kızartma yağına hem de besine etki ederek Maillard reaksiyon ürünlerinin daha fazla oluşmasına neden olabileceği belirtilmiştir. Scheijen ve diğerleri [110] de benzer şekilde, kızartma yönteminde kızartma yağının da AGE oluşumundan sorumlu olduğunu belirtmiştir. Dana kıymada kızartma ve suda haşlama yöntemlerinin AGE

oluşumuna etkisinin incelendiği bir başka çalışmada da, benzer şekilde kızarmış etlerde haşlanmış ete göre iki kat daha yüksek karboksimetil-lizin oluşumu gösterilmiştir. Kızarmış etlerde yüksek karboksimetil-lizin içeriğinin, kızartma işlemi sırasında daha yüksek termal etki nedeniyle daha fazla lipit oksidasyonundan kaynaklandığı belirtilmiştir [232]. Ayrıca, yüksek sıcaklık ve düşük nem uygulamalarının, düşük sıcaklık veya yüksek nem koşullarında hazırlanan besinlerden daha fazla AGE içerdiği belirtilmiştir [84]. Bu çalışmada da, literatüre benzer şekilde sindirim sonrasında GO ve MGO seviyeleri haşlama yöntemi ile pişirilen dana etinde daha düşük bulunmuştur. Kızartma ve ızgara yöntemlerinde ise MGO seviyeleri kızartma yönteminde ızgara yöntemine göre daha yüksek, GO seviyesi ise sindirim sonrasında ızgara yönteminde az yağda kızartma yöntemine benzer ve çok yağda kızartma yönteminden yüksek bulunmuştur. Literatürdeki sonuçların doğrudan karşılaştırılması zordur. Çünkü et türleri, çeşitli hazırlama yöntemleri, süre ve sıcaklık gibi pişirme yöntemleri farklılık göstermektedir. Ayrıca bu çalışmada, diğer pişirme yöntemlerinde artış gözlemlenirken, çok yağda kızartma yönteminde MGO seviyesinin azaldığı bulunmuştur. Dikarbonillerin proteindeki amino asitleri veya yağdaki fosfolipitleri değiştirerek AGE'lerin oluşumuna ve buna eşlik eden dikarbonil konsantrasyonunda bir azalmaya neden olabileceği belirtilmiştir [10]. Bu çalışmada, MGO seviyesinin azalmasının nedeni olarak daha fazla AGE oluşumunu düşünülebilir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı et türleri ile birlikte verilen salata ve içeceklerin *in vitro* sindirim sonrası malondialdehit (MDA), glioksal (GO) ve metilglioksal (MGO) seviyelerine etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. Tüm et türlerinde *in vitro* sindirim sonrası MDA, GO ve MGO düzeyleri, sindirim öncesine göre daha yüksek bulunmuştur.
2. Dana kontrfiletinin *in vitro* sindirimi sonrası MDA seviyesi tüm salata ve içeceklerle birlikte verildiğinde anlamlı derecede azalmıştır. Sindirim sonrası MDA seviyesini en fazla düşürenler şalgam ve kırmızılahaana salatası olarak bulunmuştur. Üzüm suyu, hardaliye, nar suyu, portakal suyu ve kırmızı şarap sindirim sonrası GO seviyesini artırmıştır. Kola, şalgam ve Akdeniz salata dışındaki tüm içecekler ve salatalar sindirim sonrası MGO seviyesini artırmış, GO ve MGO seviyesini en fazla artıran içecek üzüm suyu olarak bulunmuştur.
3. Dana but etinin *in vitro* sindirimi sonrası MDA seviyesi içeceklerden ayran, hardaliye, kırmızı şarap, şalgam ve nar suyu; salatalardan ise kırmızılahaana salatası ve Akdeniz salata ile birlikte verildiğinde anlamlı derecede azalmış, bununla birlikte kola ve üzüm suyunun MDA seviyesini artırdığı bulunmuştur. Sindirim sonrası MDA seviyesini en fazla düşüren nar suyu olarak bulunmuştur. Üzüm suyu, hardaliye, portakal suyu, nar suyu ve kırmızı şarap sindirim sonrası GO seviyesini artırırken; dana but, tüm salatalar ile birlikte verildiğinde GO seviyesi azalmıştır. Kola, şalgam, hardaliye ve Akdeniz salata dışındaki tüm içecekler ve salatalar dana but etinde sindirim sonrası MGO seviyesini artırmıştır. Dana but etinde üzüm suyu GO seviyesini, portakal suyu ise MGO seviyesini en fazla artıran içecek olarak bulunmuştur.
4. Tavuk göğüs etinin *in vitro* sindirimi sonrası MDA seviyesini portakal suyu artırmış, onun dışındaki tüm salata ve içecekler azaltmıştır. Sindirim sonrası MDA seviyesini en fazla düşürenler şalgam, nar suyu ve kırmızı şarap olarak bulunmuştur. Üzüm suyu, hardaliye, nar suyu, portakal suyu ve kırmızı şarabın GO seviyesini artırdığı; ayran ve tüm salataların ise azalttığı bulunmuştur. Üzüm suyu, portakal suyu, ayran, kırmızı şarap, nar suyu, hardaliye ve çoban salata tavuk göğüs etinde sindirim sonrası MGO seviyesini artırmış, kola ve şalgam ise düşürmüştür.
5. Tavuk derili but etinin *in vitro* sindirimi sonrası MDA seviyesi portakal suyu ve çoban salata dışında tüm salata ve içeceklerle birlikte verildiğinde anlamlı derecede azalmıştır.

- Portakal suyu, MDA seviyesini anlamlı derecede değiştirmezen; oban salata artırmıştır. Akdeniz salata, ayran ve kırmızılahana salatasının tavuk derili but etinde sindirim sonrası GO seviyesini dūřürdüęü; üzümlu suyu, hardaliye, nar suyu, portakal suyu ve kırmızı şarabın ise artırdığı ve en fazla artıran ieeğin üzümlu suyu olduğu saptanmıştır. Portakal suyu, üzümlu suyu, hardaliye, kırmızı şarap, oban salata, nar suyu ve kırmızılahana salata tavuk derili but etinde sindirim sonrası MGO seviyesini artırmış, ayran ise azaltmıştır.
6. Hindi göğüs etinin *in vitro* sindirimi sonrası MDA seviyesi; içeceklerden kırmızı şarap, ayran, üzümlu suyu, nar suyu ve şalgam ile salatalardan ise sadece kırmızılahana salatası ile birlikte verildiğinde anlamlı derecede azalmıştır. oban salata, portakal suyu ve kolanın MDA seviyesini artırdığı bulunmuştur. Nar suyu ve şalgam MDA seviyesini en fazla dūřüren içecekler olarak bulunmuştur. Ayran ve tüm salataların sindirim sonrası GO seviyesini azalttığı, üzümlu suyu, hardaliye, kırmızı şarap, nar suyu ve portakal suyunun ise artırdığı bulunmuş ve en fazla artıran ieeğin üzümlu suyu olduğu saptanmıştır. Portakal suyu, üzümlu suyu, hardaliye, kırmızı şarap, oban salata ve nar suyu sindirim sonrası MGO seviyesini artırmış, şalgam ise azaltmıştır.
7. Levreęin *in vitro* sindirimi sonrası MDA seviyesi; kola dışında tüm içeceklerle ve salatalarla birlikte verildiğinde anlamlı derecede azalmıştır. Sindirim sonrası MDA seviyesini en fazla dūřürenler ayran, üzümlu suyu, nar suyu ve kırmızılahana salatası olarak bulunmuştur. Kırmızı şarap ve portakal suyunun sindirim sonrası GO seviyesini anlamlı derecede etkilemediği; üzümlu suyu, hardaliye ve nar suyunun artırdığı saptanmıştır. Bununla birlikte içeceklerden ayran, şalgam, kola ile tüm salatalar GO seviyesini dūřürmüřtür. Üzümlu suyu, kırmızı şarap, ayran, hardaliye, portakal suyu ve oban salata sindirim sonrası MGO seviyesini artırmış, kırmızılahana salatası ise dūřürmüřtür.
8. Dana but etinde pişirme yöntemlerine göre sindirim öncesi MDA seviyeleri yüksekte dūřüęe göre haşlama>ızgara>az yağda kızartma>ok yağda kızartma olarak bulunmuştur. Sindirim sonrasında ise az yağda kızartma>haşlama>ızgara=ok yağda kızartma olarak bulunmuştur.
9. Dana but etinde sindirim öncesi GO seviyeleri pişirme yöntemlerine göre yüksekte dūřüęe göre haşlama>ızgara>ok yağda kızartma>az yağda kızartma olarak bulunmuştur. Sindirim sonrasında ise ızgara=az yağda kızartma>ok yağda kızartma>haşlama olarak bulunmuştur.
10. Dana but etinde sindirim öncesi MGO seviyeleri piřirme yöntemlerine göre yüksekte dūřüęe göre çok yaęda kızartma>az yaęda kızartma=ızgara>hařlama olarak

bulunmuştur. Sindirim sonrasında ise çok yağda kızartma>az yağda kızartma>ızgara>haşlama olarak bulunmuştur.

Bu sonuçlar doğrultusunda;

Farklı et türleri ile tüketilen salata ve içeceklerin gastrointestinal sistemde MDA, GO ve MGO seviyeleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bu etkiler farklı etler ile içecekler ve salatalar eşleştirildiğinde bazılarında artış, bazılarında azalış göstermiş, bazılarında ise farklılığa neden olmamıştır. Örneğin portakal suyu, dana kontrfile ve levrek dışında MDA seviyelerini artırmış, tüm et türlerinde de GO ve MGO seviyelerini artırmıştır. Üzüm suyu da, genellikle MDA seviyelerini düşürse de, tüm et türlerinde GO ve MGO seviyelerini artırmıştır. Beslenme önerileri verilirken bu meyve sularının et yemeklerinin yanında tüketiminin olumsuz etkileri olabileceği düşünülmelidir.

Malondialdehit seviyelerinin azaltılmasında portakal suyu, kola ve çoban salata dışında kalan içecekler ve salatalar etkili bulunmuştur. Ancak şalgam, ayran ve tüm salata türleri dışında kalanlar GO ve MGO seviyesini artırmıştır. Bu bağlamda, beslenme önerileri yapılırken olumlu–olumsuz etki dengesi gözetilerek önerilerde bulunulabilir. Örneğin kırmızı şarap, hardaliye ve nar suyu MDA seviyelerini düşürmede etkinken, GO ve MGO seviyelerinin artışına neden olmuştur. Bununla birlikte hem MDA hem de GO ve MGO açısından en iyi sonuç Akdeniz salata, kırmızılaha salata, şalgam ve ayran gözlenmiştir. Sağlıklı beslenme önerileri yapılırken bu besinlerin et yemeklerinin yanında tüketimi önerilebilir. Öğün örüntülerinin güçlendirilmesinde salataların et yemeklerinin yanına eklenmesi glikasyon ve lipid oksidasyonu açısından olumlu etkiler gösterebilir.

Sebze ve meyvelerdeki çeşitli fenolik bileşiklerin lipid oksidasyonu ve AGE oluşumunu inhibe etme yeteneği olduğu gösterilmiştir. Etlerin marine edilmesi ile hem asidik marinatların AGE oluşumunu azaltması hem de marinatlarda kullanılan sebze ve meyvelerin polifenol içeriği ile antioksidan özellikleriyle lipid oksidasyonunun inhibe edilmesi sağlanabilir. Et sindirilmeden ya da pişirmeden önce sebzeler, meyveler ve meyve suları ile marine edilerek lipid oksidasyonu ve AGE oluşumu önlenerek ya da en aza indirilerek besinlerle alımı sınırlandırılabilir; böylece sağlığın korunumu desteklenebilir.

Bu çalışmada, sınırlı sayıda et tr ile salata ve içecekler çalışılmıştır. Lipit oksidasyonunda salata ve içeceklerin etkili olduğu açıktır. Sağlıklı beslenme nerileri vermek ve daha sağlıklı diyet rntleri oluşturabilmek için, lipit oksidasyonunda etkili olabilecek olası diğer besinlerin ve içeceklerin daha kapsamlı olarak *in vivo* alışmalarla incelenmesi nerilmektedir.



KAYNAKLAR

1. Bohrer, B. M. (2017). Nutrient density and nutritional value of meat products and non-meat foods high in protein. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 103-112.
2. Falowo, A. B., Fayemi, P. O., and Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171-181.
3. Van Hecke, T., Wouters, A., Rombouts, C., Izzati, T., Berardo, A., Vossen, E., Claeys, E., Van Camp, J., Raes, K., and Vanhaecke, L. (2016). Reducing compounds equivocally influence oxidation during digestion of a high-fat beef product, which promotes cytotoxicity in colorectal carcinoma cell lines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(7), 1600-1609.
4. Papastergiadis, A., Mubiru, E., Van Langenhove, H., and De Meulenaer, B. (2012). Malondialdehyde measurement in oxidized foods: evaluation of the spectrophotometric thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) test in various foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(38), 9589-9594.
5. Kanner, J., Gorelik, S., Roman, S., and Kohen, R. (2012). Protection by polyphenols of postprandial human plasma and low-density lipoprotein modification: the stomach as a bioreactor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(36), 8790-8796.
6. Van Hecke, T., Van Camp, J., and De Smet, S. (2017). Oxidation during digestion of meat: interactions with the diet and helicobacter pylori gastritis, and implications on human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 214-233.
7. Huang, X., and Ahn, D. U. (2019). Lipid oxidation and its implications to meat quality and human health. *Food Science and Biotechnology*, 28(5), 1275-1285.
8. Macho-González, A., Garcimartín, A., López-Oliva, M. E., Bastida, S., Benedí, J., Ros, G., Nieto, G., and Sánchez-Muniz, F. J. (2020). Can meat and meat-products induce oxidative stress? *Antioxidants*, 9(7), 638.
9. Yusufoglu, B., Yaman, M., and Karakuş, E. (2020). Determination of the most potent precursors of advanced glycation end products in some high-sugar containing traditional foods using high-performance liquid chromatography. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(9), e14708.
10. Maasen, K., Scheijen, J. L., Opperhuizen, A., Stehouwer, C. D., Van Greevenbroek, M. M., and Schalkwijk, C. G. (2021). Quantification of dicarbonyl compounds in commonly consumed foods and drinks; presentation of a food composition database for dicarbonyls. *Food Chemistry*, 339, 128063.
11. Aune, D., Ursin, G., and Veierød, M. (2009). Meat consumption and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Diabetologia*, 52(11), 2277-2287.

12. Cross, A. J., Leitzmann, M. F., Gail, M. H., Hollenbeck, A. R., Schatzkin, A., and Sinha, R. (2007). A prospective study of red and processed meat intake in relation to cancer risk. *PLoS Medicine*, 4(12), e325.
13. Micha, R., Wallace, S. K., and Mozaffarian, D. (2011). Response to letter regarding article, "Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis". *Circulation*, 123(3), e17-e17.
14. Sofi, F. (2009). The Mediterranean diet revisited: evidence of its effectiveness grows. *Current Opinion in Cardiology*, 24(5), 442-446.
15. Gorelik, S., Ligumsky, M., Kohen, R., and Kanner, J. (2008a). A novel function of red wine polyphenols in humans: prevention of absorption of cytotoxic lipid peroxidation products. *The FASEB Journal*, 22(1), 41-46.
16. Van Hecke, T., Vossen, E., Bussche, J. V., Raes, K., Vanhaecke, L., and De Smet, S. (2014). Fat content and nitrite-curing influence the formation of oxidation products and NOC-specific DNA adducts during in vitro digestion of meat. *PLoS One*, 9(6), e101122.
17. Li, Z., Henning, S. M., Zhang, Y., Zerlin, A., Li, L., Gao, K., Lee, R.-P., Karp, H., Thames, G., and Bowerman, S. (2010). Antioxidant-rich spice added to hamburger meat during cooking results in reduced meat, plasma, and urine malondialdehyde concentrations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(5), 1180-1184.
18. Kanner, J. (2007). Dietary advanced lipid oxidation endproducts are risk factors to human health. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51(9), 1094-1101.
19. Martini, S., Cavalchi, M., Conte, A., and Tagliazucchi, D. (2018). The paradoxical effect of extra-virgin olive oil on oxidative phenomena during in vitro co-digestion with meat. *Food Research International*, 109, 82-90.
20. Pereira, P. M. d. C. C., and Vicente, A. F. d. R. B. (2013). Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93(3), 586-592.
21. Scollan, N. D., Price, E. M., Morgan, S. A., Huws, S. A., and Shingfield, K. J. (2017). Can we improve the nutritional quality of meat? *Proceedings of the Nutrition Society*, 76(4), 603-618.
22. Amaral, A. B., Silva, M. V. d., and Lannes, S. C. d. S. (2018). Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors—a review. *Food Science and Technology*, 38, 1-15.
23. Guyon, C., Meynier, A., and de Lamballerie, M. (2016). Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high-pressure treatments. *Trends in Food Science & Technology*, 50, 131-143.
24. İnternet: TURKOMP. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. Web: <http://turkomp.gov.tr/main> Son Erişim Tarihi: 26.05.2021

25. Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S., and Lorenzo, J. M. (2014). Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 97(2), 223-230.
26. Králová, M. (2015). The effect of lipid oxidation on the quality of meat and meat products. *Maso International – Journal of Food Science and Technology*, 2, 125-132.
27. Barriuso, B., Astiasarán, I., and Ansorena, D. (2013). A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task. *European Food Research and Technology*, 236(1), 1-15.
28. Barden, L., and Decker, E. A. (2016). Lipid oxidation in low-moisture food: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(15), 2467-2482.
29. Min, B., and Ahn, D. (2005). Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products-A review. *Food Science and Biotechnology*, 14(1), 152-163.
30. Ayala, A., Muñoz, M. F., and Argüelles, S. (2014). Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2014.
31. Tsikas, D. (2017). Assessment of lipid peroxidation by measuring malondialdehyde (MDA) and relatives in biological samples: Analytical and biological challenges. *Analytical Biochemistry*, 524, 13-30.
32. Reitznerová, A., Šuleková, M., Nagy, J., Marcinčák, S., Semjon, B., Čertík, M., and Klemková, T. (2017). Lipid peroxidation process in meat and meat products: a comparison study of malondialdehyde determination between modified 2-Thiobarbituric acid spectrophotometric method and reverse-phase high-performance liquid chromatography. *Molecules*, 22(11), 1988.
33. Vandemoortele, A., Babat, P., Yakubu, M., and De Meulenaer, B. (2017). Reactivity of free malondialdehyde during in vitro simulated gastrointestinal digestion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(10), 2198-2204.
34. Barrera, G., Pizzimenti, S., Daga, M., Dianzani, C., Arcaro, A., Cetrangolo, G. P., Giordano, G., Cucci, M. A., Graf, M., and Gentile, F. (2018). Lipid peroxidation-derived aldehydes, 4-hydroxynonenal and malondialdehyde in aging-related disorders. *Antioxidants*, 7(8), 102.
35. Csala, M., Kardon, T., Legeza, B., Lizák, B., Mandl, J., Margittai, É., Puskás, F., Száraz, P., Szelényi, P., and Bánhegyi, G. (2015). On the role of 4-hydroxynonenal in health and disease. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1852(5), 826-838.
36. Angeli, J. P. F., Garcia, C. C. M., Sena, F., Freitas, F. P., Miyamoto, S., Medeiros, M. H. G., and Di Mascio, P. (2011). Lipid hydroperoxide-induced and hemoglobin-enhanced oxidative damage to colon cancer cells. *Free Radical Biology and Medicine*, 51(2), 503-515.

37. Van Hecke, T., Ho, P., Goethals, S., and De Smet, S. (2017). The potential of herbs and spices to reduce lipid oxidation during heating and gastrointestinal digestion of a beef product. *Food Research International*, 102, 785-792.
38. Steppeler, C., Haugen, J.-E., Rødbotten, R., and Kirkhus, B. (2016). Formation of malondialdehyde, 4-hydroxynonenal, and 4-hydroxyhexenal during in vitro digestion of cooked beef, pork, chicken, and salmon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(2), 487-496.
39. Min, B., Nam, K., Cordray, J., and Ahn, D. (2008). Endogenous factors affecting oxidative stability of beef loin, pork loin, and chicken breast and thigh meats. *Journal of Food Science*, 73(6), C439-C446.
40. Orkusz, A., Haraf, G., Okruszek, A., and Wereńska-Sudnik, M. (2017). Lipid oxidation and color changes of goose meat stored under vacuum and modified atmosphere conditions. *Poultry Science*, 96(3), 731-737.
41. Gheisari, H. R., Møller, J. K., Adamsen, C. E., and Skibsted, L. H. (2010). Sodium chloride or heme protein induced lipid oxidation in raw, minced chicken meat and beef. *Czech Journal of Food Sciences*, 28(5), 364-375.
42. Sakai, T., Shimizu, Y., and Kawahara, S. (2006). Effect of NaCl on the lipid peroxidation-derived aldehyde, 4-hydroxy-2-nonenal, formation in boiled pork. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 70(4), 815-820.
43. Van Hecke, T., Jakobsen, L. M., Vossen, E., Guéraud, F., De Vos, F., Pierre, F., Bertram, H. C., and De Smet, S. (2016). Short-term beef consumption promotes systemic oxidative stress, TMAO formation and inflammation in rats, and dietary fat content modulates these effects. *Food & Function*, 7(9), 3760-3771.
44. Min, B., Cordray, J. C., and Ahn, D. U. (2010). Effect of NaCl, myoglobin, Fe (II), and Fe (III) on lipid oxidation of raw and cooked chicken breast and beef loin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 600-605.
45. Soyer, A., Özalp, B., Dalmış, Ü., and Bilgin, V. (2010). Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. *Food Chemistry*, 120(4), 1025-1030.
46. Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., and Suman, S. P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86(1), 86-94.
47. Wang, Z., He, Z., Zhang, D., Li, H., and Wang, Z. (2020). Using oxidation kinetic models to predict the quality indices of rabbit meat under different storage temperatures. *Meat Science*, 162, 108042.
48. Coombs, C. E., Holman, B. W., Ponnampalam, E. N., Morris, S., Friend, M. A., and Hopkins, D. L. (2018). Effects of chilled and frozen storage conditions on the lamb M. longissimus lumborum fatty acid and lipid oxidation parameters. *Meat Science*, 136, 116-122.

49. Muela, E., Monge, P., Sañudo, C., Campo, M., and Beltrán, J. (2015). Meat quality of lamb frozen stored up to 21 months: Instrumental analyses on thawed meat during display. *Meat Science*, 102, 35-40.
50. McMillin, K. W. (2017). Advancements in meat packaging. *Meat Science*, 132, 153-162.
51. Mariutti, L. R., and Bragagnolo, N. (2017). Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. *Food Research International*, 94, 90-100.
52. Gheisari, H. R., and Motamedi, H. (2010). Chloride salt type/ionic strength and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in cattle, camel and chicken meat. *Meat Science*, 86(2), 377-383.
53. Jin, G., He, L., Zhang, J., Yu, X., Wang, J., and Huang, F. (2012). Effects of temperature and NaCl percentage on lipid oxidation in pork muscle and exploration of the controlling method using response surface methodology (RSM). *Food Chemistry*, 131(3), 817-825.
54. Kong, F., Oliveira, A., Tang, J., Rasco, B., and Crapo, C. (2008). Salt effect on heat-induced physical and chemical changes of salmon fillet (*O. gorbuscha*). *Food Chemistry*, 106(3), 957-966.
55. Vara-Ubol, S., and Bowers, J. (2001). Effect of α -tocopherol, β -carotene, and sodium tripolyphosphate on lipid oxidation of refrigerated, cooked ground turkey and ground pork. *Journal of Food Science*, 66(5), 662-667.
56. Ortuño, J., Mateo, L., Rodríguez-Estrada, M., and Bañón, S. (2021). Effects of sous vide vs grilling methods on lamb meat colour and lipid stability during cooking and heated display. *Meat Science*, 171, 108287.
57. Broncano, J., Petrón, M., Parra, V., and Timón, M. (2009). Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in Latissimus dorsi muscle of Iberian pigs. *Meat Science*, 83(3), 431-437.
58. Ahmad, S., Gokulakrishnan, P., Giriprasad, R., and Yatoo, M. (2015). Fruit-based natural antioxidants in meat and meat products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(11), 1503-1513.
59. Manassis, G., Kalogianni, A. I., Lazou, T., Moschovas, M., Bossis, I., and Gelasakis, A. I. (2020). Plant-derived natural antioxidants in meat and meat products. *Antioxidants*, 9(12), 1215.
60. Shah, M. A., Bosco, S. J. D., and Mir, S. A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science*, 98(1), 21-33.
61. Shahidi, F., and Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897.

62. Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., Bertolini, D., and Conte, A. (2010). In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chemistry*, 120(2), 599-606.
63. Turgut, S. S., Soyer, A., and Işıkcı, F. (2016). Effect of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during refrigerated storage. *Meat Science*, 116, 126-132.
64. Jauhar, S., Ismail-Fitry, M. R., Chong, G. H., Nor-Khaizura, M. A. R., and Ibadullah, W. Z. W. (2018). Polyphenol compounds from Pomegranate (*Punica Granatum*) extracted via various methods and its application on meat and meat products: a review. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 12, 1-12.
65. Naga, A.-E., Shaltout, O., El-Difrawy, E., and El-Yazeed, A. (2018). The effect of pomegranate and red grapes fruits by-products as antioxidants on storage stability and quality of chicken thigh mince. *Journal of the Advances in Agricultural Researches*, 23(1), 68-89.
66. Rosenblat, M., Volkova, N., Attias, J., Mahamid, R., and Aviram, M. (2010). Consumption of polyphenolic-rich beverages (mostly pomegranate and black currant juices) by healthy subjects for a short term increased serum antioxidant status, and the serum's ability to attenuate macrophage cholesterol accumulation. *Food & Function*, 1(1), 99-109.
67. Blackhurst, D., Pietersen, R., Orsquo, F., and Marais, A. (2011). Marinating beef with South African red wine may protect against lipid peroxidation during cooking. *African Journal of Food Science*, 5(12), 650-656.
68. Miglio, C., Peluso, I., Raguzzini, A., Villano, D. V., Cesqui, E., Catasta, G., Toti, E., and Serafini, M. (2014). Fruit juice drinks prevent endogenous antioxidant response to high-fat meal ingestion. *British Journal of Nutrition*, 111(2), 294-300.
69. Lamothe, S., Guérette, C., Dion, F., Sabik, H., and Britten, M. (2019). Antioxidant activity of milk and polyphenol-rich beverages during simulated gastrointestinal digestion of linseed oil emulsions. *Food Research International*, 122, 149-156.
70. Kristinova, V., Storror, I., and Rustad, T. (2013). Influence of human gastric juice on oxidation of marine lipids—in vitro study. *Food Chemistry*, 141(4), 3859-3871.
71. Nieva-Echevarría, B., Goicoechea, E., and Guillén, M. D. (2020). Food lipid oxidation under gastrointestinal digestion conditions: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(3), 461-478.
72. Kanner, J., Selhub, J., Shpaizer, A., Rabkin, B., Shacham, I., and Tirosh, O. (2017). Redox homeostasis in stomach medium by foods: The Postprandial Oxidative Stress Index (POSI) for balancing nutrition and human health. *Redox Biology*, 12, 929-936.
73. Larsson, K., Harrysson, H., Havenaar, R., Alminger, M., and Undeland, I. (2016). Formation of malondialdehyde (MDA), 4-hydroxy-2-hexenal (HHE) and 4-hydroxy-2-nonenal (HNE) in fish and fish oil during dynamic gastrointestinal in vitro digestion. *Food & Function*, 7(2), 1176-1187.

74. Vieira, S. A., Zhang, G., and Decker, E. A. (2017). Biological implications of lipid oxidation products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(3), 339-351.
75. McClements, D. J., Decker, E. A., and Park, Y. (2008). Controlling lipid bioavailability through physicochemical and structural approaches. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(1), 48-67.
76. Kanner, J., and Lapidot, T. (2001). The stomach as a bioreactor: dietary lipid peroxidation in the gastric fluid and the effects of plant-derived antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine*, 31(11), 1388-1395.
77. Gobert, M., Rémond, D., Loonis, M., Buffière, C., Sante-Lhoutellier, V., and Dufour, C. (2014). Fruits, vegetables and their polyphenols protect dietary lipids from oxidation during gastric digestion. *Food & Function*, 5(9), 2166-2174.
78. Lorrain, B., Dangles, O., Genot, C., and Dufour, C. (2010). Chemical modeling of heme-induced lipid oxidation in gastric conditions and inhibition by dietary polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 676-683.
79. Singh, R., Barden, A., Mori, T., and Beilin, L. (2001). Advanced glycation end-products: a review. *Diabetologia*, 44(2), 129-146.
80. Snelson, M., and Coughlan, M. T. (2019). Dietary advanced glycation end products: Digestion, metabolism and modulation of gut microbial ecology. *Nutrients*, 11(2), 215.
81. Poulsen, M. W., Hedegaard, R. V., Andersen, J. M., de Courten, B., Bügel, S., Nielsen, J., Skibsted, L. H., and Dragsted, L. O. (2013). Advanced glycation endproducts in food and their effects on health. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 10-37.
82. Zhang, Q., Wang, Y., and Fu, L. (2020). Dietary advanced glycation end-products: Perspectives linking food processing with health implications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(5), 2559-2587.
83. Rhee, S. Y., and Kim, Y. S. (2018). The role of advanced glycation end products in diabetic vascular complications. *Diabetes & Metabolism Journal*, 42(3), 188.
84. Uribarri, J., Stirban, A., Sander, D., Cai, W., Negrean, M., Buenting, C. E., Koschinsky, T., and Vlassara, H. (2007). Single oral challenge by advanced glycation end products acutely impairs endothelial function in diabetic and nondiabetic subjects. *Diabetes Care*, 30(10), 2579-2582.
85. Luevano-Contreras, C., and Chapman-Novakofski, K. (2010). Dietary advanced glycation end products and aging. *Nutrients*, 2(12), 1247-1265.
86. Delgado-Andrade, C. (2016). Carboxymethyl-lysine: thirty years of investigation in the field of AGE formation. *Food & Function*, 7(1), 46-57.
87. Nguyen, H. T., Van der Fels-Klerx, H., and Van Boekel, M. (2014). N ϵ -(carboxymethyl) lysine: A review on analytical methods, formation, and occurrence in processed food, and health impact. *Food Reviews International*, 30(1), 36-52.

88. Hull, G. L., Woodside, J. V., Ames, J. M., and Cuskelly, G. J. (2012). Nε-(carboxymethyl) lysine content of foods commonly consumed in a Western style diet. *Food Chemistry*, 131(1), 170-174.
89. Ames, J. M. (2008). Determination of Nε-(Carboxymethyl) lysine in foods and related systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1126(1), 20-24.
90. Wang, Y., and Ho, C.-T. (2012). Flavour chemistry of methylglyoxal and glyoxal. *Chemical Society Reviews*, 41(11), 4140-4149.
91. Vistoli, G., De Maddis, D., Cipak, A., Zarkovic, N., Carini, M., and Aldini, G. (2013). Advanced glycoxidation and lipoxidation end products (AGEs and ALEs): an overview of their mechanisms of formation. *Free Radical Research*, 47(sup1), 3-27.
92. Zheng, J., Guo, H., Ou, J., Liu, P., Huang, C., Wang, M., Simal-Gandara, J., Battino, M., Jafari, S. M., and Zou, L. (2020). Benefits, deleterious effects and mitigation of methylglyoxal in foods: A critical review. *Trends in Food Science & Technology*.
93. Matafome, P., Sena, C., and Seica, R. (2013). Methylglyoxal, obesity, and diabetes. *Endocrine*, 43(3), 472-484.
94. Wang, W., Yagiz, Y., Buran, T. J., do Nascimento Nunes, C., and Gu, L. (2011). Phytochemicals from berries and grapes inhibited the formation of advanced glycation end-products by scavenging reactive carbonyls. *Food Research International*, 44(9), 2666-2673.
95. Degen, J., Hellwig, M., and Henle, T. (2012). 1, 2-Dicarbonyl compounds in commonly consumed foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(28), 7071-7079.
96. Ye, H., Miao, Y., Zhao, C., and Yuan, Y. (2011). Acrylamide and methylglyoxal formation in potato chips by microwaving and frying heating. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(9), 1921-1926.
97. Harsha, P. S. S., and Lavelli, V. (2019). Use of grape pomace phenolics to counteract endogenous and exogenous formation of advanced glycation end-products. *Nutrients*, 11(8).
98. Kellow, N. J., and Savage, G. S. (2013). Dietary advanced glycation end-product restriction for the attenuation of insulin resistance, oxidative stress and endothelial dysfunction: a systematic review. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(3), 239-248.
99. Luévano-Contreras, C., Gómez-Ojeda, A., Macías-Cervantes, M. H., and Garay-Sevilla, M. E. (2017). Dietary advanced glycation end products and cardiometabolic risk. *Current Diabetes Reports*, 17(8), 1-11.
100. Nowotny, K., Schröter, D., Schreiner, M., and Grune, T. (2018). Dietary advanced glycation end products and their relevance for human health. *Ageing Research Reviews*, 47, 55-66.

101. Clarke, R. E., Dordevic, A. L., Tan, S. M., Ryan, L., and Coughlan, M. T. (2016). Dietary advanced glycation end products and risk factors for chronic disease: a systematic review of randomised controlled trials. *Nutrients*, 8(3), 125.
102. Uribarri, J., Woodruff, S., Goodman, S., Cai, W., Chen, X., Pyzik, R., Yong, A., Striker, G. E., and Vlassara, H. (2010). Advanced glycation end products in foods and a practical guide to their reduction in the diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(6), 911-916. e912.
103. Baye, E., Kiriakova, V., Uribarri, J., Moran, L. J., and De Courten, B. (2017). Consumption of diets with low advanced glycation end products improves cardiometabolic parameters: meta-analysis of randomised controlled trials. *Scientific reports*, 7(1), 1-9.
104. Nowotny, K., Jung, T., Grune, T., and Höhn, A. (2014). Reprint of “Accumulation of modified proteins and aggregate formation in aging”. *Experimental Gerontology*, 59, 3-12.
105. Sharma, C., Kaur, A., Thind, S., Singh, B., and Raina, S. (2015). Advanced glycation end-products (AGEs): an emerging concern for processed food industries. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7561-7576.
106. Sun, X., Tang, J., Wang, J., Rasco, B. A., Lai, K., and Huang, Y. (2015). Formation of advanced glycation endproducts in ground beef under pasteurisation conditions. *Food Chemistry*, 172, 802-807.
107. Yamagishi, S.-i., and Matsui, T. (2016). Pathologic role of dietary advanced glycation end products in cardiometabolic disorders, and therapeutic intervention. *Nutrition*, 32(2), 157-165.
108. Goldberg, T., Cai, W., Peppas, M., Dardaine, V., Baliga, B. S., Uribarri, J., and Vlassara, H. (2004). Advanced glycoxidation end products in commonly consumed foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 104(8), 1287-1291.
109. Cömert, E. D., ve Gökmen, V. (2020). Effects of different cooking methods on methylglyoxal scavenging potential of meat under simulated gastrointestinal conditions. *LWT Food Science and Technology*, 132, 109833.
110. Scheijen, J. L., Clevers, E., Engelen, L., Dagnelie, P. C., Brouns, F., Stehouwer, C. D., and Schalkwijk, C. G. (2016). Analysis of advanced glycation endproducts in selected food items by ultra-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry: Presentation of a dietary AGE database. *Food Chemistry*, 190, 1145-1150.
111. Bhuiyan, M. N. I., Mitsuhashi, S., Sigetomi, K., and Ubukata, M. (2017). Quercetin inhibits advanced glycation end product formation via chelating metal ions, trapping methylglyoxal, and trapping reactive oxygen species. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 81(5), 882-890.
112. Anwar, S., Khan, S., Almatroudi, A., Khan, A. A., Alsahli, M. A., Almatroodi, S. A., and Rahmani, A. H. (2021). A review on mechanism of inhibition of advanced glycation end products formation by plant derived polyphenolic compounds. *Molecular Biology Reports*, 1-19.

113. Zhou, Q., Cheng, K.-W., Xiao, J., and Wang, M. (2020). The multifunctional roles of flavonoids against the formation of advanced glycation end products (AGEs) and AGEs-induced harmful effects. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 333-347
114. Khan, M., Liu, H., Wang, J., and Sun, B. (2020). Inhibitory effect of phenolic compounds and plant extracts on the formation of advance glycation end products: A comprehensive review. *Food Research International*, 130, 108933.
115. Mesías, M., Navarro, M., Gökmen, V., and Morales, F. J. (2013). Antiglycative effect of fruit and vegetable seed extracts: inhibition of AGE formation and carbonyl-trapping abilities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(8), 2037-2044.
116. Palimeri, S., Palioura, E., and Diamanti-Kandarakis, E. (2015). Current perspectives on the health risks associated with the consumption of advanced glycation end products: recommendations for dietary management. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets And Therapy*, 8, 415.
117. Nie, C., Li, Y., Qian, H., Ying, H., and Wang, L. (2020). Advanced glycation end products in food and their effects on intestinal tract. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-13.
118. Zhao, D., Li, L., Le, T. T., Larsen, L. B., Su, G., Liang, Y., and Li, B. (2017). Digestibility of glyoxal-glycated β -casein and β -lactoglobulin and distribution of peptide-bound advanced glycation end products in gastrointestinal digests. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(28), 5778-5788.
119. Liang, Z., Chen, X., Li, L., Li, B., and Yang, Z. (2020). The fate of dietary advanced glycation end products in the body: From oral intake to excretion. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(20), 3475-3491.
120. Hellwig, M., Gensberger-Reigl, S., Henle, T., and Pischetsrieder, M. (2018). Food-derived 1, 2-dicarbonyl compounds and their role in diseases. *Seminars in Cancer Biology*, 49, 1-8.
121. van der Lugt, T., Venema, K., van Leeuwen, S., Vrolijk, M. F., Opperhuizen, A., and Bast, A. (2020). Gastrointestinal digestion of dietary advanced glycation endproducts using an in vitro model of the gastrointestinal tract (TIM-1). *Food & Function*, 11(7), 6297-6307.
122. Bohn, T., Carriere, F., Day, L., Deglaire, A., Egger, L., Freitas, D., Golding, M., Le Feunteun, S., Macierzanka, A., and Ménard, O. (2018). Correlation between in vitro and in vivo data on food digestion. What can we predict with static in vitro digestion models? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(13), 2239-2261.
123. Li, C., Yu, W., Wu, P., and Chen, X. D. (2020). Current in vitro digestion systems for understanding food digestion in human upper gastrointestinal tract. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 114-126.
124. Brodkorb, A., Egger, L., Alminger, M., Alvito, P., Assunção, R., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu-Lacanal, C., Boutrou, R., and Carrière, F. (2019). INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. *Nature Protocols*, 14(4), 991-1014.

125. Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Pérez-Alvarez, J. A., and Fernández-López, J. (2018). In vitro digestion models suitable for foods: Opportunities for new fields of application and challenges. *Food Research International*, 107, 423-436.
126. Minekus, M., Alming, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carriere, F., Boutrou, R., Corredig, M., and Dupont, D. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food—an international consensus. *Food & Function*, 5(6), 1113-1124.
127. Hur, S. J., Lim, B. O., Decker, E. A., and McClements, D. J. (2011). In vitro human digestion models for food applications. *Food Chemistry*, 125(1), 1-12.
128. Humphrey, S. P., and Williamson, R. T. (2001). A review of saliva: normal composition, flow, and function. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 85(2), 162-169.
129. Lee, S.-J., Lee, S. Y., Chung, M.-S., and Hur, S. J. (2016). Development of novel in vitro human digestion systems for screening the bioavailability and digestibility of foods. *Journal of Functional Foods*, 22, 113-121.
130. Brandon, E. F., Oomen, A. G., Rompelberg, C. J., Versantvoort, C. H., van Engelen, J. G., and Sips, A. J. (2006). Consumer product in vitro digestion model: bioaccessibility of contaminants and its application in risk assessment. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 44(2), 161-171.
131. Zeb, A., and Ullah, F. (2016). A simple spectrophotometric method for the determination of thiobarbituric acid reactive substances in fried fast foods. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2016.
132. Ganhão, R., Estévez, M., and Morcuende, D. (2011). Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials. *Food Chemistry*, 126(2), 772-778.
133. Tsai, M.-C., and Huang, T.-L. (2015). Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) is a state biomarker of oxidative stress in bipolar patients in a manic phase. *Journal of Affective Disorders*, 173, 22-26.
134. Seljeskog, E., Hervig, T., and Mansoor, M. A. (2006). A novel HPLC method for the measurement of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). A comparison with a commercially available kit. *Clinical Biochemistry*, 39(9), 947-954.
135. Mendes, R., Cardoso, C., and Pestana, C. (2009). Measurement of malondialdehyde in fish: A comparison study between HPLC methods and the traditional spectrophotometric test. *Food Chemistry*, 112(4), 1038-1045.
136. Díaz, P., Linares, M., Egea, M., Auqui, S., and Garrido, M. (2014). TBARS distillation method: Revision to minimize the interference from yellow pigments in meat products. *Meat Science*, 98(4), 569-573.
137. Jung, S., Nam, K. C., and Jo, C. (2016). Detection of malondialdehyde in processed meat products without interference from the ingredients. *Food Chemistry*, 209, 90-94.

138. Wei, Q., Liu, T., and Sun, D.-W. (2018). Advanced glycation end-products (AGEs) in foods and their detecting techniques and methods: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 82, 32-45.
139. Arribas-Lorenzo, G., and Morales, F. J. (2010). Analysis, distribution, and dietary exposure of glyoxal and methylglyoxal in cookies and their relationship with other heat-induced contaminants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(5), 2966-2972.
140. Rodríguez-Cáceres, M. I., Palomino-Vasco, M., Mora-Diez, N., and Acedo-Valenzuela, M. I. (2015). Novel HPLC–Fluorescence methodology for the determination of methylglyoxal and glyoxal. Application to the analysis of monovarietal wines “Ribera del Guadiana”. *Food Chemistry*, 187, 159-165.
141. Lim, H.-H., and Shin, H.-S. (2020). In-solution derivatization and detection of glyoxal and methylglyoxal in alcoholic beverages and fermented foods by headspace solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 92, 103584.
142. Wang, X.-J., Gao, F., Li, L.-C., Hui, X., Li, H., and Gao, W.-Y. (2018). Quantitative analyses of α -dicarbonyl compounds in food samples by HPLC using 4-(2, 3-dimethyl-6-quinoxaliny)-1, 2-benzenediamine as a derivatizing reagent. *Microchemical Journal*, 141, 64-70.
143. T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü. (2020). Toplu Beslenme Sistemleri (Toplu Tüketim Yerleri) için Ulusal Menü Planlama ve Uygulama Rehberi. Ankara, Sağlık Bakanlığı Yayını (1184).
144. T.C. Sağlık Bakanlığı. (2016). Türkiye Beslenme Rehberi TÜBER 2015. Ankara, TC Sağlık Bakanlığı Yayın (1031).
145. Cervini-Silva, J., Nieto-Camacho, A., and Gómez-Vidales, V. (2015). Oxidative stress inhibition and oxidant activity by fibrous clays. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 133, 32-35.
146. Tang, S., Kerry, J. P., Sheehan, D., Buckley, D. J., and Morrissey, P. A. (2001). Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. *Food Research International*, 34(8), 651-657.
147. Greenfield, H. and Southgate D.A. (2003). Food composition data: production, management, and use. *Food & Agriculture Org.*
148. Löker, G.B., Yaman, M., Çevikkalp, S. A., Başaran, N., Özalp, Ç., Ünlü, Ş. G., Gültekin D.D., Çalık S., Öztürk M., Altay H., Türker I., Ceyhan H., Güngör A.A., and Amoutzopoulos, B. (2016). Food composition of fruits in Turkey: research outputs from the new Turkish Food Composition Database, TürKomp. *Fruits*, 71(6), 419-431.
149. Papuc, C., Goran, G. V., Predescu, C. N., and Nicorescu, V. (2017). Mechanisms of oxidative processes in meat and toxicity induced by postprandial degradation products: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 96-123.

150. Gorelik, S., Ligumsky, M., Kohen, R., and Kanner, J. (2008). The stomach as a “bioreactor”: when red meat meets red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(13), 5002-5007.
151. Lorrain, B. n. d., Dangles, O., Loonis, M. l., Armand, M., and Dufour, C. (2012). Dietary iron-initiated lipid oxidation and its inhibition by polyphenols in gastric conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(36), 9074-9081.
152. Martini, S., Conte, A., Bottazzi, S., and Tagliazucchi, D. (2020). Mediterranean diet vegetable foods protect meat lipids from oxidation during in vitro gastro-intestinal digestion. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 71(4), 424-439.
153. Purohit, A., Singh, R., Kerr, W., and Mohan, A. (2015). Effects of heme and nonheme iron on meat quality characteristics during retail display and storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9(2), 175-185.
154. Srey, C., Hull, G. L., Connolly, L., Elliott, C. T., del Castillo, M. D., and Ames, J. M. (2010). Effect of inhibitor compounds on N ε-(carboxymethyl) lysine (CML) and N ε-(carboxyethyl) lysine (CEL) formation in model foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(22), 12036-12041.
155. Yu, L., Li, Q., Li, Y., Yang, Y., Guo, C., and Li, M. (2021). Impact of frozen storage duration of raw pork on the formation of advanced glycation end-products in meatballs. *LWT-Food Science and Technology*, 146, 111481.
156. DeChristopher, L. R. (2017). Perspective: the paradox in dietary advanced glycation end products research—the source of the serum and urinary advanced glycation end products is the intestines, not the food. *Advances in Nutrition*, 8(5), 679-683.
157. Chen, G., and Smith, J. S. (2015). Determination of advanced glycation endproducts in cooked meat products. *Food Chemistry*, 168, 190-195.
158. Chao, P.-c., Hsu, C.-c., and Yin, M.-c. (2009). Analysis of glycative products in sauces and sauce-treated foods. *Food Chemistry*, 113(1), 262-266.
159. Tirosh, O., Shpaizer, A., and Kanner, J. (2015). Lipid peroxidation in a stomach medium is affected by dietary oils (olive/fish) and antioxidants: the Mediterranean versus western diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(31), 7016-7023.
160. Foroudi, S., Potter, A. S., Stamatikos, A., Patil, B. S., and Deyhim, F. (2014). Drinking orange juice increases total antioxidant status and decreases lipid peroxidation in adults. *Journal of Medicinal Food*, 17(5), 612-617.
161. Dallas, C., Gerbi, A., Elbez, Y., Caillard, P., Zamaria, N., and Cloarec, M. (2014). Clinical study to assess the efficacy and safety of a citrus polyphenolic extract of red orange, grapefruit, and orange (Sinetrol-XPur) on weight management and metabolic parameters in healthy overweight individuals. *Phytotherapy Research*, 28(2), 212-218.

162. Toaldo, I. M., Cruz, F. A., de Lima Alves, T., de Gois, J. S., Borges, D. L., Cunha, H. P., da Silva, E. L., and Bordignon-Luiz, M. T. (2015). Bioactive potential of *Vitis labrusca* L. grape juices from the Southern Region of Brazil: Phenolic and elemental composition and effect on lipid peroxidation in healthy subjects. *Food Chemistry*, 173, 527-535.
163. Martins, N. C., Dorneles, G. P., Blembeel, A. S., Marinho, J. P., Proença, I. C. T., da Cunha Goulart, M. J. V., Moller, G. B., Marques, E. P., Pochmann, D., and Salvador, M. (2020). Effects of grape juice consumption on oxidative stress and inflammation in male volleyball players: A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Complementary Therapies in Medicine*, 102570.
164. Amoutzopoulos, B., Löker, G. B., Samur, G., Çevikkalp, S. A., Yaman, M., Köse, T., and Pelvan, E. (2013). Effects of a traditional fermented grape-based drink 'hardaliye' on antioxidant status of healthy adults: a randomized controlled clinical trial. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(14), 3604-3610.
165. Kuffa, M., Priesbe, T. J., Krueger, C. G., Reed, J. D., and Richards, M. P. (2009). Ability of dietary antioxidants to affect lipid oxidation of cooked turkey meat in a simulated stomach and blood lipids after a meal. *Journal of Functional Foods*, 1(2), 208-216.
166. Ivanov, V., Carr, A. C., and Frei, B. (2001). Red wine antioxidants bind to human lipoproteins and protect them from metal ion-dependent and-independent oxidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(9), 4442-4449.
167. Bazargani-Gilani, B., Aliakbarlu, J., and Tajik, H. (2015). Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with zataria multiflora boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 280-287.
168. Ismail, T., Suleman, R., Akram, K., Hameed, A., Llah, I.-u., Amir, M., and Akhtar, S. (2019). Pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extracts inhibit microbial growth and lipid oxidation in minced shrimps stored at 4 C. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(1), 84-92.
169. Tagliazucchi, D., Helal, A., Verzelloni, E., and Conte, A. (2016). Bovine milk antioxidant properties: Effect of in vitro digestion and identification of antioxidant compounds. *Dairy Science & Technology*, 96(5), 657-676.
170. Rossini, K., Norena, C. P., Cladera-Olivera, F., and Brandelli, A. (2009). Casein peptides with inhibitory activity on lipid oxidation in beef homogenates and mechanically deboned poultry meat. *LWT-Food Science and Technology*, 42(4), 862-867.
171. Demirbaş, A. (2020). Red cabbage extracts as inhibitors of lipid oxidation in fresh minced Tilapia (Nile perch) during refrigerated storage. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(1), 81-88.
172. Martínez, J., Nieto, G., Castillo, J., and Ros, G. (2014). Influence of in vitro gastrointestinal digestion and/or grape seed extract addition on antioxidant capacity of meat emulsions. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 834-840.

173. Amin, R. A., and Edris, S. N. (2017). Grape seed extract as natural antioxidant and antibacterial in minced beef. *PSM Biological Research*, 2(2), 89-96.
174. Selani, M., Contreras-Castillo, C., Shirahigue, L., Gallo, C., Plata-Oviedo, M., and Montes-Villanueva, N. (2011). Wine industry residues extracts as natural antioxidants in raw and cooked chicken meat during frozen storage. *Meat Science*, 88(3), 397-403.
175. Mielnik, M., Olsen, E., Vogt, G., Adeline, D., and Skrede, G. (2006). Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. *LWT-Food Science and Technology*, 39(3), 191-198.
176. Barbalho, S. M., Bueno Ottoboni, A. M. M., Fiorini, A. M. R., Guiguer, É. L., Nicolau, C. C. T., Goulart, R. d. A., and Flato, U. A. P. (2020). Grape juice or wine: which is the best option? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(22), 3876-3889.
177. Arcanjo, N., Morcuende, D., Andrade, M., Padilla, P., Madruga, M., and Estévez, M. (2019). Bioactivities of wine components on marinated beef during aging. *Journal of Functional Foods*, 57, 19-30.
178. Aşkın, B., and Atik, A. (2016). Color, phenolic composition, and antioxidant properties of hardaliye (fermented grape beverage) under different storage conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40(6), 803-812.
179. Coskun, F. (2017). A traditional Turkish fermented non-alcoholic grape-based beverage, "Hardaliye". *Beverages*, 3(1), 2.
180. Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M., and Kader, A. A. (2000). Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10), 4581-4589.
181. Chandralekha, S., Babu, A. J., Moorthy, P. S., and Karthikeyan, B. (2012). Studies on the effect of pomegranate rind powder extract as natural antioxidant in chicken meat balls during refrigerated storage. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 2(2), 107-112.
182. Vaithyanathan, S., Naveena, B., Muthukumar, M., Girish, P., and Kondaiah, N. (2011). Effect of dipping in pomegranate (*Punica granatum*) fruit juice phenolic solution on the shelf life of chicken meat under refrigerated storage (4 °C). *Meat Science*, 88(3), 409-414.
183. Erten, H., Tanguer, H., and Canbaş, A. (2008). A traditional Turkish lactic acid fermented beverage: Shalgam (Salgam). *Food Reviews International*, 24(3), 352-359.
184. Okcu, G., Ayhan, K., Altuntas, E. G., Vural, N., and Poyrazoglu, E. S. (2016). Determination of phenolic acid decarboxylase produced by lactic acid bacteria isolated from shalgam (şalgam) juice using green analytical chemistry method. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 615-621.
185. Coskun, F. (2017a). A traditional Turkish fermented non-alcoholic beverage, "Shalgam". *Beverages*, 3(4), 49.

186. Tanriseven, D., Diblan, S., Selli, S., ve Kelebek, H. (2018). Şalgam suyunun üretim yöntemleri ve biyoaktif bileşenleri. *Artibilim: Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 38-45.
187. Ekinici, F. Y., Baser, G. M., Özcan, E., Üstündağ, Ö. G., Korachi, M., Sofu, A., Blumberg, J. B., and Chen, C.-Y. O. (2016). Characterization of chemical, biological, and antiproliferative properties of fermented black carrot juice, shalgam. *European Food Research and Technology*, 242(8), 1355-1368.
188. Tanguler, H., and Erten, H. (2012). Chemical and microbiological characteristics of shalgam (şalgam): a traditional turkish lactic acid fermented beverage. *Journal of Food Quality*, 35(4), 298-306.
189. Bayram, M., Erdoğan, S., Yasemin, E., Saraçoğlu, O., ve Cemal, K. (2014). Farklı siyah havuç miktarlarının şalgam suyunun bileşimine ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 12(1), 29-34.
190. Çankaya, A., ve Tangüler, H. (2018). Şalgam suyu üretiminde gerçekleştirilen havuç fermantasyonu sırasında mikrobiyal değişim üzerine sıcaklığın etkisi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(6), 749-755.
191. Koçak, C., Avşar, Y. K., and Tamuçay, B. (2006). A comparative study on the production methods of ayran. *Gıda The Journal of Food*, 31(4), 225-231.
192. Fardet, A., and Rock, E. (2018). In vitro and in vivo antioxidant potential of milks, yoghurts, fermented milks and cheeses: a narrative review of evidence. *Nutrition Research Reviews*, 31(1), 52-70.
193. Livney, Y. D. (2010). Milk proteins as vehicles for bioactives. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 15(1-2), 73-83.
194. Abd El-Salam, M. H., and El-Shibiny, S. (2012). Formation and potential uses of milk proteins as nano delivery vehicles for nutraceuticals: a review. *International Journal of Dairy Technology*, 65(1), 13-21.
195. Zou, Z., Xi, W., Hu, Y., Nie, C., and Zhou, Z. (2016). Antioxidant activity of Citrus fruits. *Food Chemistry*, 196, 885-896.
196. Stookey, J. D., Hamer, J., Espinoza, G., Higa, A., Ng, V., Tinajero-Deck, L., Havel, P. J., and King, J. C. (2012). Orange juice limits postprandial fat oxidation after breakfast in normal-weight adolescents and adults. *Advances in Nutrition*, 3(4), 629S-635S.
197. Arjmandi, M., and Ebrahimi, M. (2020). The effect of orange juice on fat oxidation during exercise in overweight young girls. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*, 27(3), 386-391.
198. Vinson, J. A., Yang, J., Proch, J., and Liang, X. (2000). Grape juice, but not orange juice, has in vitro, ex vivo, and in vivo antioxidant properties. *Journal of Medicinal Food*, 3(4), 167-171.

199. Ademosun, A. O., and Oboh, G. (2012). Inhibition of acetylcholinesterase activity and Fe²⁺-induced lipid peroxidation in rat brain in vitro by some citrus fruit juices. *Journal of Medicinal Food*, 15(5), 428-434.
200. Guimarães, R., Barros, L., Barreira, J. C., Sousa, M. J., Carvalho, A. M., and Ferreira, I. C. (2010). Targeting excessive free radicals with peels and juices of citrus fruits: grapefruit, lemon, lime and orange. *Food and Chemical Toxicology*, 48(1), 99-106.
201. Moemeni, F., and Yazdanpanah, S. (2020). Oxidative stability, color, and physicochemical and sensorial properties of raw stacked and ground meat treated with Shahpouri orange juice. *Journal of Food Quality*, 2020.
202. Contini, C., Álvarez, R., O'sullivan, M., Dowling, D. P., Gargan, S. Ó., and Monahan, F. J. (2014). Effect of an active packaging with citrus extract on lipid oxidation and sensory quality of cooked turkey meat. *Meat Science*, 96(3), 1171-1176.
203. Adeyemi, K., Olorunsanya, O., and Abe, O. (2013). Effect of citrus seed extracts on oxidative stability of raw and cooked chicken meat. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 3(1), 195-199.
204. Park, S.-B., Park, M.-K., Park, C.-H., Jun, D.-W., Lee, W.-K., and Park, S. (2003). Effects of cola intake on glucose metabolism and oxidative stress in weanling male rats fed a moderate fat diet. *Nutritional Sciences*, 6(4), 195-200.
205. El-Terras, A., Soliman, M. M., Alkhedaide, A., Attia, H. F., Alharthy, A., and Banaja, A. E. (2016). Carbonated soft drinks induce oxidative stress and alter the expression of certain genes in the brains of Wistar rats. *Molecular Medicine Reports*, 13(4), 3147-3154.
206. Awhin, E. (2012). The Effect of Coke Consumption on Lipid Peroxidase and Alkaline Phosphatase. *Continental Journal Medical Research*, 6(1), 16 - 20.
207. Kaczmarczyk-Sedlak, I., Folwarczna, J., Sedlak, L., Zych, M., Wojnar, W., Szumińska, I., Wyględowska-Promieńska, D., and Mrukwa-Kominek, E. (2019). Effect of caffeine on biomarkers of oxidative stress in lenses of rats with streptozotocin-induced diabetes. *Archives of Medical Science: AMS*, 15(4), 1073.
208. Van Hecke, T., De Vrieze, J., Boon, N., De Vos, W. H., Vossen, E., and De Smet, S. (2019). Combined consumption of beef-based cooked mince and sucrose stimulates oxidative stress, cardiac hypertrophy, and colonic outgrowth of desulfovibrionaceae in rats. *Molecular Nutrition & Food Research*, 63(2), 1800962.
209. Berruga, M., Vergara, H., and Gallego, L. (2005). Influence of packaging conditions on microbial and lipid oxidation in lamb meat. *Small Ruminant Research*, 57(2-3), 257-264.
210. Verzelloni, E., Tagliazucchi, D., and Conte, A. (2010). From balsamic to healthy: traditional balsamic vinegar melanoidins inhibit lipid peroxidation during simulated gastric digestion of meat. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9), 2097-2102.
211. Piperi, C. (2017). Dietary advanced glycation end-products: molecular mechanisms and preventive tools. *Current Nutrition Reports*, 6(1), 1-8.

212. Wang, C., Lu, Y., Huang, Q., Zheng, T., Sang, S., and Lv, L. (2017). Levels and formation of α -dicarbonyl compounds in beverages and the preventive effects of flavonoids. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 2030-2040.
213. Jariyapamornkoon, N., Yibchok-anun, S., and Adisakwattana, S. (2013). Inhibition of advanced glycation end products by red grape skin extract and its antioxidant activity. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13(1), 1-9.
214. Moridi, H., Karimi, J., Sheikh, N., Goodarzi, M. T., Saidijam, M., Yadegarazari, R., Khazaei, M., Khodadadi, I., Tavailani, H., and Piri, H. (2015). Resveratrol-dependent down-regulation of receptor for advanced glycation end-products and oxidative stress in kidney of rats with diabetes. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*, 13(2).
215. Revel, G. d., Pripis-Nicolau, L., Barbe, J. C., and Bertrand, A. (2000). The detection of α -dicarbonyl compounds in wine by formation of quinoxaline derivatives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(1), 102-108.
216. Liu, W., Ma, H., Dain, J., and Seeram, N. (2014). Pomegranate (*Punica granatum*) fruit polyphenols, punicalagin, ellagic acid and gallic acid, inhibit formation of advanced glycation endproducts by scavenging reactive carbonyl species (975.10). *The FASEB Journal*, 28, 975.910.
217. Sohrab, G., Angoorani, P., Tohidi, M., Tabibi, H., Kimiagar, M., and Nasrollahzadeh, J. (2015). Pomegranate (*Punicagranatum*) juice decreases lipid peroxidation, but has no effect on plasma advanced glycated end-products in adults with type 2 diabetes: a randomized double-blind clinical trial. *Food & Nutrition Research*, 59(1), 28551.
218. Dorsey, P. G., and Greenspan, P. (2014). Inhibition of nonenzymatic protein glycation by pomegranate and other fruit juices. *Journal of Medicinal Food*, 17(4), 447-454.
219. Yamaguchi, M., Ishida, J., Xuan, Z., Nakamura, A., and Yoshitake, T. (1994). Determination of glyoxal, methylglyoxal, diacetyl, and 2, 3-pentanedione in fermented foods by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 17(1), 203-211.
220. Okuda, F., Yagi, M., Takabe, W., Ishizaki, K., Sakiyama, C., and Yonei, Y. (2019). Anti-glycative stress effect of yogurt whey. *Glycative Stress Research*, 6(4), 230-240.
221. Kelebek, H., Selli, S., Canbas, A., and Cabaroglu, T. (2009). HPLC determination of organic acids, sugars, phenolic compositions and antioxidant capacity of orange juice and orange wine made from a Turkish cv. Kozan. *Microchemical Journal*, 91(2), 187-192.
222. Paravisini, L., and Peterson, D. G. (2019). Mechanisms non-enzymatic browning in orange juice during storage. *Food Chemistry*, 289, 320-327.
223. Gensberger, S., Glomb, M. A., and Pischetsrieder, M. (2013). Analysis of sugar degradation products with α -dicarbonyl structure in carbonated soft drinks by UHPLC-DAD-MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(43), 10238-10245.

224. Assy, N., Nasser, G., Kamayse, I., Nseir, W., Beniashvili, Z., Djibre, A., and Grosovski, M. (2008). Soft drink consumption linked with fatty liver in the absence of traditional risk factors. *Canadian Journal of Gastroenterology*, 22(10), 811-816.
225. Takeuchi, M., Takino, J.-i., Furuno, S., Shirai, H., Kawakami, M., Muramatsu, M., Kobayashi, Y., and Yamagishi, S.-i. (2015). Assessment of the concentrations of various advanced glycation end-products in beverages and foods that are commonly consumed in Japan. *PLoS One*, 10(3), e0118652.
226. Kim, Y., Keogh, J. B., Deo, P., and Clifton, P. M. (2020). Differential effects of dietary patterns on advanced glycation end products: A randomized crossover study. *Nutrients*, 12(6), 1767.
227. Hur, S. J., Lee, S. Y., Moon, S. S., and Lee, S. J. (2014). In vitro effects of cooking methods on digestibility of lipids and formation of cholesterol oxidation products in pork. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(3), 280.
228. Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., and Lorenzo, J. M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10), 429.
229. Rasinska, E., Rutkowska, J., Czarniecka-Skubina, E., and Tambor, K. (2019). Effects of cooking methods on changes in fatty acids contents, lipid oxidation and volatile compounds of rabbit meat. *LWT-Food Science and Technology*, 110, 64-70.
230. Jiang, Y., Hengel, M., Pan, C., Seiber, J. N., and Shibamoto, T. (2013). Determination of toxic α -dicarbonyl compounds, glyoxal, methylglyoxal, and diacetyl, released to the headspace of lipid commodities upon heat treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(5), 1067-1071.
231. Inan-Eroglu, E., Ayaz, A., and Buyuktuncer, Z. (2020). Formation of advanced glycation endproducts in foods during cooking process and underlying mechanisms: a comprehensive review of experimental studies. *Nutrition Research Reviews*, 33(1), 77-89.
232. Assar, S. H., Moloney, C., Lima, M., Magee, R., and Ames, J. M. (2009). Determination of N ϵ -(carboxymethyl) lysine in food systems by ultra performance liquid chromatography-mass spectrometry. *Amino Acids*, 36(2), 317-326.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SABUNCULAR, Güleren
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Eğitim Derecesi	Okul / Program	Mezuniyet Yılı
Doktora	Gazi Üniversitesi / Beslenme ve Diyetetik A.B.D.	Devam Ediyor
Yüksek Lisans	Haliç Üniversitesi / Beslenme ve Diyetetik A.B.D.	2013
Lisans	Hacettepe Üniversitesi / Beslenme ve Diyetetik Bölümü	2009
Lise	Konya Ereğli Anadolu Lisesi	2004

İş deneyimi

Çalıştığı Yer	Görev
2015-devam ediyor	Marmara Üniversitesi / Beslenme ve Diyetetik Bölümü
2012 – 2015	Araştırma Görevlisi
	İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi
2009 – 2012	Diyetisyen
	Kahvecioğlu Gıda

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Çelik Z. M. , İslamoğlu A. H. , Sabuncular G., Toprak H. S. , Güneş F. E. (2021). Evaluation of malnutrition risk of inpatients in a research and training hospital: A cross-sectional study. *Clinical Nutrition ESPEN*, 41(41), 261-267.
2. Şanlıer N., Sabuncular G. (2020). Relationship between nutrition and sleep quality, focusing on the melatonin biosynthesis. *Sleep and Biological Rhythms*, 18(2), 89-99.

3. Şanlıer N., Pehlivan M., Sabuncular G., Bakan S., İşgüzar Y. (2018). Determining the relationship between body mass index, healthy lifestyle behaviors and social appearance anxiety. *Ecology of Food And Nutrition*, 57(2), 124-139.
4. Aktaş Ş., Sabuncular G., Karğın D., Güneş F. E. (2018). Evaluation of nutrition knowledge of pregnant women before and after nutrition education according to sociodemographic characteristics. *Ecology of Food and Nutrition*, 57(6), 441-455.
5. Aktaş Ş., Sabuncular G., Genç S., Vural B., Güneş F. E. (2018). İstanbul'da yetiştirme yurtları ve çocuk evleri sitesinde kalan çocukların beslenme durumları ve yemek hizmetlerinden memnuniyetlerinin belirlenmesi. *Türkiye Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 215-227.
6. Sabuncular G., Tek N. (2017). Yanık yaralanmalarında enerji metabolizması ve enerji gereksiniminin belirlenmesinde güncel yaklaşımlar. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(3), 184-191.
7. Pehlivan M., Sabuncular G., Mermer M., Akbulut G. (Editör). (2017). Tıbbi Beslenme Tedavisinde Güncel Uygulamalar-XI: Böbrek Hastalıklarında Tıbbi Beslenme Tedavisi. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
8. Aktaş Ş., Karğın D., Sabuncular G., Güneş F. E. I. Determination of Differences in Nutritional Behaviour and Consumption of Children Continuing to the Kindergartens According to Socioeconomic Region. 1st International Eurasian Congress of Social Pediatrics, İstanbul, Türkiye, 27 - 30 Mart 2019, ss.124
9. Aktaş Ş., Fereli S., Sabuncular G., Güneş F. E. Evaluation of Nutritional Practices of Amateur Adolescent Swimmers. International Meeting on Education Research in Health Science, İstanbul, Türkiye, 3 - 05 Kasım 2017, ss.108
10. Aktaş Ş., Sabuncular G., Karğın D., Güneş F. E. The Investigation of Relation Using Social Media with Eating Disorder, Body Mass Index in Nutrition and Dietetics Female University Students. International Meeting On Education Resarch in Health Sciences (İMER-HS) , İstanbul, Türkiye, 3 - 05 Kasım 2017, ss.1
11. Aktaş Ş., Sabuncular G., Karğın D., Güneş F. E. Evaluation of The Effect of Nutrition Education Developed for Pregnancy on Nutritional Knowledge Level. International Meeting On Education Resarch in Health Sciences (İMER-HS) , İstanbul, Türkiye, 3 - 05 Kasım 2017, ss.58
12. Güneş F. E. , Aktaş Ş., Sabuncular G., Çağla A., Erol G. Özel ve Kamu Kuruluşlarında Çalışan Diyetisyenlerin İş Doyumunun Değerlendirilmesi. 11.Uluslararası Sağlıkta Kalite, Akreditasyon ve Hasta Güvenliği Kongresi, 26 - 29 Nisan 2017
13. Güneş F. E. , Aktaş Ş., Çelik Z. M. , Biçer A. H. , Sabuncular G., Karagöz S. Devlet ve Özel Hastane Yöneticilerinin Mutfak Yönetimine Yönelik Bilgi Düzeylerinin Belirlenmesi. 11.Uluslararası Sağlıkta Kalite, Akreditasyon ve Hasta Güvenliği Kongresi, 26 - 29 Nisan 2017
14. Aktaş Ş., Sabuncular G., Güldamla A., Özdeş A. N. , Güneş F. E. , Boran P. Ailelerin 6-12 aylık dönemde uyguladıkları gece beslenmesinin çocukların uyku durumlarına etkisinin araştırılması. 4. Marmara Pediatri Kongresi, Türkiye, 16 - 18 Şubat 2017

15. Güneş F. E. , Aktaç Ş., Biçer A. H. , Sabuncular G., Hasköylü A. Influence of Parents Attitudes on Child Eating Behavior. 17th International Congress of Dietetics, 7 - 10 Eylül 2016, ss.129





GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..