

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA BİLİMLERİ BİLİM DALI**

**SALAMURAYA İŞLENEN BAZI SEBZELERDE BULUNAN
FENOLİK BİLEŞİKLERİN BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİNİN
BELİRLENMESİ**

Müzeyyen BERKEL KAŞIKCI

**Danışman
Prof.Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU**



MANİSA-2018

TEZ ONAYI

Müzeyyen BERKEL KAŞIKCI tarafından hazırlanan “Salamuraya işlenen bazı sebzelerde bulunan fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliğinin belirlenmesi” adlı tez çalışması 30/07/2018 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde **Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Sibel KARAKAYA

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Ufuk YÜCEL

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Seval DAĞBAĞLI

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim

Müzeyyen BERKEL KAŞIKCI



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMA DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
TABLO DİZİNİ.....	VI
TEŞEKKÜR	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1. Kapari	3
2.1.1.Kaparinin Fenolik Madde, Antioksidan İçeriği ve Salamura İşleminin Etkisi.....	4
2.2. Lahana	5
2.2.1.Lahananın Fenolik madde, Antioksidan İçeriği ve Salamura İşleminin Etkisi.....	6
2.3. Hıyar	7
2.3.1.Hıyarın Fenolik Madde, Antioksidan İçeriği ve Salamura İşleminin Etkisi.....	8
2.4. Fenolik bileşikler ve sağlık üzerindeki etkileri.....	9
2.5. Turşu Üretimi ve Fermantasyon	12
2.6. <i>In vitro</i> Sindirim Yöntemleri	14
2.7. Kapari, Hıyar ve Lahanada Bulunan Fenolik Bileşiklerin Biyoerişilebilirliği ve Biyoyararlılığı	17
2.7.1. Biyoerişilebilirlik, Biyoyararlılık ve Gıda Matriksi.....	17
2.7.2.Rutin, Kaempferol-3-O-rutinozitin ve Kuersetinin Biyoerişilebilirliği ve Biyoyararlılığı.....	18
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	20
3.1. Materyal.....	20
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Sebzeler	20
3.1.1.1.Sebzelerin salamuraya işlenmesi.....	20
3.1.2. KimyasalMalzemeler	21

3.1.3. Kullanılan Cihazlar.....	23
3.2. Yöntem	24
3.2.1. <i>In vitro</i> Sindirim Uygulaması.....	25
3.2.1.1. Pepsin Enzimatik Aktivite Testi.....	25
3.2.1.2. Tripsin Enzimatik Aktivite Testi.....	26
3.2.1.3. Ön hazırlıklar.....	27
3.2.1.4. Sindirim İşlemi.....	28
3.2.2. Analizler.....	30
3.2.2.1. Nem Tayini.....	30
3.2.2.2. pH Tayini.....	30
3.2.2.3. Toplam Laktik Asit Bakteri Sayımı.....	30
3.2.2.4. Asitlik Tayini.....	31
3.2.2.5. Tuz Tayini	31
3.2.2.6. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Analizleri için Örnek Ekstraktlarının Hazırlanması	31
3.2.2.7. Toplam Fenolik madde Tayini.....	32
3.2.2.8. Toplam Flavonoid Tayini.....	32
3.2.2.9. Antioksidan Aktivite Tayini.....	32
3.2.2.9.1. ABTS Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini.....	32
3.2.2.9.2. DPPH Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini.....	33
3.2.2.9.3. FRAP Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini.....	34
3.2.2.10. HPLC ile Bazı Flavonoidlerin Kantitatif Tayini.....	35
3.2.2.11. LC-MS/MS ile Fenolik Bileşiklerin Kalitatif Tayini.....	35
3.2.3. İstatistiksel Analizler.....	36
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	37
4.1. Sebzelerin Başlıca Fiziksel ve Kimyasal Nitelikleri	37
4.2. Fermantasyon Süresince Salamuranın Kimyasal ve Mikrobiyolojik Niteliklerinin Değişimi.....	38
4.3. Fermantasyon Sonucunda Elde Edilen Turşuların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Nitelikleri.....	45
4.4. Toplam Fenolik Madde Değerleri	47
4.5. Toplam Flavonoid Madde Değerleri	56
4.6. Antioksidan Aktivite Değerleri	59

4.7. HPLC ile Belirlenen Rutin, Kaempferol-3-O rutinozit ve Kuersetin Flavanoidlerinin değerleri.....	67
4.8. LC/MS-MS ile Fenolik Bileşen Profilinin Kalitatif Belirlenmesi.....	77
4.9. Toplam Fenolik, Toplam Flavanoid, ABTS, DPPH ve FRAP Antioksidan Aktiviteleri Arasındaki Korelasyonlar.....	88
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	92
KAYNAKLAR.....	96
EKLER.....	111
EK A. Kalibrasyon Eğrileri.....	111
EK B. Kaparilere ait istatistiksel analiz çıktıları	115
EK C. Lahanalara ait istatistiksel analiz çıktıları.....	126
EK D. Hıyarlara ait istatistiksel analiz çıktıları.....	133
ÖZGEÇMİŞ.....	1400

SİMGELER VE KISALTMA DİZİNİ

Abs	Absorbans
ABTS	2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonik asit)
DPPH	2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil
FRAP	Ferrik iyon indirgeme antioksidan parametresi
GAE	Gallik asit eşdeğeri
HPLC	Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi
KE	Kateşin eşdeğeri
LAB	Laktik asit bakterisi
SSF	Ağız sindirim sıvısı
SGF	Mide sindirim sıvısı
SIF	Bağırsak sindirim sıvısı
TEAK	Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite
RE	Rutin eşdeğeri
TF	Toplam Flavanoid
TP	Toplam Fenolik
Troloks	6-Hidroks-2,5,7,8-tetrametilkroman-2 karboik asit

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması	10
Şekil 3.1. Analiz akım şeması	25
Şekil 3.2. Sindirim işlemleri akım şeması.....	25
Şekil 4.1. Kapari salamurasında zamana bağlı pH, asitlik (%) ve LAB (kob/mL) değişimi	43
Şekil 4.2. Lahana salamurasında zamana bağlı pH, asitlik (%) ve LAB (kob/mL) değişimi	43
Şekil 4.3. Hıyar salamurasında zamana bağlı pH, asitlik (%) ve LAB (kob/mL) değişimi	44
Şekil 4.4. Sebzelerde ve turşularda sindirim öncesinde ve sonrasında TP (mg GAE/100 g) değerleri	53
Şekil 4.5. Sebzelerde ve turşularda sindirim öncesinde ve sonrasında TF (mg KE/100 g) değerleri	56
Şekil 4.6. Standart bileşiklere ait kromatogram	67
Şekil 4.7. Kapari örneklerine ait kromatogram.....	71
Şekil 4.8. Kapari turşu örneklerine ait kromatogram.....	71
Şekil EK A.1. Toplam fenolik madde standart grafiği.....	111
Şekil EK A.2. Toplam flavonoid madde standart grafiği.....	111
Şekil EK A.3. Fe standart kalibrasyon grafiği (FRAP analizi).....	112
Şekil EK A.4. Troloks ABTS kalibrasyon grafiği	112
Şekil EK A.5. Troloks DPPH kalibrasyon grafiği	113
Şekil EK A.6. Rutin standart grafiği.....	113
Şekil EK A.7. Kaempferol-3-O-rutinozit standart grafiği.....	114
Şekil EK A.8. Kuersetin standart grafiği.....	114

TABLO DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Bir kavanoz turşunun formülasyonu.....	21
Tablo 3.2. Kör örnek ve test örneği tüplerinin içerikleri.....	26
Tablo 3.3. HPLC Mobil Faz Programı.....	35
Tablo 3.4. LC/MS-MS analizinde kullanılan mobil faz programı.....	36
Tablo 4.1. Çiğ sebzelerin bazı kimyasal özellikleri.....	38
Tablo 4.2. Fermantasyon boyunca kapari salamurasındaki pH ve tuz (%) değişimleri.....	41
Tablo 4.3. Fermantasyon boyunca lahana salamurasındaki pH ve tuz (%) değişimleri.....	41
Tablo 4.4. Fermantasyon boyunca hıyar salamurasındaki pH ve tuz(%) değişimleri.....	41
Tablo 4.5. Fermantasyon boyunca salamuralardaki asitlik(%) değişimleri.....	42
Tablo 4.6. Fermantasyon boyunca kapari salamurasında toplam LAB (kob/mL) değişimleri.....	42
Tablo 4.7. Fermantasyon boyunca lahana ve hıyar salamuralarında toplam LAB (kob/mL).....	43
Tablo 4.8. Turşulara ait bazı kimyasal ve mikrobiyolojik veriler.....	46
Tablo 4.9. Kaparilere ait TP ve TF değerleri.....	51
Tablo 4.10. Lahanalara ait TP ve TF değerleri.....	51
Tablo 4.11. Hıyarlara ait TP ve TF değerleri.....	52
Tablo 4.12. Kaparileri ait ABTS, DPPH ve FRAP antioksidan aktivite değerleri	65
Tablo 4.13. Lahanalara ait antioksidan aktivite değerleri.....	65
Tablo 4.14. Hıyarlara ait ABTS, DPPH ve FRAP antioksidan aktivite değeri.....	66
Tablo 4.15. Kaparilerde bulunan bazı flavanoidlere ait değerler.....	68
Tablo 4.16. Hıyarlarda bulunan bazı flavanoidlere ait değerler.....	68
Tablo 4.17. Kaparilerin fenolik bileşen profili.....	85
Tablo 4.18. Lahanalarda bulunan fenolik bileşen profili.....	86
Tablo 4.19. Hıyarların fenolik bileşen profili.....	87
Tablo 4.20. Kapari örneklerinde TP, TF, ABTS, DPPH ve FRAP analizleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	88
Tablo 4.21. Lahana örneklerinde TP, TF, ABTS, DPPH ve FRAP değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	91
Tablo 4.22. Hıyar örneklerinde TP, TF, ABTS, DPPH ve FRAP değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	91

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU'na, tez çalışmam boyunca *in vitro* sindirim konusunda bizlerle bilgilerini paylaşan ve her konuda yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Sibel KARAKAYA'ya, tez çalışmam boyunca destek ve yardımlarını sunarak özellikle HPLC cihazı konusunda her türlü imkan ve desteği veren Sayın Doç. Dr. Özlem ÇAĞINDI'ya, fermantasyon ve turşu üretim süreci ile ilgili bilgilerini paylaşan ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ufuk YÜCEL'e, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Seval DAĞBAĞLI'ya, doktora eğitimim süresince burs ile beni destekleyen TÜBİTAK'a, bana her zaman destek olan sevgili eşim Osman KAŞIKCI'ya ve aileme çok teşekkür ederim.

Müzeyyen BERKEL KAŞIKCI
Manisa, 2018



ÖZET

Doktora Tezi

Salamuraya işlenen bazı sebzelerde bulunan fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliğinin belirlenmesi

Müzeyyen BERKEL KAŞIKCI

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU

Bu çalışma kapsamında, taze ve salamuraya işlenmiş kapari, lahanaya, hıyar örneklerinde fenolik bileşik miktarları ve bu fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirlikleri belirlenmiştir. Bu çalışmada salamuraya işlemenin, sebzelerdeki fenolik bileşik miktarlarına ve biyoerişilebilirliğine etkisi araştırılmıştır. Her bir örneğin toplam fenolik madde (TP), toplam flavanoid (TF), ABTS, DPPH ve FRAP antioksidan aktivite analizleri, HPLC ile rutin, kaempferol-3-O-rutinozit, kuersetin kantitatif tayinleri ve LC-MS/MS ile kalitatif analizleri yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, salamuraya işleme ile kaparilerde TP miktarının değişmediği, sindirim işleminin ise TP miktarını azalttığı görülmüştür. Kaparide TP biyoerişilebilirlik değeri %77,8, kapari turşusunda ise %72,9'dur ($p>0,05$). Lahanada da salamuraya işleme ile TP değerinin değişmediği görülmüştür. Sindirim sonrasında lahanaların ve hıyarların TP değerleri yükselmiştir. Kaparilerin TF içeriği salamuraya işleme ile değişiklik göstermemiş, fakat sindirim işlemiyle azalmıştır ($p<0,05$). Kaparilerde TF biyoerişilebilirlik değeri, kapari turşusunun TF biyoerişilebilirlik değerinden daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Lahanalarda ve hıyarlarda TF içeriği salamuraya işleme ile değişmemiştir, sindirim işlemi TF içeriğini artırmıştır ($p<0,05$). Kaparilerin ve kapari turşularının antioksidan aktivite biyoerişilebilirlik değerleri benzer bulunmuştur. Kaparilerde salamuraya işleme ile rutin ve kaempferol-3-O-rutinozit değerleri azalmıştır ($p<0,05$). Rutinin kaparideki biyoerişilebilirliği, kapari turşusundakine göre daha yüksektir ($p<0,05$). Lahanalarda ve lahanaya turşularında antioksidan aktivite biyoerişilebilirlik değerleri benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Hıyarlarda ve hıyar turşularında da antioksidan aktivite biyoerişilebilirlik değerlerinin benzer olduğu görülmüştür ($p>0,05$).

Anahtar kelimeler: kapari, lahanaya, hıyar, fenolik, biyoerişilebilirlik, antioksidan, *in vitro* sindirim

2018, 140 sayfa

ABSTRACT

PhD Thesis

Determination of bioaccessibility of phenolic compounds in some brined vegetables

Müzeyyen BERKEL KAŞIKCI

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU

In this study, phenolics and bioaccessibility of phenolics are determined in raw and fermented capers, cabbages and gherkins. The effects of fermentation on content and bioaccessibility of phenolics are investigated. Total phenolic content (TP), total flavonoids (TF), ABTS, DPPH, FRAP antioxidant activity, rutin, kaempferol-3-O-rutinoside, quercetin by HPLC, LC-MS/MS qualitative analysis are performed. According to this study, fermentation process did not change TP, but digestion process decreased TP in capers. TP bioaccessibility values of capers and caper pickles are 77,8% and 72,9, respectively ($p>0,05$). Fermentation process did not change TP in cabbages. Digestion increased TP in cabbages and gherkins. TF of capers did not change by fermentation, but decreased by digestion ($p<0,05$). TF bioaccessibility of capers are greater than caper pickles ($p<0,05$). TF was stable by fermentation in cabbages and gherkins, digestion increased TF in cabbages and gherkins ($p<0,05$). Bioaccessibility of antioxidant activity were similar in capers and caper pickles. Fermentation process decreased rutin and kaempferol-3-O-rutinoside content in capers ($p<0,05$). Rutin bioaccessibility of capers was greater than caper pickles ($p<0,05$). Bioaccessibility of antioxidant activity were similar in cabbages and their pickles ($p>0,05$). Bioaccessibility of antioxidant activity were also similar in gherkins and their pickles ($p>0,05$).

Key words: capers, cabbage, gherkin, phenolic, bioaccessibility, antioxidant, *in vitro* digestion

2018, 140 pages

1. GİRİŞ

Biyoyararlılık, alınan besinin içerdiği aktif maddelerin normal fizyolojik fonksiyonlarda kullanılabilen ve depolanabilen kısmıdır [1]. Biyoerişilebilirlik ise, biyoyararlılık için ilk basamaktır. Mide-bağırsak sisteminde gıda matriksinden serbest kalabilen ve bağırsak bariyerinden geçip bağırsağa ulaşabilen bileşen fraksiyonudur. Kısaca, gıdanın sindirilmesi ile alınan bileşiğin ince bağırsakta emilimi gerçekleştiikten sonra elde edilen kısmı olarak tanımlanabilir [2]. Biyoyararlılık, bir ilaç içinde bulunan aktif bileşenlerin veya tedavi edici maddelerin emilim hızı ve aktivite göstereceği bölgedeki yararlılık derecesi olarak da tanımlanmaktadır. Bu tanım, aynı zamanda gıdalarda bulunan aktif maddeleri de kapsamaktadır. Herhangi bir fitokimyasalın biyoyararlılığının değerlendirilmesi için, absorpsiyonu, metabolizması, doku ve organlarda dağılımı ve boşaltımı gibi konularda verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan biyoyararlılık çalışmaları, hem karmaşık ve pahalı olmaları hem de ahlaki ve etik sorunları gündeme getirmeleri nedeniyle tercih edilmemektedir [3]. Bunun yerine daha ucuz ve nispeten uygulanması daha basit olan *in vitro* yöntemler tercih edilmektedir.

Fenolik bileşiklerin biyoyararlılıkları, gastrointestinal sistemde düşük absorpsiyon, stabil olmama, mide ve bağırsakta biyodönüşüm, aşırı metabolizma, vücuttan hızlı ayrılma gibi sebeplere bağlı olarak düşüktür. Fenolik bileşikler, genellikle suda çözünebilir glukozitler ve hücre duvarının yapısal bileşiklerine bağlı suda çözünemeyen formlar olarak doğada bulunurlar. Bağlı bulunan fenolik bileşiklerin sindirim sisteminde absorpsiyonu, şeker kısmından serbest kalmalarına bağlıdır. Fermantasyon, çimlendirme, termoplastik ekstrüzyon, mikrodalga ve ultrason uygulamalarıyla desteklenmiş enzimatik, bazik ve asit hidrolizleri gibi gıda prosesleri, hücre duvarına bağlı olan fenolik bileşiklerin serbest kalmasına olanak sağlar. Bunun yanı sıra, gıda işleme, çoğu bitkisel gıdanın düzenlenmiş mikroyapısını değiştirebilir [4].

Fenolik bileşiklerin biyoyararlılıklarını etkileyen temel faktörler; çevresel faktörler (bitkinin güneşe maruz kalma ve olgunluk derecesi vb.), gıda işleme (termal uygulamalar, homojenizasyon, liyofilizasyon, pişirme ve depolama vb.), gıdaya

ilişkin faktörler (gıda matriksi vb.), gıda bileşenlerinin interaksyonları, bileşiğin kimyasal özellikleri (kimyasal yapı, gıdadaki miktarı), gıdayı tüketen kişiye bağlı faktörler (cinsiyet, yaş, hastalık ve/veya patolojiler, genetik faktörler ve fizyolojik durum vb.) dir [4].

Literatürde çiğ ve salamuraya işlenen kapari, hıyar ve beyaz lahanadaki toplam fenolik bileşiklerin, toplam flavonoidlerin, flavonoidlerin biyoerişilebilirliği, biyorerarlılığı ve sindirim sonrasındaki antioksidan kapasiteleri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Toplumumuzda salamurası çok yaygın olarak tüketilen hıyar ve lahananın yanısıra fenolik bileşiklerce zengin olduğu bilenen kapari seçilmiştir. Bu tezin amacı, çiğ kapari, hıyar ve lahanadaki toplam fenolik maddelerin, toplam flavonoidlerin, flavonoidlerden de rutin (kuersetin-3-O-rutinozit), kaempferol-3-O-rutinozit ve kuersetinin biyoerişilebilirliği, bu sebzelerin sindirim aşamaları sonrasındaki antioksidan kapasiteleri ile salamuraya işlenmiş olan kapari, hıyar ve lahanadaki fenoliklerin biyoerişilebilirlikleri, bu fermente sebzelerin sindirim aşamaları sonrasındaki antioksidan kapasitelerini belirleyip kıyaslamak, ve salamura işleminin bu sebzelerdeki fenoliklerin biyoerişilebilirliği üzerindeki etkisi araştırmaktır. Tüm sebze örneklerinde (çiğ, turşu, sindirilmiş çiğ ve sindirilmiş turşu) bulunan fenolik bileşiklerin kantitatif olarak ortaya konulması da bu çalışmanın amaçlarından biridir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Kapari

Kapari bitkisi, Akdeniz iklim bitkilerinden çok yıllık çalı tipinde bir bitkidir. Latince *Capparis spinosa L.* olarak adlandırılan farklı yörelerde kebere, beri kemberi, gebere, gabara, şebellah, deli karpuz, geber, gebre, kedi tırnağı, kargakavunu, menginik, devedikeni gibi farklı isimlerle anılmaktadır. Kapari ülkemizde çok fazla tüketilmemekle beraber, dünyada salamuraya işlenerek çorbalar, et yemekleri, soslar, salatalar ve pizzalar gibi birçok yiyeceklerle birlikte geniş bir kullanım alanına sahiptir. Kapari bitkisinin tomurcukları ve meyveleri (karpuzcukları) tüketilebilmektedir; fakat tomurcuklar daha fazla tercih edilmektedir [5]. Kapari tomurcuğu acılığından dolayı ham olarak tüketilmez, salamuraya işlenmesi gerekmektedir ve salamuraya işlenmesiyle birlikte acılığı azalmaktadır [6]. Kapari, gıda sektörü dışında ilaç, kozmetik ve boya sektörlerinde de kullanılmaktadır.

Ülkemizde kapari hemen hemen her bölgede yetişebilmektedir ve önemli ihraç ürünlerindedir [5]. Kapari ticareti 60 civarında ülkeyi kapsamaktadır, ve kaparinin yıllık ortalama üretiminin 10.000 ton civarında olduğu tahmin edilmektedir [7]. Türkiye’de yılda 3500-4500 ton civarında üretim yapılmaktadır, Türkiye kapari üretiminde önde gelen ülkelerdendir [8].

Kaparinin kimyasal kompozisyonu; genotipe, hasat zamanına, boyutuna, çevresel koşullara ve muhafaza koşullarına bağlıdır [7, 8]. Kapari, iyi bir potasyum, kalsiyum, magnezyum ve fosfor kaynağıdır [8, 9]. Yüksek tuzlu salamura içeriği kaparinin kimyasal kompozisyonunu etkilemektedir. Protein, lif, mineral ve vitamin içeriği, salamurada muhafaza süresince azalmakta iken, tuz eklenmesinden dolayı kül miktarı artmaktadır [8].

Kaparide alkaloid, flavonoid, glukosinolat, lipit, polifenol gibi bileşikler bulunmaktadır [6]. Kapari, doymamış yağ asitlerince de zengindir [10].

2.1.1. Kaparinin Fenolik Madde, Antioksidan İçeriği ve Salamura İşleminin Etkisi

Kapari, fenolikçe oldukça zengin bir sebzedir. Giuffrida ve ark. (2002), çiğ kaparide toplam fenolik madde miktarını, gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden kuru madde de %3.28-4.28 olarak tespit etmişlerdir, salamura kaparide ise bu oran %1.62-1.67'ye düşmüştür [11]. Tesoriere ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada salamura kaparinin toplam fenolik madde miktarı 48.75 mg GAE/100 g olarak bulunmuştur [12] Tlili ve ark (2009), salamura kapari tomurcuklarında toplam fenolik madde miktarını ortalama 1658 mg rutin eşdeğeri (RU)/100 g bulmuşlardır [13] Yemiş (2008) tarafından yapılan çalışmada ise, çiğ kaparide 4.91 g RU/100 g kurumaddede (KM) toplam fenolik madde bulunurken, salamuraya işlenen kaparide ise bu değer 4.39 g RU/100 g KM ye düşmüştür. Çiğ kapari, %82-83 civarlarında nem içerirken salamura kapari %60-65 nem içermektedir [9, 14].

Çiğ kaparide toplam flavonoid madde miktarı 37 mg/g KM dir (Gonzalez vd., 2010). Salamura kaparilerde ise toplam flavonoid madde miktarı 3.58 ile 15.82 mg rutin eşdeğeri/g arasında değişmektedir [7] Giuffrida ve ark. (2002), çiğ kaparilerdeki rutin miktarının kuru maddede %0.27 ile 1.7 arasında değiştiğini görmüşlerdir [11]. Salamura kaparilerde ise, kuru maddede bulunan yüzde rutin miktarının azaldığı, %0.27 ile 0.47 arasında olduğu gözlemlenmiştir [11]. Tesoriere vd. (2007) ise salamura kaparideki rutin miktarını toplam ağırlık üzerinden 0,16 g/100 g olarak tespit etmişlerdir [12].

İşlenmemiş kaparilerin antioksidan kapasiteleri, kuru ağırlık bazında 24.56 mM troloks eşdeğeri/g düzeyinde saptanmıştır [14] Aliyazıcıoğlu vd. (2013), kaparinin FRAP değerini 145 µmol troloks eşdeğeri/100 g KM olarak belirlemişlerdir [15]. Yemiş vd. (2008), çiğ kaparide 24.56 mM olan troloks eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAK), salamuraya işlenen kaparide 4.61 mM TEAK değerine düşmüştür [14]. Çiğ kaparilerin antiradikal aktivitesi, salamuraya işlenmiş kaparilerden daha yüksektir. Salamuraya işlenmiş kaparilerde, çiğ kaparilerin antiradikal aktivitesinin %62'si korunabilmiştir [16]. Yapılan çalışmalar ışığında genel olarak bir değerlendirme yapıldığında, salamura işleminin kaparide toplam

fenolik, toplam flavonoid, rutin, antioksidan kapasite değerlerini azalttığı sonucuna varılabilir.

Kaparide bulunan fenolik bileşikler; rutin (kuersetin-3-rutinosit), kuersetin, kaempferol-3-O-ramnoglukozit, kaempferol-3-O-ramnosil-rutinosit, kaempferol-3-rutinosit, kaempferol ve kaempferol-3-glukozittir. Kapari tomurcuklarında fenolik bileşenler arasındaki ana bileşen rutin (kuersetin 3-rutinosit) dir, ikinci bileşen ise kaempferol-3-rutinosittir [7, 12, 14, 17, 18]. Toplam flavonoid içeriğinin %86.5'i rutin (kuersetin 3-rutinosit) dir [16] Kaempferol-3-O-ramnozil rutinosit ise taze tomurcuklarda önemli miktarlarda bulunmaktadır, fakat salamura kapari örneklerinin sadece bazılarında ve daha düşük miktarlarda bulunmaktadır. Bu durum, salamura prosesi boyunca en yüksek çözünürlüğe sahip olan fenolik bileşiklerin kapari tomurcuklarından kolaylıkla ekstrakte olabildiğini ve dolayısıyla salamura kaparilerde az miktarda bulunduğunu göstermektedir [7]. Çiğ kapari tomurcuklarında iz miktarda saptanan kaempferol-3-glukozite de, salamuraya işlenen kaparilerde saptanamamıştır [14]. Yemiş (2008) tarafından yapılan çalışmada, çiğ kapari tomurcuklarında kuersetin ve kaempferole rastlanmazken, salamuraya işlenmiş kapari tomurcuklarında kuersetin ve kaempferol gözlemlenmiştir. Bunun aksine, Giuffrida ve ark. (2002), çiğ kaparide kaempferol ve kuersetin gözlemlenmişler, ve salamuraya işlemenin kaparide kaempferol ve kuersetin miktarlarının azaldığını tespit etmişlerdir [11].

2.2. Lahana

Beyaz lahana, ülkemizde yoğun bir şekilde yetiştirilen ve sevilerek tüketilen kış sebzelerindedir. Beyaz lahana, 2015 yılı verilerine göre Türkiye'de 514.344 ton üretimi olan, yemeği yapılan ve özellikle de turşu olarak sevilerek tüketilen sebzelerdendir [19]. FAO (2012) verilerine göre, Türkiye lahana ve diğer *Brassica* türlerinin üretiminde dünyada ilk yirminin içinde yer almaktadır [20].

Lahana, iyi bir manganez, diyet lifi, potasyum ve folat kaynağıdır. Lahanada biyoaktif bileşiklerden fenolik bileşikler ve glukozinolatlar bulunmaktadır [21–24].

2.2.1. Lahananın Fenolik madde, Antioksidan İçeriği ve Salamura İşleminin Etkisi

Güleç ve ark. [21] tarafından lahanada yapılan çalışmada kuru madde de bulunan toplam fenolik madde miktarı 2629 mg GAE/100 g olarak tespit edilmiş olup, taze ağırlık üzerinden hesaplandığında ise 182 mg GAE/100 g'dır. Song ve ark. ise, taze lahanada toplam fenolik madde miktarını 45 mg GAE/100 g [22], Bahorun ve ark. ise 15.3 mg GAE/100 g olarak bulmuşlardır [23]. Chu ve ark. [25] ise taze lahanada serbest fenolik asitlerin miktarını 37 mg GAE/100 g, bağlı fenolik asitlerin miktarını 18 mg GAE/100 g olmak üzere toplam fenolik madde miktarını 55 mg GAE/100 g bulmuşlardır. Sayın ve Alkan [26] tarafından yapılan çalışmada lahanada toplam fenolik madde miktarı, 65,58 mg GAE/100 g taze ağırlık (TA) bulunmuştur, salamuraya işlendikten bir ay sonra bu değer 78.68 mg GAE/100 g taze ağırlık (TA) olmuştur. Güleç ve ark. [21] ile Sayın ve Alkan [26] Türkiye'de, Song ve ark. [22] ile Chu ve ark. [25] Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD), Bahorun ve ark. [23] Morityus'ta yetişen beyaz lahanayı analiz etmişlerdir. Dolayısıyla toplam fenolik madde içeriğindeki bu farklılığın sebebi, toprak, iklim ve mevsimsel farklılıklar olabilir. Beyaz lahanada toplam flavonoid miktarı ise, bir gram taze ağırlık başına 102 mikrogram (μg) kuersetin eşdeğeridir [23].

Lahananın oksijen radikal soğurma kapasitesi (ORAC) de, Song ve ark [22] tarafından 1359 μmol troloks eşdeğeri/100 g olarak bulunmuştur. Dondurarak kurutulmuş 111 beyaz lahananın ORAC değeri ise 23 ile 146 μmol troloks eşdeğeri/g arasında bulunmuştur. Bu sonuçlar, ORAC değerlerinin sadece türlere değil, önemli oranda da coğrafi bölgeye ve hasat zamanına bağlı olduğunu göstermektedir [27]. Kusznierevicz ve ark. [28] tarafından yapılan çalışmada ABTS antioksidan kapasite değeri çiğ lahanada 0.317 mM/100 g KM iken, salamura lahanada 0.479 mM/100 g KM bulunmuştur. DPPH yönteminde ise lahanada 0.231 mM/100 g KM olan antioksidan kapasite, salamuraya işlenmiş lahanada 0.420 mM/100 g KM dir. Song ve ark. [22] 27 farklı sebzeği değerlendirdikleri çalışmalarında en yüksek hücresel antioksidan kaliteye sahip sebzenin lahana olduğunu gözlemlemişlerdir. Sayın ve Alkan [26] da, salamuraya işlemeyle birlikte TEAC ve DPPH antioksidan kapasite değerlerinin arttığı gözlemlemişlerdir.

Beyaz lahanadaki flavonoid miktarının büyük bir kısmını kuersetin ve türevleri oluşturmaktadır ve bir gram taze ağırlık başına 51 mikrogram kuersetin ve türevleri bulunmaktadır [23]. Chun ve ark. [24] tarafından yapılan çalışmada kuersetin ve türevleri 0.9 mg/kg taze ağırlık olarak tespit edilmiştir. Ghasemzadeh ve ark. [29] tarafından yapılan çalışmada ise kuersetin miktarı 0,033 mg/g kuru ağırlık, rutin miktarı ise 0,037 mg/g kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir. Beyaz lahana, kuersetin-3-O-sophoraside-7-O-glukozit, kuersetin-3,7-di-O-glukozit, kuersetin-3-O-sophoraside, kuersetin-3-O-(caffeoil)-sophoraside-7-O-glukozit, kuersetin-3-O-(methoxycaffeoil)-sophoraside-7-O-glukozit, kuersetin-3-O-(sinapoil)-sophoraside-7-O-glukozit, kuersetin-3-O-(feruloil)-sophoraside gibi kuersetin türevleri ve kaempferol-3-O-sophorotriaside-7-O-sophoraside, kaempferol-3-O-sophoraside-7-O-glukozit, kaempferol-3,7-di-O-glukozit, kaempferol-3-O-sophoraside, kaempferol-7-O-glukozit, kaempferol-3-O-(caffeoil)sophoraside-7-O-glukozit, kaempferol-3-O-(methoxycaffeoil)-sophoraside-7-O-glukozit, kaempferol-3-O-(sinapoil)-sophoraside-7-O-glukozit, kaempferol-3-O-(feruloil)-sophoraside-7-O-glukozit, kaempferol-3-O-(*p*-coumaroil)-sophoraside-7-O-glukozit, kaempferol-3-O-(methoxycaffeoil)-sophoraside, kaempferol-3-O-(sinapoil)-sophoraside, kaempferol-3-O-(feruloil)-sophorotriaside, kaempferol-3-O-sophoraside, kaempferol-3-O-(*p*-coumaroil)-sophoraside gibi kaempferol türevleri içermektedir [30–34]. Bahorun ve ark. [23] ile Ghasemzadeh ve ark. [29] tarafından yapılan çalışmalarda ise lahanada kaempferol ve türevleri tespit edilememiştir.

2.3. Hıyar

Hıyar, dünyada da ülkemizde de sevilerek tüketilen ve en çok turşusu yapılan sebzelerdendir. Hıyar üretimi, Türkiye’de 2015 yılında 1.822.636 ton olarak belirtilmiştir [35] [19]. Türkiye, hıyar üretiminde dünyada ikinci sırada yer almaktadır, lider ülkelerden biri konumundadır [36].

Bir porsiyon hıyar, günlük K vitamini ihtiyacının %19’unu, C vitamini ve manganez ihtiyacının ise %4’ünü karşılayabilmektedir. Hıyarda, biyoaktif bileşiklerden fenolik bileşikler, lignanlar ve triterpenler bulunmaktadır [25, 37, 38].

2.3.1. Hıyarın Fenolik Madde, Antioksidan İçeriği ve Salamura İşleminin Etkisi

Song ve ark. [22] hıyarda toplam fenolik madde miktarını 10 mg GAE/100 g olarak tespit etmişlerdir. Melo ve ark. [39] hıyar ekstraktındaki toplam fenolik madde miktarını 9 mg/100g, toplam flavonol miktarını 2 mg/100 g, proantosiyanidin miktarını ise 1,52 mg/100 g olarak bildirmişlerdir. Sotiroudis ve ark. [40] ise hıyar pulpunda toplam fenolik madde içeriğini 14 mg protokateşik asit eşdeğeri/100 g, hıyar kabuğunda ise 6 mg protokateşik asit eşdeğeri/100 g olarak bulmuşlardır. Kaur ve ark. [37] ise, hıyarda toplam fenolik madde miktarını 48 mg katekol eşdeğeri/100 g bulmuşlardır. Başka bir çalışmada hıyarda bulunan serbest fenolik bileşiklerin içeriği 14,37 mg gallik asit eşdeğeri/100 g, bağlı fenolik bileşiklerin miktarı 5 mg gallik asit eşdeğeri/100 g olmak üzere toplam fenolik madde 19,5 mg GAE/100 g bulunmuştur [25]. Sayın ve Alkan [26] tarafından yapılan çalışmada, hıyarda toplam fenolik madde miktarı 16.51 mg GAE/100 g TA iken, salamuraya işlendikten bir ay sonra 28.24 mg GAE/ 100 g TA değerine yükselmiştir. Literatürde, hıyarda ve hıyar turşusunda flavonoid değerlerinin araştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Song ve ark. [22] hıyarda ORAC değerini 152 µmol troloks eşdeğeri/100 g olarak hesaplamışlardır. Salamuraya işlemeyle, hıyarda TEAC değeri artarken DPPH değeri azalmıştır [26]. Birçok çalışmada, hıyar ekstraktlarının en düşük antioksidan aktivite gösteren sebzelerden biri olduğu görülmüştür [22, 25, 37, 41–43]. Song ve ark. [22] Amerika Birleşik Devletlerinde sıklıkla tüketilen 27 farklı sebze analiz etmişler, ve aralarında en düşük toplam fenolik madde içeriği, ORAC değeri ve hücrel antioksidan aktivite değerinde olan sebze hıyar olmuştur.

HPLC-ESI-Q-TOF-MS yöntemiyle hıyar ekstraktında 73 farklı fenolik bileşik tespit edilmiştir, bu fenolik bileşiklerden bazılarının hıyardaki varlığı ilk defa gösterilmiştir. Hıyarda, kafeik, *p*-kumarik ve ferulik asitlerin konjuge ve glikolize formları, viteksin (apigenin 8-C glukozit), orientin (luteolin 8-C glukozit), kaempferol-O-glukozit, kaempferol-3-rutinozit, rutin gibi fenolik bileşikler bulunmaktadır [44–48].

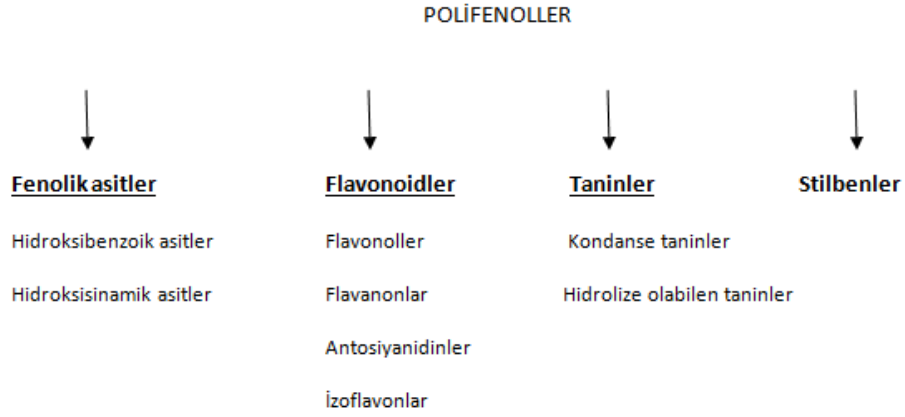
2.4. Fenolik bileşikler ve sağlık üzerindeki etkileri

Fenolik bileşikler, tüm bitkisel gıdalarda çeşitli miktarlarda bulunmaktadır. İnsan sağlığı üzerinde fenolik bileşiklerin önemli etkileri bulunmaktadır. Fenolik bileşiklerin antiviral, antialerjik, antiplatelet, antiinflamatuvar, antitümör ve antioksidan etkileri bulunmaktadır [49]. Fenolik bileşiklerin antioksidan, antimikrobiyal ve protein/enzim nötralizasyonu/modülasyonu mekanizmaları sayesinde enfeksiyonlara, dejeneratif hastalıklara, enflamasyona ve alerjilere karşı koruyucu etkileri olduğu düşünülmektedir [50].

Şekil 2.4.de de gösterildiği gibi fenolik bileşikler; fenolik asitler, flavanoidler, taninler ve stilbenler olmak üzere 4 ana gruba ayrılmaktadır.

Fenolik bileşikler, bitkiler tarafından savunma amaçlı olarak üretilen sekonder metabolitlerdir. Fenolik bileşikler yapılarında en az bir aromatik halka olan, bir ya da daha fazla hidroksil grubunun aromatik ya da alifatik yapılara bağlı bulunduğu kimyasal bileşiklerdir [51]. Fenolik asitler de, benzoik (hidroksibenzoik) ve sinamik (hidroksisinamik) asitler olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır.

Fenolik asitler genellikle serbest halde bulunmamaktadır. Karboksil grupları karbonhidratlar, glikozitler, aminoasitler veya proteinlerle reaksiyona girebilmekte ve alkollerle fenol esterler, amino bileşikleri ile de amidleri oluşturmaktadırlar. Fenolik asitlerin, hidroksil grupları da çok aktiftir ve şekerlerle birleşerek glikozitleri oluşturmaktadır [52]. Hidroksibenzoik asitlere örnek olarak p-hidroksibenzoik asit, gallik asit, ellagik asit, protokateşik asit ve vanillik asit verilebilir. Meyve ve sebzelerde en yaygın bulunan hidroksisinamik asitler ise, kafeik asit, p-kumarik asit, ferulik asit ve sinapik asittir. Hidroksisinamik asitler genellikle bağlı, nadiren serbest formda bulunurlar. Hücre duvarı polimerlerine bağlı olabilecekleri gibi, çoğunlukla bitkilerde kuinik asit ve karboksilli asitlerle (örneğin; malik asit, tartarik asit) ester halde veya şekerlerle (örneğin; D-glukoz) şeker türevleri halinde de bulunabilmektedirler [52]. Hidroksisinamik asitler, piperidin, putreskin, tiramin gibi aminlere, flavanoidlere, lignine, suberine ve kutine de bağlanabilirler [52].



Şekil 2.1. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması [50]

Flavonoidler, bitkilerde en fazla bulunan fenolik bileşiklerdir. Flavonoidler, birbirine oksijen heterosiklik ile bağlı olan 2 aromatik halkadan oluşmaktadır. Hidrojenasyon derecesine ve heterosikliğin yerine göre flavonoidler; flavonoller, flavonlar, izoflavonlar, antosiyaninler gibi alt gruplara ayrılmaktadır [51]. Flavonoidler çoğunlukla çeşitli derecelerde hidrosillenmiştir ve hidroksil grupları bazen glikozitleşmiş veya metillenmiş durumdadırlar. Flavonoidler genellikle bir – OH grubuyla (o-glikosilflavonoid olarak bilinmektedirler) ya da karbon-karbon bağıyla (c-glikosilflavonoid olarak bilinmektedirler) şeker ile bağlanarak glikozitleri halinde de bulunabilmektedirler. Genel olarak flavonoidlerin bağlandıkları şekerler, glukoz, ramnoz, galaktoz ve ksilozdur [51, 52]. Şeker molekülleri flavonoidlere çeşitli pozisyonlarda bağlanabilmektedir. Bitkilerde flavonoidlere bağlı halde 80'den fazla farklı şeker bulunmuştur ve bu şekerlerin bağlandıkları pozisyonlar da değişebilmektedir. Doğada 179 farklı kuersetin glikozit tespit edilmiştir [52, 53]. Epidemiyolojik çalışmalar, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve kanser gibi kronik hastalıkların rastlanma sıklığının, flavonoid alımıyla ters ilişkili olduğunu göstermektedir [54].

Fenolik bileşikler, lipid oksidasyonunu katalizleyebilen metal iyonları şelatlayıcılarının ve serbest radikallerin yok edicileri gibi çalışmaktadırlar ve böylelikle antioksidan özelliklerini ortaya koymaktadırlar [50]. Serbest radikal, bir ya da daha fazla eşleşmemiş elektron içeren, bağımsız olarak varlığını sürdürebilen molekül, atom ya da atom gruplarına denmektedir. Serbest radikallerin, kanser, diyabet, nörodejeneratif hastalıklar (Alzheimer ve Parkinson hastalığı gibi) ve

kardiyovasküler hastalıklar ile ilişkisi bulunmaktadır. Antioksidan maddeler ise, oksidasyonu engelleyerek veya inhibe ederek serbest radikallerin bu olumsuz etkilerine karşı koyabilen maddelerdir. Fenolik yapıda bileşikler, serbest radikalleri yok ederek ve lipid peroksidasyon oluşturma yeteneğine sahip olan metal iyonlarla şelasyon yaparak antioksidan etki gösterirler. Fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri, yapılarına göre farklılık göstermektedir. Polimerik polifenollerin, basit monomerik polifenollere göre daha iyi antioksidan aktivite gösterdiği bilinmektedir [55]. Fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri, hidroksil gruplarının sayısına ve pozisyonlarına bağlı olarak da değişkenlik göstermektedir [56]. İki adet hidroksil grubu bulunan kafeik asidin antioksidan aktivitesi, bir adet hidroksil grubu bulunan ferulik asitten daha fazladır [57]. Antioksidan aktivite, hidroksilasyonun yanı sıra metilasyon ile de ilişkili olarak değişkenlik göstermektedir [57]. Ferulik asitin antioksidan aktivitesi yapısında bulunan 3-metoksi grubundan dolayı, yapısında hidrojen bulunan para-kumarik asite göre daha yüksektir [57]. Bunun yanı sıra, her bir molekülün çözünürlüğü ve stearik etkileri, molekülün yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin; diğer bileşenlerin glikozillenmiş türevlerinin varlığı, fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesini artırabilmekte veya azaltabilmektedir. Flavanoidler, bitkilerde genellikle glikozitleri halinde bulunmaktadır, fakat enzimlerin etkisiyle aglikonlarına parçalanabilmektedir. Fenolik asitlerin antioksidan aktivitesi de, bu bileşiklerin organik asitlere ve şekerlere bağlı olmasına göre değişkenlik gösterebilmektedir. Gıdalarda bulunan bu fenolik bileşiklerin antioksidan mekanizması, gıdada bulunan bu bileşiklerin türlerine ve konsantrasyonlarına göre değişkenlik gösterebilmektedir [51]. Hidroksisinamik asitler, hidroksibenzoik asitlere göre daha fazla antioksidan aktiviteye sahiptir. Hidroksisinamik asitlerin daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olması, yapılarında karboksilik grubunun yerine propenoik yan zincirin bulunmasından ileri gelmektedir [57, 58]. Yan zincirde bulunan konjuge çift bağ, fenoksil radikalini rezonans ile stabilize edebilmektedir, böylelikle aromatik halkanın antioksidan aktivitesini yükseltmektedir [57, 58].

Fenolik bileşiklerin çeşitli spesifik biyokimyasal özellikleri olduğu bilinmektedir. Örneğin, flavanoidlerin (kuersetin ve genistein) ilginç bir fonksiyonel özelliği, tirozin kinaz enziminin ATP bağlanma noktasında yarışmalı inhibisyon göstermesidir. Bu enzim, önemli enzimatik aktivite ile karakterize edilen bir

menbran reseptörüdür. Bu enzimin ekspresyonundaki artışın, kanser ve sedef hastalığı gibi hücre çoğalmasıyla ilgili hastalıkları tetikleyebileceği düşünülmektedir. Bu flavanoidlerin kanser karşıtı etkisinin, bu mekanizmayla ilgisi olduğu söylenebilir [54].

Fenolik bileşiklerin, nörodejeneratif hastalıklara karşı etkileri de bulunmaktadır. Kuersetin, mikroglial hücrelerdeki nitrik oksit (NO)in uyarılmasıyla ilişkisi bulunan, indüklenebilen nitrik oksit sentaz (iNOS) ekspresyonunu azaltarak, nörodejeneratif hastalıklara karşı etki göstermektedir. Bunun yanı sıra, kuersetin, derideki nörovasküler yapılardaki oksidatif yaralanmaların oluş sıklığını azaltır, glutasyonun azalmasından kaynaklanan nöral hasarı inhibe eder ve DNA'yı hidrojen peroksit kaynaklı oksidatif hasardan korur [59, 60].

Fenolik bileşiklerin patojenlere karşı inhibisyon etkisi bulunmaktadır, antimikrobiyal aktivite göstermektedirler [56].

Fenolik bileşiklerin lactobacilli, bifidobakter gibi probiyotiklerin gelişimini olumlu etkileyerek, prebiyotik gibi etki gösterdiği görülmüştür. Çeşitli çalışmalar, fenolik bileşiklerin mikrobiyotayı düzenleyerek, enflamasyon ve obezite ile olumlu sağlık etkileri ortaya koyduğunu göstermektedir [61, 62].

Fenolik bileşiklerin tüketiminin kişi başına 1564,56 mg GAE/gün olduğu tahmin edilmektedir [63].

2.5. Turşu Üretimi ve Fermantasyon

Sebze ve meyvelerin muhafazaları ve farklı bir lezzet kazanmaları amacıyla salamura içerisinde fermente edilmeleri, eski çağlardan beri kullanılmakta olan bir gıda işleme yöntemidir [64]. Salamuraya işlenen gıdalar, içerdikleri doğal mikroflora ile ya da saf kültür eklenmesiyle fermente olabilmektedirler [5]. En çok üretimi yapılan turşu, hıyar turşusudur [5, 65].

Salamuraya işlenen sebzelerde fermantasyon genel olarak dört aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar, başlangıç, birincil fermantasyon, ikincil fermantasyon ve fermantasyon sonrası aşamalarıdır. Fermantasyonun başlangıç aşamasında, taze

üründe bulunan fakültatif ve mutlak anaerobik mikroorganizmalar gelişirler. Bu sırada laktik asit bakterileri de pH'nın düşmesini sağlayarak, gram (-) ve sporlu bakterilerin gelişimini engellerler. Birincil fermantasyon aşamasında, mikrofloraya laktik asit bakterileri hakimdir. Ortamda bazı fermentatif mayalarda bulunabilirler. Bu mikroorganizmaların üremeleri ortamdaki şekerin tamamen kullanılması veya oluşan asit ile inhibisyonları meydana gelinceye kadar devam etmektedir. İkincil fermantasyon aşaması ise fermentatif mayaların hakim olduğu aşamadır. Düşük pH nedeniyle laktik asit bakterilerinin gelişmesi geriledikten sonra ortamda kalan şekeri fermente ederler. Fermantasyon sonrası aşamada, ortamda karbonhidrat kaynağı kalmadığı için anaerobik koşullarda herhangi bir mikrobiyal gözlenmez. Fakat salamura yüzeyi hava ile temasta ise oksidatif mayalar, küfler ve bozulmaya neden olan bazı bakterilerin gelişimi söz konusu olabilir. Oksidatif mayalar, laktik asidi kullanarak asitliğin azalmasına ve diğer bozulma ajanlarının aktivitelerine olanak sağlar [5].

Turşu üretiminde, salamuranın tuz konsantrasyonu fermantasyonun gidişini yönlendiren, son ürünün niteliklerini etkileyen en önemli faktörlerdendir. Tuz, mikroorganizmaların gelişmesi için gerekli besin maddelerinin bitki hücrelerinden ekstraksiyonunu sağlar, istenmeyen bazı mikroorganizmaların gelişmesini engeller, ürünlerin dokusal özelliklerinin korunmasını sağlar ve son ürüne istenen tuzlu lezzeti verir [64]. Salamuranın tuz konsantrasyonunun artması salamuranın daha sıkı bir yapı kazanmasını sağlamaktadır, fakat tuz miktarının fazla artırılması fermantasyonun geç başlamasına, uzun sürmesine ve ortamda tuza dayanıklı istenmeyen bazı mikroorganizmaların gelişmesine ve yumuşamaya yol açmaktadır [64].

Sebzelerin doğal mikroflorasında da laktik asit bakterileri bulunmaktadır. Örneğin, taze hıyarda 3-3,8 log kob/g düzeyinde laktik asit bakterisi bulunmaktadır [64, 66, 67]. *L.plantarum* kültürü, plantaricin adlı bakteriyosin üretmektedir, bu bakteriyosin diğer laktik asit bakterilerini de öldürebilmektedir, doğal mikrofloraya karşı üstünlük sağlaması muhtemeldir [67]. Laktik asit bakterileri, turşu fermantasyonunda ortamdaki şekeri kullanılırlar. Hıyarda %2-3 oranında fermente edilebilir şeker bulunmaktadır. Bu şekerler, ksiloz, arabinoz, mannoz, galaktoz, glukoz ve fruktozdur. En çok bulunanlar, glukoz ve fruktozdur [67, 68]. Lahanada

bulunan şeker miktarı ise %2,9-6,4 arasında değişmektedir. Beyaz lahanadaki şeker miktarı %4,9'dur. Şekerler, monosakkaritler ve disakkaritler halinde bulunmaktadır. Genel olarak disakkaritlerin miktarı, toplam şeker içeriğinin %10'undan daha azdır [69, 70]. Lahananın yüksek miktarda şeker içermesi sebebiyle, laktik asit fermantasyonu çok kuvvetli olmaktadır. Bu sayede yabancı bakteri faaliyeti engellenmektedir [70].

2.6. *In vitro* Sindirim Yöntemleri

In vitro sindirim yöntemleri, insan vücudundaki sindirim ortamını laboratuvar ortamında simüle etmektedirler. Bugüne kadar çeşitli sindirim yöntemleri ile sindirim ortamı simüle edilmiştir, son olarak InfoGest grubu tarafından bir *in vitro* sindirim yöntemi geliştirilmiştir [71]. *In vitro* sindirim yöntemleri, *in vivo* sindirim yöntemlerine göre etik açıdan daha uygun, düşük maliyetli ve pratik olmaları sebebiyle tercih edilmektedir.

İnsanlarda ve diğer memelilerde de sindirim sistemi oldukça kompleks yapıdadır, bunun sebebi optimum miktarda besin ögesini ve biyoaktif maddeleri tüketilen gıdadan ekstrakte etme ihtiyacıdır, aynı zamanda patojenleri ve toksik bileşikleri dışarıda tutma gereksinimi vardır. Sindirim sistemi, ağız, mide ve ince bağırsaktan oluşmaktadır [72].

Çeşitli *in vitro* sindirim yöntemleri, insanların sindirim sisteminin fizyolojik koşullarını taklit etmek üzere geliştirilmiştir, statik ve dinamik sindirim yöntemleri bulunmaktadır. Sindirim yöntemlerinde, sıcaklık, çalkalama, pH, enzim ve kimyasal kompozisyon gibi fizyolojik koşullar ve sindirim süresince ortaya çıkan olaylar sırasıyla taklit edilmektedir [72].

Sindirim işlemi, ağızda başlamaktadır. Ağızdaki tüm süreç, birkaç saniye ya da birkaç dakika arasında sürmektedir, ağızda tükürük pH değeri nötrale yakındır, gıda örneğinden önemli bileşenlerin bu süreçte ayrılması beklenmemektedir. Bu yüzden bazı sindirim yöntemleri, mide ve bağırsak olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır [72].

Mide sindirimi, HCl ya da HCl-pepsin ile sabit pH ve sıcaklık koşullarında, belirli bir sürede gerçekleştirilmektedir. Gıda sıvı içerisinde homojenize edilmekte ve pH 1-2 civarına ayarlanarak pepsin eklenmektedir. pH sabit tutularak, 37°C'de 1-3 saat inkübasyona bırakılmaktadır [72]. InfoGest sindirim yönteminde ise, mide sindirimi basamağında pH 3'e ayarlanmaktadır. Bunun nedeni, açlık durumunda mide pH değeri 2 ya da daha düşüktür. Yemek yenildiğinde, gıdanın/öğünün tamponlama kapasitesinden dolayı mide pH değeri 5 ve daha üstüne çıkmaktadır. pH 3 değeri, gıda tüketildikten 2 saat sonra midenin yarısı boşaldığındaki ortalama pH değerini temsil etmektedir [71].

Bağırsak sindiriminde, nötralizasyon işlemi (genellikle NaOH ya da NaHCO₃ ile) yapılmaktadır, ve lipaz, amilaz, ribonükleaz ve proteaz gibi pankreatik enzimlerle ve emülsifiye edici olarak safra tuzlarıyla inkübasyon yapılmaktadır. Besin öğelerinin çoğunluğu jejunumda (pH 6,7-8,8) ve ileumda (pH 6,8-7,7) absorbe olmaktadır, sindirim çalışmalarının çoğunluğunda ince bağırsağın pH değeri 37°C'de 6,5-7,5'e ayarlanarak 1-5 saat inkübasyona bırakılmaktadır. Mide (peptik) ve bağırsak (pankreatik) sindirimi boyunca, gıda örnekleri genellikle çalkalamalı su banyosunda inkübe edilmektedir [72].

Statik *in vitro* sindirim modelleri, sınırlı bir sindirim (örn; mide ve/veya bağırsak sindirimi gibi) söz konusu olduğunda oldukça kullanışlıdır, fakat kolonik fermantasyonun da söz konusu olduğu sindirim çalışmalarında uygulanması zordur. Statik *in vitro* sindirim modelleri, sindirim koşullarının etkisini değerlendirmek, besin öğelerinin ve biyoaktif bileşiklerin biyoerişilebilirliğine gıda yapısının (partikül boyutu, emülsifiye edicilerin eklenmesi vb.), gıda bileşiminin (gıda zenginleştirme vb.), diyetetik faktörlerin (lif, mineral gibi gıda bileşenlerinin etkileşimleri vb.) ve gıda işlemenin (termal, termal olmayan prosesler, fermantasyon vb.) olumlu ya da olumsuz etkilerini belirlemek amacıyla kullanılabilir [72].

In vitro ve *in vivo* yöntemlerinde avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Klinik çalışmalar; deney tasarımı zorlukları, sonuç yorumlamadaki zorluklar, yüksek ekipman ve iş gücü, etik kısıtlar, bireyler arasındaki farklılıklar gibi dezavantajlara sahiptir. Bunun aksine, *in vitro* modeller tekrarlanabilir, insan ve hayvan çalışmalarına nazaran deneysel değişkenler daha kolay kontrol edilebilmektedir. *In*

vitro yöntemler, hızlı ve basittir. *In vivo* çalışmalara kıyasla daha düşük maliyetlidirler. Bunun yanı sıra *in vitro* modeller, örnek boyutunun küçültülmesi istenildiği durumlarda buna olanak vermektedir [72].

Statik *in vitro* modellerin avantajlarına ve geniş kullanım olanaklarına rağmen, statik *in vitro* modellerde bağırsağın dinamik ortamı simüle edilmemektedir. Statik *in vitro* modeller, gıdanın absorpsiyonunu, gıda bileşeninin taşınım kinetiklerini, *in vivo* da olduğu gibi absorpsiyon noktasında farklı gıda bileşenlerinin yarışmasını ölçememektedirler. *In vitro* modellerde, düzenleyici özellikleri olan kompleks mukozal bariyer, hormonal ve sinirsel kontrol, geri bildirim mekanizması, mukozal hücre aktivitesi, peristaltik hareketlerin kompleksliği, pH daki sürekli değişimler, salgı akış hızları, immün sistem aktivitesi, bağırsak mikroflorasının ve ciğer metabolizmasının bulunmamasıdır. Bunun yanı sıra, bir besin ögesinin ya da biyoaktif maddenin biyoyararlılığını etkileyen beslenme durumu, yaş, genotip, fizyolojik durum (örn; hamilelik, emzirme ve obezite gibi), kronik ve akut rahatsızlık durumu gibi etkenler *in vitro* sindirim yöntemlerinde değerlendirilememektedir [72].

Çeşitli statik *in vitro* sindirim yöntemleri bulunmaktadır, yöntemlerin farklılığı bu çalışmalardan elde edilen sonuçların kıyaslanmasını zorlaştırmaktadır. Örneğin; yapılan çalışmalarda domuz, tavşan, insan gibi pek çok farklı kaynaktan elde edilmiş enzimler kullanılmaktadır, bu durum enzimlerin aktivitesi ve karakterizasyonunda farklılıklara yol açmaktadır. pH, mineral kompozisyonu ve sindirim süresi gibi enzim aktivitesini ve diğer durumları değiştirebilecek farklı uygulamalar, çalışmalardan elde edilen sonuçları da değiştirebilmektedir. Bundan dolayı, InfoGest grubu tarafından InfoGest sindirim yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemin uygulanmasıyla, yapılan çalışmalar arasında daha fazla kıyaslanabilirlik mümkün olacaktır [72]. InfoGest sindirim yöntemi, ağız, mide ve bağırsak sindirimi olmak üzere üç basamaktan oluşan statik *in vitro* sindirim yöntemidir [71].

2.7. Kapari, Hıyar ve Lahanada Bulunan Fenolik Bileşiklerin Biyoerişilebilirliği ve Biyoyararlılığı

2.7.1. Biyoerişilebilirlik, Biyoyararlılık ve Gıda Matrisi

Biyoyararlılık, alınan besinin içerdiği aktif maddelerin normal fizyolojik fonksiyonlarda kullanılabilen ve depolanabilen kısmıdır [1]. Biyoerişilebilirlik ise, biyoyararlılık için ilk basamaktır. Mide-bağırsak sisteminde gıda matrisinden serbest kalabilen ve bağırsak bariyerinden geçip bağırsağa ulaşabilen bileşen fraksiyonudur. Kısaca, gıdanın sindirilmesi ile alınan bileşiğin ince bağırsakta emilimi gerçekleştikten sonra elde edilen kısmı olarak tanımlanabilir. Herhangi bir fitokimyasalın biyoyararlılığının değerlendirilmesi için, absorpsiyonu, metabolizması, doku ve organlarda dağılımı ve boşaltımı gibi konularda verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan biyoyararlılık çalışmaları, hem karmaşık ve pahalı olmaları hem de ahlaki ve etik sorunları gündeme getirmeleri nedeniyle tercih edilmemektedir. Bunun yerine daha ucuz ve nispeten uygulanması daha basit olan *in vitro* yöntemler tercih edilmektedir [3].

Fenolik bileşiklerin biyoyararlılıkları, gastrointestinal sistemde düşük absorpsiyon, stabil olmama, mide ve bağırsakta biyodönüşüm, aşırı metabolizma, vücuttan hızlı ayrılma gibi sebeplere bağlı olarak düşüktür. Fenolik bileşikler, genellikle suda çözünabilir glukozitler ve hücre duvarının yapısal bileşiklerine bağlı suda çözünemeyen formlar olarak doğada bulunurlar. Bağlı bulunan fenolik bileşiklerin sindirim sisteminde absorpsiyonu, şeker kısmından serbest kalmalarına bağlıdır. Fermantasyon, çimlendirme, termoplastik ekstrüzyon, mikrodalga ve ultrason uygulamalarıyla desteklenmiş enzimatik, bazik ve asit hidrolizleri gibi gıda prosesleri, hücre duvarına bağlı olan fenolik bileşiklerin serbest kalmasına olanak sağlar ve böylece biyoerişilebilirlik ve biyoyararlılığı artırabilir. Bunun yanı sıra, gıda işleme, çoğu bitkisel gıdanın düzenlenmiş mikroyapısını değiştirebilir [4].

Belirli bir bileşiğin absorpsiyonu, gıda matrisindeki diğer bileşiklere ve bu bileşiklerle olan interaksiyonlara bağlıdır [1]. Bir bileşiğin biyoerişilebilirliği ve biyoyararlılığı, söz konusu bileşiğin gıda matrisinde yer almasına ya da saf bileşik olmasına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir [73].

2.7.2. Rutinin, Kaempferol-3-O-rutinozitin ve Kuersetinin Biyoerişilebilirliği ve Biyoyararlılığı

Kapari, lahana ve hiyarda rutin bulunmaktadır. Kapari, lahana ve hiyardaki rutin biyoerişilebilirlikleri ya da biyoyararlılıkları ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Fakat rutin standardında ve rutin bulduğu bazı gıdalarda, bu fenolik bileşiğin biyoerişilebilirliği ve biyoyararlılığı ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır.

Rutin standart bileşiğinin biyoerişilebilirliğinin araştırıldığı farklı çalışmalar yapılmıştır. Gayoso ve ark. [74] yapılan bir çalışmada rutin standart bileşiğinin biyoerişilebilirliği üç farklı yöntem kullanılarak araştırılmıştır. Bu yöntemler bağırsak sindirimi sonrasında farklılaşmaktadır. A yönteminde bağırsak fraksiyonu filtrasyonla, B yönteminde diyaliz membran kullanılarak, C yönteminde ise santrifüjle elde edilmektedir. Bağırsak sindiriminde yüksek oranda rutin degrade olmuştur, ve bu yöntemlerle yapılan çalışmada başlangıçtaki rutin miktarının %30-40'ı korunabilmiştir. Bermudez-Soto [75] tarafından rutin standardında yapılan sindirim çalışmasında ise %3.1 kayıp olmuştur. Rutinin antioksidan aktivitesinin sindirim sonrasında %28-32'si korunabilmiştir [74]. Rutinin biyoerişilebilirliği, Caco-2 hücreleri kullanılarak da araştırılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda rutin, Caco-2 hücrelerine verilmiştir ve verilen rutin apikal yüzeyden bazolateral kısma yüzdesel olarak ne kadarının geçebildiği hesaplanmıştır. 10 µM ve 30 µM konsantrasyonlarında rutin hücrelere verildiğinde, rutin %0.2'si bazolateral kısma geçebilmiştir. 100 µM rutin verildiğinde, %0.1'i, 300 µM rutin verildiğinde %0.07'si ve 1000 µM rutin verildiğindeyse yalnızca %0.05'i bazolateral kısma geçebilmiştir. Miranda ve ark. [76] tarafından yapılan bu çalışmadan anlaşıldığı üzere Caco-2 hücrelerinde verilen rutin konsantrasyonu arttıkça, rutin bazolateral kısma geçebilme oranı azalmıştır.

Rutin farklı gıdalarda farklı biyoerişilebilirlik değerlerine sahiptir. Kuş kirazında yapılan bir çalışmada sindirim sonrasında rutin miktarında %29.6 kayıp olduğu görülmüştür [75]. Doğal ya da fermente *Prinsepia utilis* Royle tohumlarında yapılan sindirim çalışmasında ise, sindirim sonrasında rutin miktarı artmıştır. *R. oligosporus* kullanılarak hazırlanan fermente tohumlarda ise aksine sindirim sonrasında ortamda rutin tespit edilememiştir [77]. Mangaba meyvesinde rutin

biyoerişilebilirliği %57.32, siriguela meyvesinde %17.56, umbu-caja meyvesinde ise %21.57'dir [78]. Rutinin biyoerişilebilirliği, sarı taze incirde %12, sarı kuru incirde %13, mor taze incirde %16, mor kuru incirde %9'dur [79]. Caco-2 hücreleri kullanılarak, Nicola patateslerinde rutinin biyoerişilebilirliği araştırılmış ve % 0.6 olarak bulunmuştur [76].

Karışık meyve suyu-soya sütü bazlı meşrubatta yapılan bir çalışmada rutinin biyoerişilebilirliğinin %17 olduğu saptanmıştır [80]. Aynı çalışma grubu rutinin biyoerişilebilirliğini, karışık meyve suyu-süt bazlı meşrubatta %7, karışık meyve suyunda ise %11.8 olarak tespit etmişlerdir [81]. Bir başka çalışmalarında ise, rutinin biyoerişilebilirliği su-meyve suyu meşrubatında %12,5, süt-meyve suyu meşrubatında %0, soya sütü-meyve suyu meşrubatında %10.1 olarak bulunmuştur [82].

Kuersetin standardının biyoerişilebilirliği yapılan bir çalışmada %50.89 olarak belirlenmiştir [83]. Kuersetinin biyoerişilebilirliğinin farklı gıda matrislerinde araştırıldığı çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Schulz vd. [84] tarafından yapılan çalışmada, juçara meyvesinin olgunlaşma sürecinde kuersetinin biyoerişilebilirlik değerleri araştırılmış, ve farklı olgunluk evrelerinde %11.5-53.5 arasında bulunmuştur.

Literatürde, kaempferol-3-O-rutinozitin biyoerişilebilirliğinin araştırıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır [77, 85]. Kapaide, lahanada ve hıyarda kaempferol-3-O-rutinositin biyoerişilebilirliğinin değerlendirildiği herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Fakat, bazı gıdalarda kaempferol-3-O-rutinozitin biyoerişilebilirliği belirlenmiştir [77, 85]. *Prinsepia utilis* Royle tohumlarında kaempferol-3-O-rutinozitin miktarı sindirim sonrasında artış göstermiştir [77]. Bademde ise kaempferol-3-O-rutinozitin biyoerişilebilirliği %91,8 bulunmuştur [85].

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Sebzeler

Hammadde olarak kapari, lahana ve hıyar kullanılmıştır. Kapari örnekleri, Urla, İzmir'den temin edilmiştir. Kapariler, 9 mm. den küçük olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Hıyar ve lahana örnekleri, Manisa semt pazarından temin edilmiştir. 3-6 cm arasındaki hıyarlar kullanılmıştır. Lahanaların ise küçük ve sıkı olmasına dikkat edilmiştir.

3.1.1.1. Sebzelerin salamuraya işlenmesi

Sebzeler, Chr Hansen SM-199 *Lactobacillus plantarum* (Almanya) kültürü kullanılarak salamuraya işlenmişlerdir. 25 gramlık bir paket kültür çözeltilisi, 5 L suda çözülmüştür ve her bir kavanoz için 10 mL kültür çözeltilisi kullanılmıştır.

Salamura, %6 tuz ve %0.5 sirke içeriğine sahip olacak şekilde hazırlanmıştır. kaya tuzu (Billur Tuz, İzmir) ve üzüm sirkesi (Fersan Fermantasyon Ürünleri San. ve Tic. A.Ş., İzmir) kullanılmıştır.

Kapari turşuları 37 cc.lik kavanozlarda, hıyar ve lahana turşuları ise 66 cc.lik cam kavanozlarda üretilmişlerdir. Tablo 3.1.1.1.1'de turşuların üretim formülasyonları verilmiştir. Turşu kavanozları, 25°C inkübatörde fermantasyona bırakılmışlardır, turşuların 10 günde fermantasyon sürecini tamamlayıp hazır oldukları görülmüştür. Çiğ kapari, hıyar ve lahana salamuraya işlendikten sonra ilk bir hafta boyunca hergün salamuranın pH ve tuz değeri ölçülmüştür, sonrasında ise üç günde bir ölçüm alınmıştır. Salamurada asitlik değeri ise haftada iki kere ölçülmüştür. Toplam laktik asit bakteri sayımı, hıyar ve lahana salamurasında 0. ve 7.gün yapılmıştır. Kapari salamurasında ise, 0., 1., 3., 5., 7. günlerde yapılmıştır. Tüm turşuların fermantasyonu 10 günde tamamlanmıştır, 10.günde de salamurada pH, asitlik ve tuz tayinlerine bakılmıştır. Çiğ sebzelerde ve turşu sebzelerde nem, pH, asitlik değerleri belirlenmiştir, bu analizlere ek olarak turşu sebzelerde toplam laktik asit bakteri sayımı da yapılmıştır.

Tablo 3.1.1.1 Bir kavanoz turşunun formülasyonu

	Kapari Turşusu	Hıyar Turşusu	Lahana Turşusu
Sebzenin ağırlığı (g)	150	310±2	245±2
Salamuranın hacmi (mL)	125	250	295
Kültür çözeltisinin hacmi (mL)	10	10	10
Toplam salamura hacmi (mL)	135	260	305
Kullanılan kavanoz hacmi (mL)	370	660	660

3.1.2. Kimyasal Malzemeler

Asitlik tayini ve tuz tayininde kullanılan kimyasallar;

- Sodyum hidroksit (NaOH), Merck
- Fenolftalein, Sigma-Aldrich
- Potasyum kromat, Merck
- Gümüş nitrat, Merck

Toplam laktik asit bakteri sayımında kullanılan kimyasallar;

- Sodyum klorür (NaCl), Meck
- De Man, Rogosa and Sharpe (MRS) Agar, Merck

Ekstraktların hazırlanmasında kullanılan kimyasallar;

- Metanol (\geq %99), Smyras
- Formik asit (\geq %98), Merck

Toplam fenolik madde tayininde kullanılan kimyasallar;

- Folin-Ciocalteu çözeltisi (2 N), Merck
- Sodyum karbonat (Na₂CO₃), Sigma-Aldrich
- Gallik asit (\geq %98), Merck

Toplam flavonoid tayininde kullanılan kimyasallar;

- Sodyum nitrit (NaNO₂), Merck
- Kateşin (\geq %98), Sigma-Aldrich
- Alüminyum klorid (AlCl₃), Merck
- Sodyum hidroksit (NaOH), Merck

FRAP yöntemi ile toplam antioksidan kapasite tayini için kullanılan kimyasallar;

- Sodyum asetat trihidrat, Merck
- Glasiyal asetik asit, Merck
- Hidroklorik asit (HCl) (%37), Merck
- 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ), Sigma-Aldrich
- Demir (III) klorid, Merck
- Demir (II) sülfat, Sigma-Aldrich

DPPH yöntemi ile toplam antioksidan kapasite tayini için kullanılan kimyasallar;

- 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), Sigma-Aldrich
- Troloks, Sigma-Aldrich
- Metanol (\geq %99), Smyras

ABTS yöntemi ile toplam antioksidan kapasite tayini için kullanılan kimyasallar;

- 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) (ABTS), Sigma Aldrich
- Potasyum persülfat ($K_2S_2O_8$), Sigma-Aldrich
- Potasyum dihidrojen fosfat (KH_2PO_4), Sigma-Aldrich
- Dipotasyum hidrojen fosfat (K_2HPO_4), Sigma-Aldrich
- TROLOKS, Sigma-Aldrich

Sindirim işleminde kullanılan kimyasallar;

- Potasyum klorür (KCl), Riedel-de Haen
- Potasyum dihidrojen fosfat (KH_2PO_4), Sigma-Aldrich
- Sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$), Carlo Elba
- Sodyum klorür (NaCl), Merck

- Magnezyum klorid dihidrat ($MgCl_2(H_2O)_6$), Carlo Elba
- Amonyum karbonat ($(NH_4)_2CO_3$), Riedel-de Haen
- Sodyum hidroksit (NaOH), Merck
- Hidroklorik asit (HCl) (%37), Merck
- Kalsiyum klorür dihidrat ($CaCl_2(H_2O)_2$), Merck
- Pepsin, Sigma Aldrich
- Pankreatin, Sigma Aldrich
- Safra tuzu, Sigma Aldrich
- Pefabloc, Acros

Enzim aktivite testlerinde kullanılan kimyasallar;

- Hidroklorik asit (HCl) (%37), Merck
- Sodyum klorür (NaCl), Merck
- Sodyum hidroksit (NaOH), Merck
- Trikloroasetik asit (TCA)
- Hemoglobin, Sigma Aldrich
- Tris (hydroxymethyl) aminomethane (Trizma base), Sigma Aldrich
- p-toluene sulfonyl-L-arginine methyl ester (TAME)
- Kalsiyum klorür ($CaCl_2$), Merck

HPLC analizlerinde kullanılan kimyasallar

- Asetonitril ($\geq\%99.9$, HPLC'ye uygun), Carlo Elba
- Glasiyal asetik asit, Merck
- Metanol ($\geq\%99.9$, HPLC'ye uygun), Sigma Aldrich
- Rutin (kuersetin-3-o-rutinozit), Fluka Chemika
- Kaempferol-3-o-rutinozit, Sigma Aldrich
- Kuersetin, Sigma Aldrich

3.1.3. Kullanılan Cihazlar

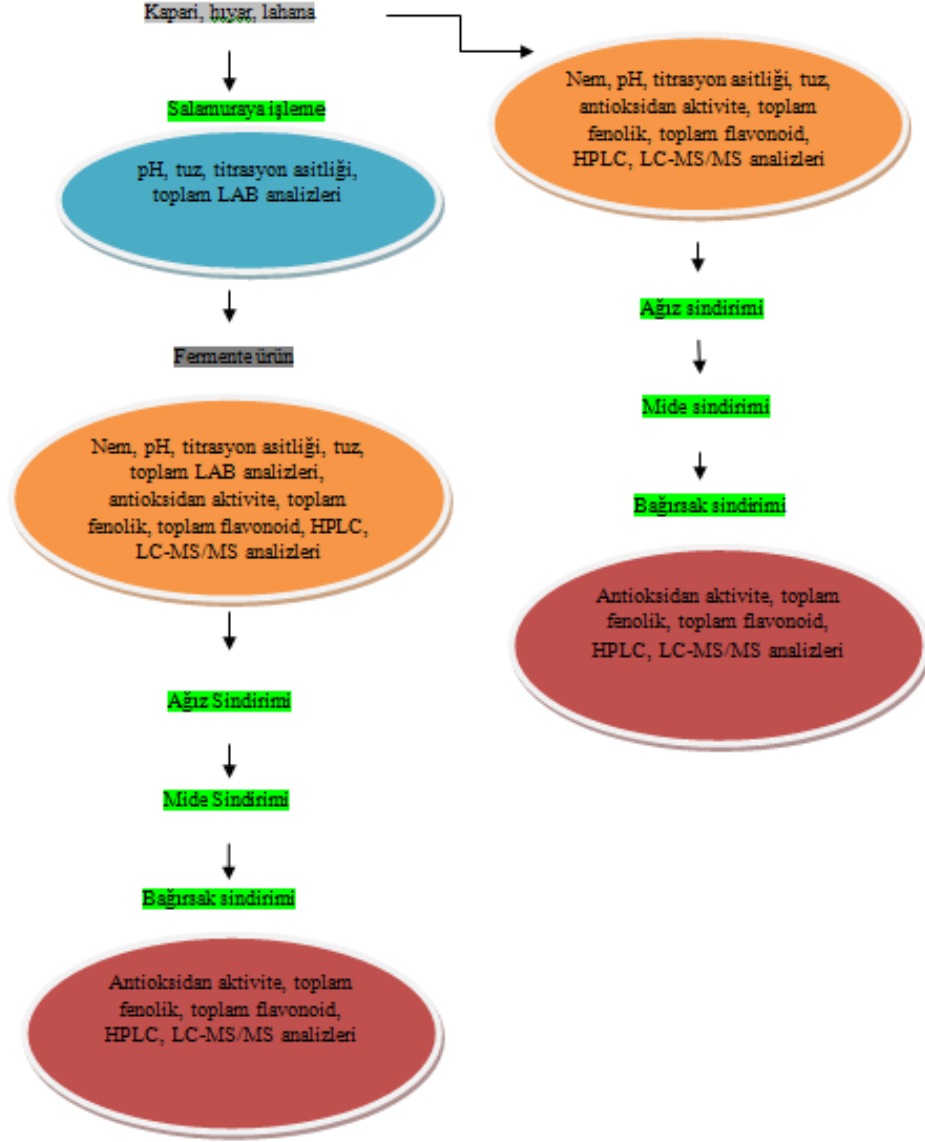
Analizlerde kullanılan cihazlar aşağıda belirtilmiştir;

- Laboratuvar tipi pH metre (WTW marka 7110 model, Almanya)
- Dijital ayarlanabilir otomatik mikropipetler (Brand ve Capp marka)

- Mikrosantrifüj (WiseSpin CF-10 santrifüj)
- Soğutmalı santrifüj (Hettich Universal 32R)
- Santrifüj (Hettich EBA 85)
- Spektrofotometre (Shimadzu UV-1601)
- Çalkalamalı inkübatör (IKA KS 4000i)
- Mikroplaka ve küvet spektrofotometresi (Multiskan Go)
- Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi (HPLC) (Agilent Technologies 1260 Infinity)
- Etüv (Mettler)
- Ultrasonik su banyosu (Alex Machine)
- Vorteks cihazı (WiseMix VM-10)
- Waring Blender (ABD)
- Hassas terazi (Mettler Toledo)
- Derin dondurucu (-86°C)
- Buzdolabı (+4 ve -18°C) (Arçelik)
- Otoklav (HMC Hirayama)
- Stomacher cihazı
- İnkübatör (Nüve)
- Soğutmalı inkübatör (WiseCube)
- Mikrodalga fırın (Arçelik)
- Krom analiz eleği (Akyol Ticaret)

3.2. Yöntem

Çiğ ve salamuraya işlenmiş sebzelerin bir kısmına, sebze örneklerindeki analizleri yapmak üzere ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Çiğ ve salamuraya işlenmiş sebzelerin diğer kısmına ise *in vitro* sindirim uygulanmıştır. Ekstraktlarda ve *in vitro* sindirim sonucu elde edilen örneklerde toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, antioksidan aktivite tayinleri, HPLC ile bazı flavonoidlerin kantitatif analizleri ve LC-MS/MS ile fenolik bileşiklerin kantitatif analizleri yapılmıştır. Analiz akım şeması, Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Analiz akım şeması

3.2.1. *In vitro* Sindirim Uygulaması

Çiğ sebzelere ve salamuraya işlenen sebzelere Minekus ve ark. [71] tarafından önerilen *in vitro* sindirim modeli temel alınarak sindirim işlemi uygulanacaktır. Bu yöntem, simüle sindirim sıvıları ve sindirim enzimlerinin kullanıldığı bir *in vitro* sindirim yöntemidir.

3.2.1.1. Pepsin Enzimatik Aktivite Testi

Bu yöntemde [71], hemoglobin substrat olarak kullanılarak pepsinin enzimatik aktivitesi belirlenmiştir.

Hazırlanan tüm çözeltiler ve kimyasallar, buz üzerinde tutulmuştur. 0,01-0,02-0,03-0,04 ve 0,05 mg/mL konsantrasyonlarında pepsin çözeltileri hazırlanmıştır. Her bir konsantrasyon için deney tüplerine, kör örnek ve test örneği hazırlanmıştır. Tablo 3.2’de de kör ve test örneklerinin hazırlanışları gösterilmiştir. Kör ve test tüplerine öncelikle 5 mL substrat (%2,5 hemoglobin çözeltisi) koyulduktan sonra, tüpler 37°C inkübatörde 10 dakika bekletilmiştir ve sonrasında test tüpüne 1 mL enzim çözeltisi eklenmiş, tüpler karıştırılmış ve 10 dakika daha 37°C inkübatörde bekletilmiştir. Sonrasında, kör ve test tüplerine 10’ar mL %5’lik trikloroasetik asit çözeltisi (TCA) eklenmiştir, ve kör örnek tüpüne de 1 mL enzim çözeltisi eklenmiştir. Tüpler karıştırılmış, ve 37°C inkübatörde 5 dakika bekletilmiştir. Daha sonra, 6000 rpm de 30 dakika santrifüj edilerek hemoglobinin çökmesi sağlanmıştır. Sonrasında kör ve test örnekleri 0,45 µm şırınga filtreden geçirilerek kuvars küvetlere alınmıştır. Her bir filtre edilmiş örneğin, spektrofotometrede 280 nm de havaya karşı absorbans değerleri okunmuştur.

Tablo 3.2.1 Kör örnek ve test örneği tüplerinin içerikleri

Reaktif ismi	Kör örnek (mL)	Test örneği (mL)
Substrat	5	5
Enzim çözeltisi	-	1
TCA çözeltisi	10	10
Enzim çözeltisi	10	-

Hesaplama şu formül kullanılmıştır;

$$\text{Ünite/mg enzim} = \frac{(A_{280} \text{ Test} - A_{280} \text{ Kör}) (df)}{(10)(1)(0,001)}$$

df=seyreltme faktörü,

10=denemedeki inkübasyon süresi (dk),

1=eklenen enzim miktarı (mL),

0,001=sabit (Tanıma göre, 37°C sıcaklıkta ve pH 2’de bir ünite enzim, bir dakikada ΔA280 değerinde 0,001’lik bir değişime yol açmaktadır.)

3.2.1.2. Tripsin Enzimatik Aktivite Testi

Tripsin enzimatik aktivite testi, p-toluene-sulfonyl-L-arginin metil esterinin (TAME) 247 nm.de (pH=8,1) kinetik olarak ölçümüne dayanmaktadır [71]. 25°C’de pH 8,1’de dakikada 1 µmol TAME nin hidrolizi, 1 ünite enzim aktivitesi ile gerçekleştirilebilmektedir.



Hazırlanan tüm çözeltiler ve kimyasallar, buz üzerinde tutulmuştur. 0,25, 0,5 ve 1 mg/mL konsantrasyonlarında pankreatin çözeltileri hazırlanmıştır. Kuvars küvetlere, kör ve test örnekleri hazırlanmıştır. Kör örnek için, küvetin içerisine 2,6 mL Tris-HCl tamponu (pH 8,1) ve 300 µL substrat (10 mM TAME) alınıp karıştırılmıştır. 25°C'ye gelmesi için 3-4 dakika inkübatörde bekletilmiştir. Üzerine 100 µL 1 mM HCl eklenmiştir. 5 dakika boyunca 10'ar saniye aralıklarla 247 nm de absorbans değerleri alınmıştır. Test örnekleri içinde aynı şekilde, küvetin içerisine 2,6 mL Tris-HCl tamponu (pH 8,1) ve 300 µL substrat (10 mM TAME) alınıp karıştırılmıştır. 25°C'ye gelmesi için 3-4 dakika inkübatörde bekletilmiştir. Üzerine 100 µL enzim konularak 10'ar saniye aralıklarla 247 nm de absorbans değerleri alınmıştır. Hesaplama şu formül kullanılmıştır;

$$\text{Ünite/mg enzim} = \frac{(\Delta A_{247\text{Test}} - \Delta A_{247\text{Kör}}) * 1000 * 3}{(540 * X)}$$

ΔA_{247} =Lineer eğrinin eğimi (absorbans/dakika)

540=TAME nin 247 nm deki molar sönmleme katsayısı

3=reaksiyon karışımının hacmi (mL)

X=reaksiyon karışımındaki pankreatinin ya da tripsinin miktarı (mg)

3.2.1.3. Ön hazırlıklar

Simüle ağız sıvısı (Simulated Salive Fluid, SSF); 15.1 mmol/L KCl, 3.7 mmol/L KH₂PO₄, 13.6 mmol/L NaHCO₃, 0.15 mmol/L MgCl₂(H₂O)₆, 0.06 mmol/L (NH₄)₂CO₃ içecek şekilde hazırlanmıştır.

Simüle mide sıvısı (Simulated Gastric Fluid, SGF) ise; 6.9 mmol/L KCl, 0.9 mmol/L KH₂PO₄, 25 mmol/L NaHCO₃, 47.2 mmol/L NaCl, 0.1 mmol/L MgCl₂(H₂O)₆, 0.5 mmol/L (NH₄)₂CO₃ içecek şekilde hazırlanmıştır.

Simüle bağırsak sıvısı (Simulated Intestinal Fluid, SIF) da; 6.8 mmol/L KCl, 0.8 mmol/L KH₂PO₄, 85 mmol/L NaHCO₃, 38.4 mmol/L NaCl, 0.33 mmol/L MgCl₂(H₂O)₆ içecek şekilde hazırlanmıştır.

Sindirim işleminin hemen öncesinde de 0.3 mol/L CaCl₂(H₂O)₂ hazırlanacaktır. CaCl₂(H₂O)₂ konsantrasyonu, SSF'de 1.5 mmol/L, SGF'de 0.15 mmol/L, SIF'de ise 0.6 mmol/L bulunacak şekilde eklemeler yapılmıştır.

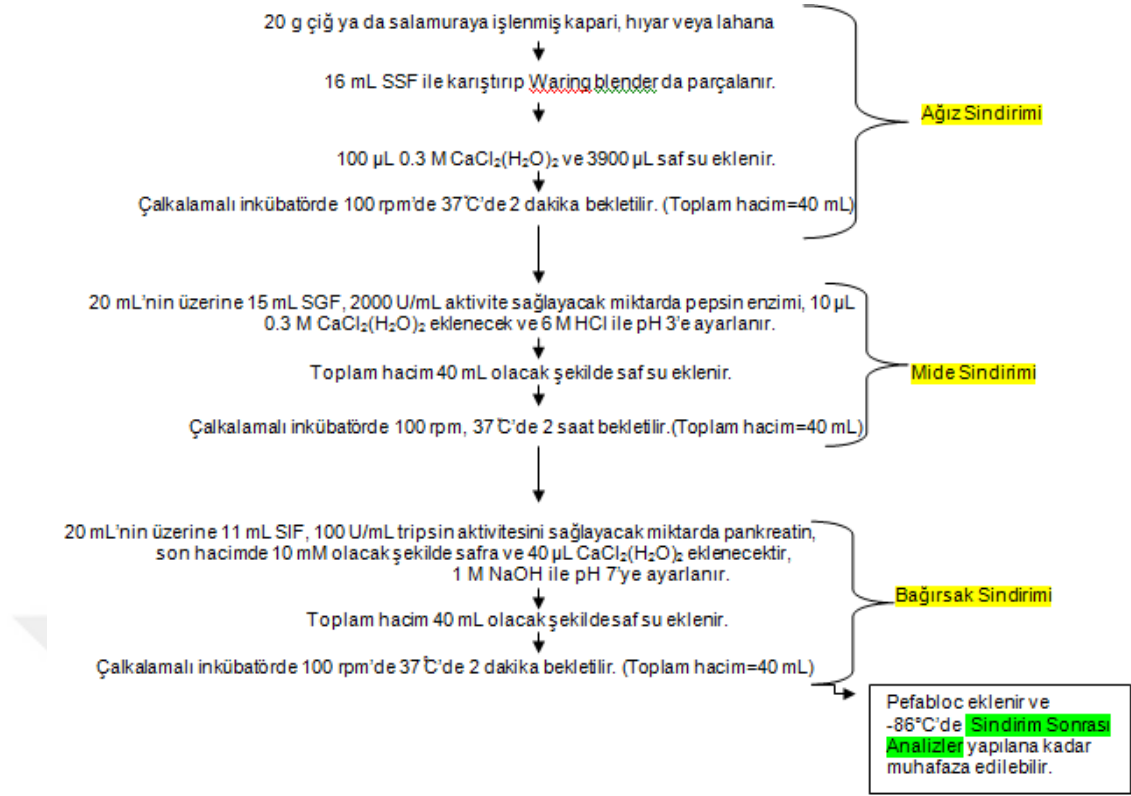
Mide fazında 2000 U/mL aktivitede pepsin, bağırsak fazında ise 100 U/mL tripsin aktivitesinde pankreatin olacak şekilde sindirim enzimleri hazırlanmıştır. Enzimlerin aktiviteleri test edilmiş ve böylelikle kütlece kullanılacak enzim miktarları belirlenmiştir. Pepsin aktivitesi, bovin kan hemoglobini substrat olarak kullanılarak belirlenmiştir. Pankreatinin tripsin aktivitesi ise, *p*-toluene-sulfonyl-L-arginine methyl ester (TAME) substrat olarak kullanılarak belirlenmiştir [86].

3.2.1.4. Sindirim İşlemi

Sindirim işlemi akım şeması, Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Sindirim işlemi için, çiğ ve salamuraya işlenmiş sebze örneklerinden 5 gram tartılmış ve 3.5 mL SSF ile karıştırılarak Waring blender da parçalanmıştır. Örnekler, 25 µL 0.3 M CaCl₂(H₂O)₂ ve 975 µL saf su eklenmiştir, böylelikle toplam hacim 10 mL olmuştur. Çalkalamalı inkübatörde 100 rpm'de 37°C'de 2 dakika bekletilerek ağız sindirimi tamamlanmıştır.

Minekus ve ark. [71] tarafından önerilen *in vitro* sindirim yönteminde, ağız sindiriminde α-amilaz da kullanılmıştır. Bizim örneklerimizde nişasta miktarları yok denilebilecek kadar az olduğundan yöntemde α-amilaz kullanılmayarak küçük bir modifikasyon yapılmıştır. Minekus vd. (2014a) tarafından önerilen sindirim yönteminin temel alınarak modifiye edildiği bazı çalışmalarda da [87–89] α-amilaz kullanılmamıştır.

Ağız sindirimi sonrasında hemen mide sindirimi prosedürlerine geçilmiştir. Bunun için 10 ml ağız sindirimine maruz kalmış örneğe vakit kaybetmeksizin 7.5 mL SGF, 2000 U/mL aktivite sağlayacak miktarda pepsin enzimi, 5 µL 0.3 M CaCl₂(H₂O)₂ eklenmiş ve 6 M HCl ile pH 3'e ayarlanmıştır, bu işlem için harcanan HCl miktarı kaydedilmiştir. Toplam hacim 20 mL olacak şekilde saf su eklenmiştir. Çalkalamalı inkübatörde 100 rpm, 37°C'de 2 saat bekletilerek mide sindirimi tamamlanmıştır.



Şekil 3.2. Sindirim işlemi akım şeması

Bağırsak sindirimi, mide sindiriminden hemen sonra yapılmaktadır. Mide sindirimine uğramış 20 mL örneğe 11 mL SIF, 100 U/mL tripsin aktivitesini sağlayacak miktarda pankreatin, son hacimde 10 mM olacak şekilde safra ve 40 µL 0.3 M CaCl₂(H₂O)₂ eklenmiş, 1 M NaOH ile pH 7'ye ayarlanmış ve harcanan miktar kaydedilmiştir. Toplam hacim 40 mL olacak şekilde saf su eklenmiştir. Çalkalamalı inkübatörde 100 rpm, 37°C'de 2 saat bekletilerek bağırsak sindirimi tamamlanmıştır. Sindirim sonunda ortama 150 mM Pefabloc enzim inhibitörü eklenerek, enzim reaksiyonları durdurulmuştur. Sindirime uğramış örnekler, 4°C'de 4000 rpm de 10 dakika santrifüj edilerek katı kısımların dibe çökmesi sağlanmıştır. Üstte kalan süpernatant kısım örnek tüplerine alınmış ve daha sonra yapılacak olan analizlere kadar -86°C'de muhafaza edilmiştir.

Analiz öncesinde ekstraktlar, 12000 rpm de 10 dakika santrifüj edilmiş ve üst faz analizlerde kullanılmıştır.

Biyoerişilebilirliğin hesaplanması aşağıdaki formül kullanılarak yapılmıştır;

$$\text{Biyoerişilebilirlik (\%)} = \frac{\text{Sindirim sonrası numunedeki madde miktarı}}{\text{Sindirim öncesi numunedeki madde miktarı}} * 100$$

3.2.2. Analizler

3.2.2.1. Nem Tayini

Alüminyum nem kapları önceden sabit tartıma getirilmiştir. Sabit tartıma getirilen ve darası alınan nem kaplarına 3 g civarında öğütülmüş örnek tartılmıştır. 105°C etüvde sabit tartıma gelinceye kadar tutulmuştur. Sabit tartıma geldikten sonra, % nem miktarı şu formül ile hesaplanmıştır;

$$\% \text{ nem} = \frac{(a-b)}{c} \times 100$$

a=örnek miktarı+dara

b=kurutulmuş örnek miktarı+dara

c=örnek miktarı

3.2.2.2. pH Tayini

pH değeri, pH-metre ile ölçülmüştür. 20 g sebze örneğine 40 mL saf su eklenerek waring blenderde 3 dakika boyunca homojenize edilmiştir ve elde edilen karışım da tülbentten süzülerek pH tayininde kullanılmıştır [14]. Salamurada pH tayini ise, direkt pH-metre ile ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.2.3. Toplam Laktik Asit Bakteri Sayımı

Turşuda laktik asit bakterilerinin sayımı amacıyla turşu örneğinden aseptik şekilde 10 gram tartılarak 90 mL %0.85 serum fizyolojik eklenmiş ve Stomacher cihazında homojenize edilmiştir. Salamurada laktik asit bakterilerinin sayımı içinse 10 mL salamura 90 mL %0,85 serum fizyolojiğe eklenmiş ve homojenize edilmiştir. 10⁻¹'den 10⁻⁷'ye kadar dilüsyonlar hazırlanmıştır. Çift tabaka dökme plak yöntemi ile petrilere ekim yapılmıştır. Besiyeri olarak MRS agar kullanılmıştır. Besiyeri donduktan sonra petrilere ters çevrilerek 30°C'de 3 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonucunda 30-300 koloni içeren petrilere sayım yapılarak turşuda koloni oluşturan birim (kob)/g, salamurada ise kob/mL olarak sonuçlar belirlenmiştir [90].

3.2.2.4. Asitlik Tayini

20 g sebze örneğine 40 mL saf su eklenerek waring blenderde homojenize edilmiş, elde edilen karışım tülbentten süzölmüş ve süzöntüden 25 mL alınarak fenolftalein eklenmiş ve 0,1 N NaOH ile pembe renk elde edilinceye kadar titrasyon yapılmıştır. Salamurada asitlik tayininde ise 25 mL salamura alınarak titrasyon yapılmıştır. Asitliğin yüksek olmasının beklendiği salamuralarda ise 1 mL salamura örneği alınıp saf su eklenerek titrasyon yapılmıştır. Asitlik, laktik asit cinsinden g/100 mL olarak hesaplanmıştır [91].

3.2.2.5. Tuz Tayini

Sebzelerde ve salamuralarda, Mohr metodu kullanılarak tuz tayini yapılmıştır. 1 mL salamura örneği alınarak üzerine 25 mL saf su eklenmiştir. 0,1 N NaOH ile fenolftalein eşliğinde nötralize edilmiştir. Nötralize edilmiş çözeltiye indikatör olarak 2 mL %5'lik potasyum kromat (K_2CrO_4) çözeltisi eklenmiş ve 0,1 N gümüş nitrat ($AgNO_3$) çözeltisi ile kiremit kırmızısı renk elde edilinceye kadar titre edilmiştir [91]. Sonuç, g/100 mL olarak verilmiştir.

3.2.2.6. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Analizleri için Örnek Ekstraktlarının Hazırlanması

Örnek ekstraktlarının hazırlanması, Bovy ve ark. [92] tarafından uygulanan yöntem modifiye edilerek yapılmıştır. Örnekler, Waring blender da öğütölmüştür ve 4 gram örnek santrifüj tüpünde tartılmıştır. Üzerine %0.01 formik asit içeren %75 metanol çözeltisinden 10 mL eklenmiştir. 15 dakika ultrasonik su banyosunda bekletildikten sonra 10 dakika 20°C 4000 rpm de santrifüj edilmiştir. İkinci ve üçüncü ekstraksiyon işlemleri, % 0.01 formik asit içeren metanol çözeltisinden 5'er mL eklenerek tekrar edilmiş ve tüm üst fazlar birleştirildikten sonra 20 mL'ye tamamlanmıştır. Ekstraktlar, analizlerde kullanılmak üzere -86°C'de muhafaza edilmiştir.

Analiz öncesinde ekstraktlar, 12000 rpm de 10 dakika santrifüj edilmiş ve üst faz analizlerde kullanılmıştır.

3.2.2.7. Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde tayini, Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır [93]. Standart olarak gallik asit kullanılmıştır. Uygun oranda seyreltilmiş 100 µL örnek ekstraktlarına 200 µL 0,2 N Folin-Ciocalteu reaktifi eklenerek karıştırılmıştır. Daha sonra 2 mL saf su ve 1 mL %6'lık sodyum karbonat çözeltisi (Na₂CO₃) eklenerek vorteksle karıştırılmıştır. Elde edilen karışım oda sıcaklığında ve karanlıkta 2 saat bekletilmiştir. Oluşan rengin absorbansı spektrofotometrede 765 nm de okunmuştur. Aynı işlemler gallik asit standartları için de yapılmıştır, 100 µL örnek ekstraktı yerine 100 µL gallik asit standardı alınmıştır. Gallik asit kalibrasyon eğrisi çizilmiş ve sonuçlar gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak hesaplanmıştır. Kalibrasyon grafiği, EK A.1'de gösterilmiştir.

3.2.2.8. Toplam Flavonoid Tayini

Uygun oranda seyreltilmiş 250 µL örnek ekstraktının üzerine 1,25 mL saf su eklenmiştir. Daha sonra 75 µL sodyum nitrit eklenmiş, 6 dakika bekletildikten sonra 150 µL alüminyum klorid ilave edilmiştir. 5 dakika geçtikten sonra 0,5 mL NaOH eklenmiş ve toplam hacim 2,5 mL ye tamamlanmıştır. Örnekler vortekslenmiş ve spektrofotometrede 510 nm de absorbans değerleri okunmuştur [94]. Aynı işlemler kateşin standartlarına da uygulanmıştır. Kateşin kalibrasyon eğrisi çizilerek, sonuçlar kateşin eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Kalibrasyon eğrisi, EK. A.2'de verilmiştir.

3.2.2.9. Antioksidan Aktivite Tayini

Antioksidan aktivite tayini; ABTS, DPPH ve FRAP olmak üzere 3 farklı yöntemle yapılmıştır. Çalışmada kullanılan antioksidan aktivite tayin yöntemleri, farklı ilkelere dayanmaktadır. ABTS ve DPPH yöntemleri, doğal antioksidanların serbest radikalleri uzaklaştırmasına dayanmaktadır. FRAP yöntemi ise örneklerin toplam indirgeme kapasitesini ölçmektedir. Bu sebeplerden dolayı, sonuçların birbirleriyle kıyaslanıp değerlendirilebilmeleri için 3 farklı yöntemle analizler yapılmıştır.

3.2.2.9.1. ABTS Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini

ABTS yöntemi ile antioksidan aktivite tayininde, Miller ve ark. [95] tarafından geliştirilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. 1, 5, 10, 15 ve 20 µL hacimlerdeki örnek ekstraktlarının üzerine bu miktarları 20 µL ye tamamlayacak

şekilde saf su eklenmiştir. Üzerine 180 µL ABTS eklenerek karıştırılmıştır, 30 saniye beklendikten sonra spektrofotometrede 734 nm de absorbans değerleri okunmuştur. Aynı işlemler, 20 µL hacimde Troloks standartları alınarak da yapılmıştır. Kontrol çözeltisi için ise aynı işlemler, 20 µL saf su alınarak yapılmıştır.

ABTS radikalini indirgeme aktivitesi (%), aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$\text{ABTS radikalini indirgeme aktivitesi (\%)} = \frac{(\text{Akontrol} - \text{Aörnek}) * 100}{\text{Akontrol}}$$

Her bir örnek için, ABTS radikalini indirgeme aktivitesi(%)-örnek miktarı (mg) grafiği çizilmiştir. Troloks standartları kullanılarak, ABTS radikalini indirgeme aktivitesi(%)-Troloks miktarı (µg) grafiği çizilmiştir. Her bir örnek için elde edilen grafiğin eğimi, Troloks standart grafiğinin eğimine bölünerek hesaplama yapılmıştır ve antioksidan aktivite değeri, µg Troloks eşdeğeri(TE)/mg örnek olarak bulunmuştur. Seyreltmeler hesaba katılmış ve sonuçlar, mg TE/100 g örnek olarak verilmiştir.

ABTS çözeltisinin hazırlanışı: 100 mg ABTS 100 mL saf suda çözülmüştür, 19 mg potasyum persülfat da 1 mL suda çözülmüştür. Bu iki çözelti karıştırılarak karanlıkta 12-16 saat bekletilmiş ve yeşil renkli ABTS çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra hazırlanan bu ABTS çözeltisi, 734 nm de absorbansı 0,7-0,8 olacak şekilde 0,05 M fosfat tampon çözeltisi ile seyreltilmiştir. EK A.4'te Troloks ABTS kalibrasyon grafiği verilmiştir.

3.2.2.9.2. DPPH Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini

DPPH yöntemi ile antioksidan aktivite tayini, Brand-Williams ve ark. [96] ile Singh ve ark. [97] tarafından kullanılan yöntemlere göre ve bazı modifikasyonlar gerçekleştirilerek yapılmıştır. 1, 10, 25, 50 µL örnek ekstraktı cam deney tüplerine alınarak son hacim 200 µL olacak şekilde metanol çözeltisiyle tamamlanmış ve üstüne 3,8 mL DPPH çözeltisi ilave edilmiştir. Tüpler vortekslenmiş ve karanlık bir yerde yarım saat bekletilmiştir. Spektrofotometrede 515 nm de absorbans değerleri okunmuştur. Aynı işlemler, 200 µL hacimde alınan troloks standartlarına da uygulanmıştır. Kontrol çözeltisi için ise aynı işlemler, 200 µL saf su alınarak yapılmıştır.

DPPH radikalini indirgeme aktivitesi şu formülle hesaplanmıştır;

$$\text{DPPH radikalini indirgeme aktivitesi (\%)} = \frac{(\text{Akontrol} - \text{Aörnek})}{\text{Akontrol}} * 100$$

Her bir örnek için, DPPH radikalini indirgeme aktivitesi(%)-örnek miktarı (mg) grafiği çizilmiştir. Troloks standartları kullanılarak, DPPH radikalini indirgeme aktivitesi(%)-troloks miktarı (µg) grafiği çizilmiştir. Her bir örnek için elde edilen grafiğin eğimi, troloks standart grafiğinin eğimine bölünerek hesaplama yapılmıştır ve antioksidan aktivite değeri, µg Troloks eşdeğeri (TE)/mg örnek olarak bulunmuştur. Seyreltmeler hesaba katılmış ve sonuçlar, mg TE/100 g örnek olarak verilmiştir.

DPPH çözeltisinin absorbansının 0,7 ile 0,9 arasında olmasına dikkat edilmiş, 0,7'den düşük olması durumunda DPPH çözeltisi tekrar hazırlanmıştır. DPPH çözeltisinin absorbansının 0,9'dan yüksek olması durumunda ise seyreltilerek absorbansı ayarlanmıştır. EK A.5'te Troloks DPPH kalibrasyon grafiği verilmiştir.

3.2.2.9.3. FRAP Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini

Demir indirgeyici antioksidan güç (FRAP) analizi, Liu ve ark. [98] ve Wang ve ark. [99] tarafından kullanılan yöntemler temel alınarak belirlenmiştir. 100 µL örnek ekstraktı cam deney tüpüne alınmış ve üzerine 6 mL FRAP reaktifi eklenerek 37°C 30 dakika bekletilmiştir. Aynı işlemler, demir (II) sülfat heptahidrat (FeSO₄.7H₂O) standartları kullanarak da yapılmıştır. Spektrofotometrede 593 nm de absorbanslar ölçülmüştür.

FRAP Çözeltisi: 200 mL asetat tamponu (300 mM), 20 mL TPTZ çözeltisi (10 mM), 20 mL FeCl₃ çözeltisi (20 Mm) karıştırılarak hazırlanmıştır. FRAP çözeltisi çalışmadan hemen önce hazırlanarak kullanılmalıdır.

300 mM sodyum asetat tamponu (pH=3,6)=1,55 gram sodyum asetat trihidrat, 8 mL glasiyal asetik asit içerisinde çözündürülüp son hacim 250 mL olacak şekilde saf su ile tamamlanmıştır. pH kontrol edilerek 3,6'ya ayarlanmıştır. EK A.3'te Fe⁺² standart kalibrasyon grafiği verilmiştir.

3.2.2.10. HPLC ile Bazı Flavonoidlerin Kantitatif Tayini

HPLC ile rutin, kaempferol-3-O-rutinozit ve kuersetin bileşiklerinin kantitatif analizleri, Giuffrida [11] ve Yemiş [14] tarafından kullanılan yöntemler temel alınarak gerçekleştirilmiştir.

Ekstraksiyon ve sindirim sonrası elde edilen örnekler 12000 rpm de 10 dakika santrifüjlenmiş ve berrak süpernatant elde edilmiştir. Süpernatant da 0,45 µm şırınga ucu filtreden geçirilerek viallere alınmıştır ve HPLC cihazında analizler gerçekleştirilmiştir.

Agilent Technologies marka HPLC cihazı, DAD dedektör ve Agilent ChemStation yazılımı kullanılmıştır. C₁₈ kolon kullanılmış olup, 150x4,6 mm boyutlarındadır ve 5 µm partikül büyüklüğünde dolgu maddesi içermektedir. Kolon sıcaklığı, 25°C'de tutulmuştur. Çalışılan dalga boyları ise rutin için 257 nm, kaempferol-3-O-rutinozit için 265 nm ve kuersetin için 365 nm dir.

Mobil faz olarak asetik asit ile asitlendirilmiş ultra saf su (pH=3,1) (A) ve asetonitrilden (B) oluşan ikili mobil faz sistemi kullanılmıştır. Mobil faz programı, Tablo 3.3'de gösterilmiştir. 1 mL/dk akış hızı ve 20 µL enjeksiyon hacmi kullanılmıştır.

Tablo 3.2.2.10 HPLC Mobil Faz Programı

Süre (dakika)	A (%)	B (%)
0	95	5
10	75	25
20	60	40
25	50	50
30	0	100
35	0	100
40	95	5
45	95	5

3.2.2.11. LC-MS/MS ile Fenolik Bileşiklerin Kalitatif Tayini

LC-MS/MS ile 33 farklı fenolik bileşiğin (gallik asit, 3- hidroksitirozol, protokateşik asit, 3,4-dihidroksifenilasetik asit, (+)-kateşin, pirokateşol, kloroenik asit, 2,5-dihidroksibenzoik asit, 4-hidroksibenzoik asit, (-)-epikateşin, vanilik asit, kafeik asit, sirinjik asit, 3-hidroksibenzoik asit, vanilin, verbaskozit, taksifolin, sinapik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, luteolin-7-O-glukozit, hesperidin, hiperosit, rosmarinik asit, oleoperin, apigenin-7-O-glukozit, 2-hidroksisinamik asit,

pinoresinol, eriodiktol, kuersetin, luteolin, kaempferol, apigenin) kalitatif olarak tanımlanması yapılmıştır.

Çalışmada Manisa Celal Bayar Üniversitesi Deneysel Fen Bilimleri Araştırma Merkezi'nde (DEFAM) bulunan Agilent Technologies markalı LC-MS/MS kullanılmıştır. Poroshell 120 C₁₈ (100 mm x 4,6 mm; 2,7 µm) kolon kullanılmıştır. Kolon sıcaklığı, 25 °C'de tutulmuştur. Mobil faz olarak, %0,1 formik asit çözeltisi (A) ve metanol (B) kullanılmıştır. Mobil faz programı, Tablo 3.4'de gösterilmiştir. Akış hızı 0,4 mL/dk, enjeksiyon hacmi ise 2 µL'dir. ESI-MRM mod, -3,5 kapiler voltaj, 300°C gaz sıcaklığı, 11 L/dk gaz akış hızı ve 40 psi püskürtücü basıncı kullanılmıştır.

Tablo 3.4. LC/MS-MS analizinde kullanılan mobil faz programı

Süre (dakika)	A (%)	B (%)
0	98	2
3	98	2
6	75	25
10	50	50
14	5	95
17	5	95
17,5	98	2

3.2.3. İstatistiksel Analizler

Bu çalışma, 3 tekerrürlü ve 2 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçları, SPSS 16.0 programı kullanılarak istatistiksel olarak belirlenmiştir. Elde edilen verilerin ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. İkili karşılaştırmalar için, elde edilen verilerin analizi eşleştirilmiş örneklem t testi ($p < 0.05$) kullanılarak yapılmıştır. Çoklu karşılaştırmalar için varyans analizi (One Way ANOVA) yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılığın tespiti, Duncan ($p < 0,05$) kullanılarak elde edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Sebzelerin Başlıca Fiziksel ve Kimyasal Nitelikleri

Kapari, lahanalar ve hıyarlarda yapılan nem, pH, asitlik ve tuz analiz sonuçları Tablo 4.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi sebzeler büyük oranda nem içeriğine sahiplerdir. Kaparilerin nem içeriği %84,6, lahanaların %92,4, hıyarların ise %95,1 bulunmuştur. Kaparilerin pH değeri 5,64, lahanaların 6,74, hıyarların ise 6,55 olarak bulunmuştur. Asitlik değerleri ise kaparilerde %0,17, lahanalarda %0,14, hıyarlarda ise %0,14’tür. Tuz değerleri de sebzelerde oldukça düşüktür, kaparilerde %0,15, lahanalarda %0,31, hıyarlarda ise %0,19’dur.

Rodrigo ve ark. [10] tarafından yapılan çalışmada kapari tomurcuklarının nem miktarı %79,0 bulunmuştur. Giuffrida ve ark. [11] tarafından yapılan çalışmada ise küçük tomurcukların (<9 mm) nem içerikleri %80,4 olarak belirlenmiştir. Yemiş [14] tarafından yapılan küçük tomurcukların (≤ 8 mm) kullanıldığı çalışmada ise nem oranı %78,9 olarak belirlenmiştir. Özcan ve ark. [9] tarafından yapılan ortalama çapı 9,21 olan kaparilerin kullanıldığı çalışmada da nem miktarı %82,99 bulunmuştur. Bu sonuçlar, bizim çalışmamızda gözlemlediğimiz %84,6 nem değeri ile benzerlik göstermektedir. Yemiş [14] tarafından yapılan çalışmada ham kapari tomurcuklarının pH değeri 4,82, Özcan ve ark. [9] tarafından yapılan çalışmada 5,71 bulunmuştur. Arslan [100] tarafından yapılan bir çalışmada ise, tomurcuk çapı ≤ 8 mm olan kaparilerde pH değeri 5,91, tomurcuk çapı 8 mm ile 13 mm arasında olan kaparilerde pH değeri 6,01 bulunmuştur. Özcan [101] tarafından yapılan doktora tezinde, farklı dönemlerde toplanan ve tomurcuk çapı ≤ 8 mm olan kaparilerde pH değerleri 5,9-6,1 arasında, $8 < \text{tomurcuk çapı} \leq 13$ mm olanlarda pH değerleri 5,9-6,2 arasında, tomurcuk çapı > 13 olanlarda ise pH 6,3 bulunmuştur. Çil [102] tarafından farklı boyutlardaki kaparilerde yapılan çalışmada pH değerleri, 5,18-5,46 arasında bulunmuştur. Bizim çalışmamızda bulunan pH değeri 5,64’tür, yapılan diğer çalışmaların çoğuyla uyumlu olduğu görülmektedir. Ham kaparilerde titrasyon asitliği, Çil [102] tarafından yapılan çalışmada %0,34-0,56 arasında bulunmuştur. Bizim çalışmamıza göre daha yüksek asitlik değeri bulunmuştur. Bu farklılığın, tür, kaparinin yetiştirme koşulları gibi nedenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Girgin [103] tarafından yapılan çalışmada çiğ lahananın nem içeriği %91,94 bulunmuştur. Bizim çalışmamızdaki %92,4 nem değeri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Akpolat [104] tarafından yapılan çalışmada lahananın pH değeri 6,4 olarak bulunmuştur. Çalışmamızdaki 6,74 değeriyle uyumlu olduğu söylenebilir.

Taze hıyarlarda nem miktarı Uthpala [105] tarafından yapılan çalışmada %95,54-96,30, Şahin [106] tarafından yapılan çalışmada ise %93,57-94,50 olarak bulunmuştur. Çalışmamızda bulduğumuz değerle uyumlu olduğu görülmektedir. Taze hıyarların pH değeri 6,5 civarındadır [107], bu değer bulduğumuz değerle uyumludur. Şahin [106] tarafından yapılan çalışmada, taze hıyarda titrasyon asitliği %0,1-0,13 bulunmuştur, bu değer taze hıyarda bulduğumuz %0,14 asitlik değeri ile benzerlik göstermektedir. Şahin [106] tarafından yapılan çalışmada hıyarlarda tuz miktarları %0,08-0,09 bulunmuştur.

Tablo 4.1. Çiğ sebzelerin bazı kimyasal özellikleri

	Nem	pH	Asitlik (%)	Tuz (%)
Kapari	84,63±0,32	5,64±0,27	0,17±0,02	0,15±0,05
Lahana	92,44±0,93	6,74±0,20	0,14±0,00	0,31±0,03
Hıyar	95,12±1,25	6,55±0,17	0,14±0,00	0,19±0,04

4.2. Fermantasyon Süresince Salamuranın Kimyasal ve Mikrobiyolojik Niteliklerinin Değişimi

Sebzeler salamuraya işlendikten sonra salamuranın pH, asitlik, tuz ve toplam LAB sayısı gibi özellikleri fermantasyon süresince takip edilmiştir.

Tüm salamuraların pH değerleri fermantasyon öncesinde $6\pm 0,05$ 'e ayarlanmıştır. Fermantasyon işlemiyle birlikte farklı sebzelerin salamuralarında farklı değişimler gözlenmiştir. Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'ten de görüldüğü gibi fermantasyon sonunda pH değeri, kapari salamurasında pH 4,13'e, lahanada 3,39'a, ve hıyar salamurasında ise 3,61'e düşmüştür. Kapari de pH düşüşünün diğer sebzelere göre daha az olduğu gözlemlenmektedir. Asitlik değerleri de Tablo 4.5'te gösterilmiştir. Fermantasyon sonunda asitlik değerleri, kaparide %0,84'e, lahanada %0,91'e, hıyarda ise %0,87'e yükselmiştir.

Tuz değerleri, başlangıç salamuralarında $6\pm 0,05$ değerine ayarlanmıştır. Başlangıç salamurasında tuz konsantrasyonunun $6\pm 0,05$ değerine ayarlanmasının sebebi, kullandığımız kültürün optimum $4-8$ tuz konsantrasyonunda gelişebiliyor olması ve yapılan çeşitli çalışmalarda $6-8$ tuz konsantrasyonunda fermentasyona bırakılan sebzelerde asit oluşumunun daha hızlı, yüksek miktarda olduğunun ve hasar oranının daha düşük olduğunun belirtilmesidir [5, 64]. Fermantasyon süresince sebzelere tuz geçişi söz konusu olduğundan salamuralardaki tuz miktarı azalmıştır. Kapari salamurasında $3,45$ 'e, lahanada $3,52$ 'ye, hıyarda $3,24$ 'e dşmştir.

Kültür çözeltisinden belirli oranlarda salamura çözeltilerine inoküle edilmiş, başlangıç salamuralarında belirli miktarlarda *Lactobacillus plantarum* kültürü olması sağlanarak sebzelerde kontrollü fermantasyonun gerçekleşmesi sağlanmıştır. Kaparide 0., 1., 3., 5., ve 7. günlerde toplam LAB tayini yapılmıştır. Lahanada ve hıyarda ise 0. ve 7. günlerde toplam LAB tayini yapılmıştır. Kaparide ve hıyarda başlangıç salamurasında toplam LAB sayısı, 10^6 seviyesine, lahanada ise 10^5 seviyesine ayarlanmıştır. Kaparide, Tablo 4.6'dan da grldği gibi salamuraya işledikten 1 gün sonra toplam LAB sayısı 10^7 düzeyine yükselmiş, fakat daha sonra sürekli olarak dşmştir, 7 günün sonunda ortamdaki toplam LAB sayısı <10 'dur. Tablo 4.7'de lahanada ve hıyarda salamurasındaki toplam LAB sayısının zamanla değişimi gösterilmiştir. Lahanada ise toplam LAB sayısı, 7 günde $3,98 \times 10^5$ 'den $3,30 \times 10^7$ 'ye yükselmiştir. Hıyarda salamurasında başlangıçta $2,31 \times 10^6$ olan toplam LAB sayısı 7 gün sonunda $5,48 \times 10^7$ olmuştur. Kapari salamurasında, 1.günde LAB sayısının artışı fermantasyon olduğunu göstermektedir, diğer günlerde ise LAB sayısı azalmıştır. Bu durumun, kapari tomurcuklarında bulunan ve inhibitör etki gösteren glukosinolatların (glukokaparin ve glukokleomin) antimikrobiyal etkisinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir [101, 108]. Salamuraya işlenme ile birlikte, başlangıç glukosinolatları zamanla parçalanmaktadır, ve parçalanma ürünleri antimikrobiyal aktivite göstermektedir. Glukokaparin, kaparinin salamuraya işlenmesiyle glikohidrolazlardan mirozin enziminin etkisiyle D-glukoz ve metil izotiyosiyanata parçalanmaktadır. Metil izotiyosiyanat, bakteriyosittir [109, 110]. Kaparilerde yapılan başka çalışmalarda da [14, 108, 111, 112] laktik asit bakterilerinin zamanla azaldığı grlmştir. Arslan ve ark. [112] tarafından yapılan çalışmada da bizim çalışmamızda olduğu gibi salamuraya *Lactobacillus*

plantarum kültürü inoküle edilmesine rağmen, laktik asit bakterilerinin sayısının zamanla azaldığı görülmüştür. Fermantasyonun birinci gününde LAB sayısı yüksektir, fakat zamanla azaldığı görülmüştür. Bu durum, kaparilerin yüksek miktarda glukosinolat içeriğine sahip olması ile ilişkilendirilmiştir [112]. Kaparinin antimikrobiyal etkisi, yüksek fenolik ve flavanoid içeriğiyle de ilişkilendirilmektedir [113].

Fermantasyon öncesinde de sebzeler doğal mikrobiyal yüke sahiptirler. Fermantasyon sürecini doğal mikroflora da etkilemektedir. Doğal mikroflorada gram pozitif ve gram negatif bakteriler bulunmaktadır. Mikrofloranın bakteri çeşitliliğini ve sayısını, mevsimsel koşullar, çevresel faktörler ve pestisit kullanımı etkilemektedir. Hıyarın doğal mikroflorasında $\approx 3-3,8$ log KOB/g LAB bulunmaktadır [64, 66, 67]. Bunun yanısıra yaklaşık 5 log KOB/g aerobik bakteri ve 4,5 log KOB/g civarında Enterobakter bulunmaktadır. Bu bakterilerin varlıklarını sürdürebilmeleri fermantasyon koşullarına bağlıdır [67]. *L.plantarum* kültürü, plantaricin adlı bakteriyosin üretmektedir, bu bakteriyosin diğer laktik asit bakterilerini de dahil olmak üzere diğer gram-pozitif bakterileri öldürebilmektedir, doğal mikrofloraya karşı üstünlük sağlaması muhtemeldir [67].

Tablo 4.2. Fermantasyon boyunca kapari salamurasındaki pH ve tuz (%) değişimleri

Gün	0	1	2	3	4	5	6	7	10
pH	5,95±0,04 ^a	4,50±0,05 ^b	4,11±0,07 ^c	4,10±0,07 ^c	4,10±0,07 ^c	4,12±0,08 ^c	4,10±0,07 ^c	4,12±0,05 ^c	4,13±0,04 ^c
Tuz (%)	6,08±0,00 ^a	4,14±0,15 ^b	3,70±0,23 ^c	3,48±0,21 ^c	3,40±0,17 ^c	3,41±0,16 ^c	3,48±0,15 ^c	3,46±0,14 ^c	3,45±0,10 ^c

a-b farklı harfler aynı satırdaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 4.2 Fermantasyon boyunca lahanaya salamurasındaki pH ve tuz (%) değişimleri

Gün	0	1	2	3	4	5	6	7	10
pH	5,98±0,0 ^a	5,25±0,04 ^b	3,82±0,0 ^c	3,62±0,06 ^d	3,56±0,06 ^{d,e}	3,51±0,04 ^{e,f}	3,46±0,03 ^{f,g}	3,44±0,02 ^{f,g}	3,39±0,02 ^g
Tuz (%)	6,01±0,03 ^a	4,17±0,34 ^b	3,98±0,22 ^{b,c}	3,79±0,12 ^{c,d}	3,70±0,12 ^{c,d}	3,58±0,12 ^d	3,55±0,11 ^d	3,52±0,0 ^d	3,52±0,0 ^d

a-b farklı harfler aynı satırdaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 4.2. Fermantasyon boyunca hıyar salamurasındaki pH ve tuz (%) değişimleri

Gün	0	1	2	3	4	5	6	7	10
pH	5,92±0,03 ^a	4,29±0,14 ^b	3,76±0,11 ^c	3,64±0,10 ^{c,d}	3,58±0,10 ^d	3,57±0,08 ^d	3,55±0,08 ^d	3,56±0,07 ^d	3,61±0,02 ^{c,d}
Tuz (%)	6,05±0,05 ^a	3,51±0,09 ^b	3,32±0,10 ^c	3,27±0,07 ^{c,d}	3,23±0,04 ^{c,d}	3,22±0,04 ^{c,d}	3,15±0,04 ^d	3,23±0,02 ^{c,d}	3,24±0,13 ^{c,d}

a-b farklı harfler aynı satırdaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 4.25. Fermantasyon boyunca salamuralardaki asitlik(%) değişimleri

Salamura türü	Gün			
	0	3	7	10
Kapari salamurası	0,012±0,003 ^c	0,650±0,052 ^b	0,827±0,029 ^a	0,843±0,029 ^a
Lahana salamurası	0,018±0,008 ^c	0,540±0,156 ^b	0,860±0,035 ^a	0,910±0,046 ^a
Hıyar salamurası	0,023±0,002 ^c	0,660±0,052 ^b	0,870±0,052 ^a	0,87±0,052 ^a

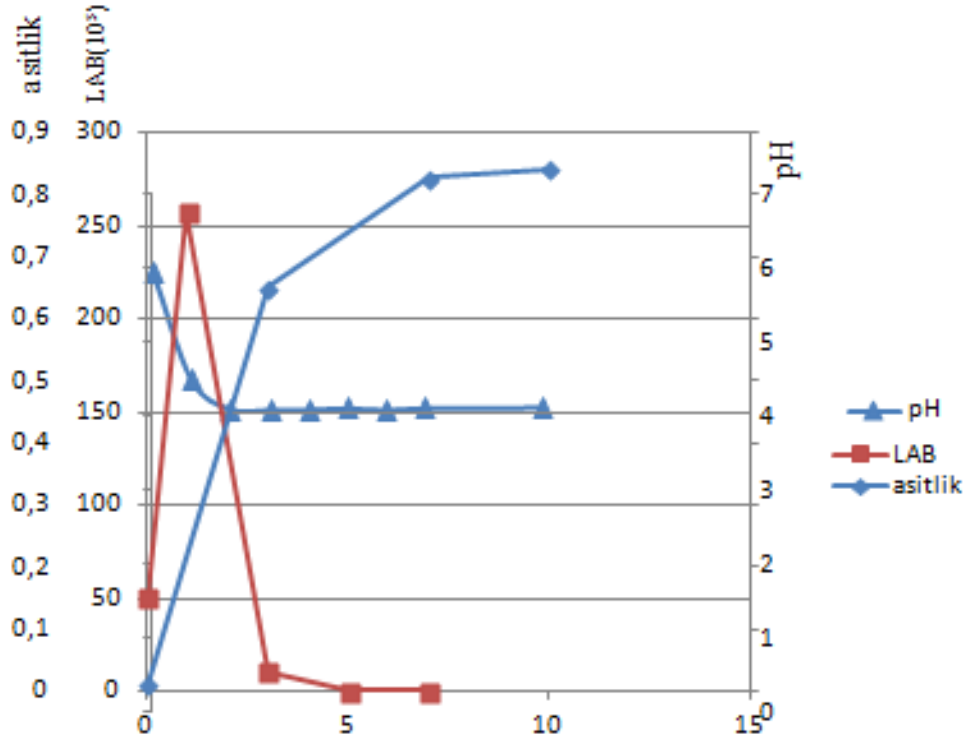
a-b farklı harfler aynı satırdaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 4.26. Fermantasyon boyunca kapari salamurasında toplam LAB (kob/mL) değişimleri

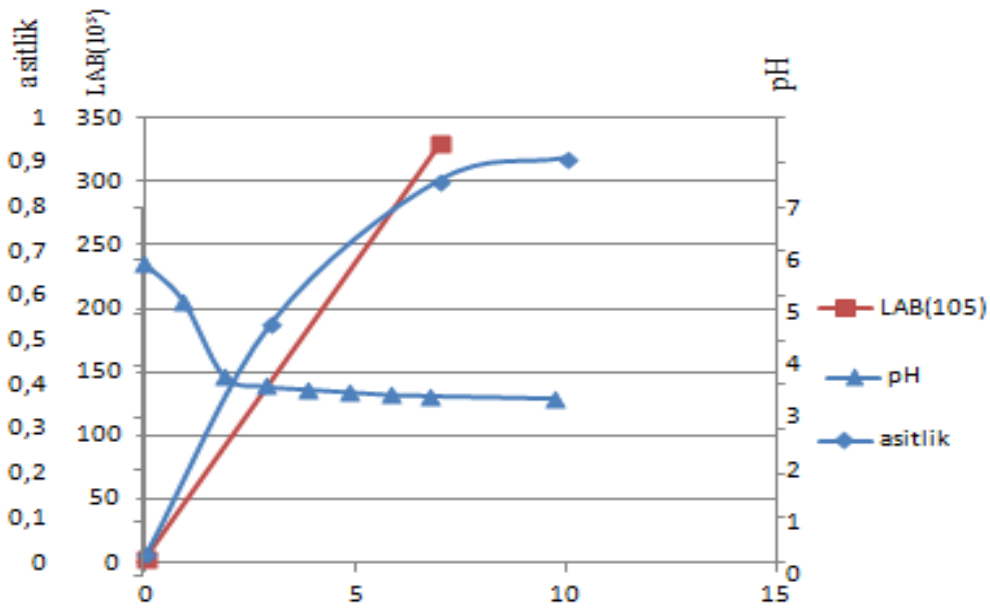
	Gün				
	0	1	3	5	7
Toplam LAB (kob/mL)	5x10 ⁶	2,57x10 ⁷	1,06 x10 ⁶	5,89 x10 ³	<10

Tablo 4.2. Fermantasyon boyunca lahana ve hıyar salamuralarında toplam LAB (kob/mL)

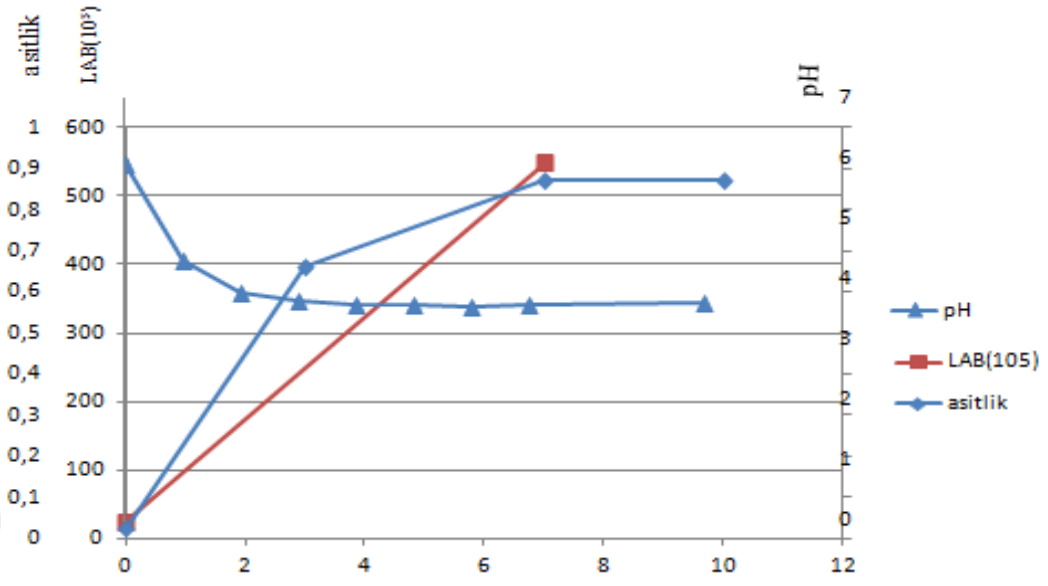
Salamura türü	Gün	
	0	7
Lahana salamurası	3,98x10 ⁵	3,30 x10 ⁷
Hıyar salamurası	2,31x10 ⁶	5,48 x10 ⁷



Şekil 4.21. Kapari salamurasında zamana bağlı pH, asitlik (%) ve LAB (kob/mL) değişimi



Şekil 4.22. Lahana salamurasında zamana bağlı pH, asitlik (%) ve LAB (kob/mL) değişimi



Şekil 4.23. Hıyar salamurasında zamana bağlı pH, asitlik (%) ve LAB (kob/mL) değişimi

4.3. Fermantasyon Sonucunda Elde Edilen Turşuların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Nitelikleri

Fermantasyon sonucunda elde edilen turşularda nem, pH, asitlik, tuz ve toplam LAB tayinleri yapılmış ve elde edilen veriler Tablo 4.8'de gösterilmiştir. Kapari turşusunda nem miktarı, $87,1 \pm 0,1$, lahana turşusunda $92,8 \pm 0,92$, hıyar turşusunda ise $94,1 \pm 0,49$ 'dir. Girgin [103] tarafından yapılan çalışmada lahana turşusunun nem içeriği %89,22 bulunmuştur. Farklı uygulamalarla hıyarların salamuraya işlendiği bir çalışmada, hıyar turşularının nem miktarları %91,18-94,33 arasında bulunmuştur [114].

Turşularda pH değerlerine bakıldığında kapari turşusunda $4,36 \pm 0,09$, lahana turşusunda $3,55 \pm 0,02$, hıyar turşusunda ise $3,73 \pm 0,09$ 'dur. Asitlik değerleri, kapari turşusunda $0,54 \pm 0,04$, lahana turşusunda $0,73 \pm 0,02$, hıyar turşusunda ise $0,57 \pm 0,02$ 'dir. Arslan [100], kültür kullanılarak salamuraya işlenmiş kapari tomurcuklarının pH değerini, tomurcuk çapı ≤ 8 mm olan örneklerde 4,521, $8 < \text{tomurcuk çapı} \leq 13$ mm olan örneklerde ise 4,332 bulmuştur. Özcan [101] tarafından yapılan doktora tezinde, farklı dönemlerde spontan fermantasyon ile salamuraya işlenmiş kapari turşularında pH değerleri 4,55 ve 4,83 bulunmuştur. Çil [102] tarafından yapılan farklı boyuttaki kaparilerin farklı sürelerde fermantasyona bırakılması sonucu elde edilen kapari turşularının pH değerlerinin 4,73-5,05 arasında, titrasyon asitliği değerlerinin ise, %0,42-0,85 arasında değiştiği görülmüştür. Cingöz [115] tarafından Samsun'da tüketilen hıyar turşularının pH değeri 3,53-4,15 arasında, asitlikleri ise 0,36-1,89 arasında bulunmuştur. Farklı uygulamalarla salamuraya işleme, salamura bileşimi, fermantasyon sıcaklığı, süresi gibi etkenler elde edilen turşunun pH ve asitlik değerleri üzerinde etkili olmaktadır. Genel olarak elde edilen sonuçların, bizim çalışmamızla benzerlik gösterdiği söylenebilir.

Salamuradan sebzelere tuz geçişi olduğundan, turşulardaki tuz miktarları çiğ sebzelere göre oldukça yüksektir. Kapari turşusunda %2,45, lahana turşusunda %2,85, hıyar turşusunda ise %2,55'tir. Fermantasyon tamamlandığında kapari turşusundaki toplam LAB sayısı < 10 kob/g'dır. Lahana turşusunda toplam LAB sayısı, $5,6 \times 10^6$, hıyar turşusunda ise $2,67 \times 10^7$ 'dir. Kapari salamurasında da 1.gün,

başlangıca göre toplam LAB sayısı artmış, fakat daha sonra giderek azalmış ve 7.gün <10 kob/mL seviyesine gerilemiştir. Bu durumun, kapari tomurcuklarında bulunan ve inhibitör etki gösteren glukosinolatların (glukokaparin ve glukokleomin) antimikrobiyal etkisinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir [101, 108]. Salamuraya işleme ile birlikte, başlangıç glukosinolatları zamanla parçalanmaktadır, ve parçalanma ürünleri antimikrobiyel aktivite göstermektedir. Glukokaparin, kaparinin salamuraya işlenmesiyle glikohidrolazlardan mirozin enziminin etkisiyle D-glukoz ve metil izotiyosiyana parçalanmaktadır. Metil izotiyosiyanat, bakteriyosittir [108–110]. Kaparinin antimikrobiyal etkisi, yüksek fenolik ve flavanoid içeriğiyle de ilişkilendirilmektedir [113].

Tablo 4.3. Turşulara ait bazı kimyasal ve mikrobiyolojik veriler

Turşu çeşidi	Nem (%)	pH	Asitlik (%)	Tuz (%)	Toplam LAB (kob/g)
Kapari turşusu	87,1 ± 0,1	4,36 ± 0,09	0,54 ± 0,04	2,45 ± 0,07	<10
Lahana turşusu	92,8 ± 0,92	3,55 ± 0,02	0,73 ± 0,02	2,85 ± 0,09	5,6x10 ⁶
Hıyar turşusu	94,1 ± 0,49	3,73 ± 0,09	0,57 ± 0,02	2,55 ± 0,03	2,67x10 ⁷

4.4. Toplam Fenolik Madde Değerleri

Toplam fenolik madde değerleri (TP), Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11’de verilmiş ve ayrıca bu değerler Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Çiğ kaparide toplam fenolik madde değeri, $465,0 \pm 23,8$, turşu kaparide ise $445,1 \pm 3,4$ mg GAE/100 g bulunmuştur. Kaparide salamuraya işleme ile toplam fenolik madde içeriğindeki değişim istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p > 0,05$). Çiğ kaparinin sindirimi sonrasında TP içeriği $361,0 \pm 9,6$ mg GAE/100 g’a, turşu kaparinin sindirimi sonrasında ise TP değeri $324,4 \pm 5,6$ ’ya düşmektedir. Sindirim sonrasındaki bu azalmalar, istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Kaparide ve kapari turşusunda sırasıyla TP biyoerişilebilirlik değerleri, $77,8 \pm 5,9$ ve $72,9 \pm 1,8$ ’dir, ve aralarında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p > 0,05$).

Kaparilerde yapılan çalışmalarda toplam fenolik madde değerleri, $3,28-4,28$ g GAE/100 g kuru ağırlık [11], $4,61$ g rutin eşdeğeri/100 g kuru ağırlık [14], $29,016-35,8$ mg GAE/g kuru ağırlık [116], $1,31-8,14$ mg GAE/g kuru ağırlık [117], $179,27-876,37$ µg GAE/g kuru ağırlık [118], $1903-3870$ mg rutin eşdeğeri/100 g taze ağırlık [13] bulunmuştur. Yapılan çalışmalara bakıldığında, bulunan değerler arasında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu durum, kaparinin yetiştiği bölgenin farklı olması, iklim koşullarının ve kapari türünün farklılığı gibi nedenlerden kaynaklanabilir [117]. Zor çevre koşullarında reaktif oksijen türlerinin oluşumuna bağlı muhtemel oksidatif strese cavaben fenolik bileşiklerin sentezi etkilenebilmektedir [117]. Ayrıca, fenolik bileşikler yapılarına ve fenolik gruplarının sayılarına bağlı olarak yapılan analize farklı yanıt verebilmektedir [117, 119]. Bizim çalışmamızda kuru ağırlık üzerinden hesaplama yaptığımızda, çiğ kaparide $3,02$ g GAE/100 g bulunmaktadır, yapılan çalışmaların çoğunluğuyla benzer bir değer olduğu söylenebilir.

Kapari turşularında yapılan çalışmalarda TP içeriği, $48,75$ mg GAE/100 g taze ağırlık [12], $1,62-1,67$ g GAE/100 g kuru ağırlık [11], $2,48-4,39$ g rutin eşdeğeri/100 g kuru ağırlık [14], $1151,6-2243,96$ mg rutin eşdeğeri/100 g taze ağırlık [18] bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda toplam fenolik madde değerleri arasında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılık, kaparinin türü, yetiştiği bölge, iklim, salamuraya işleme koşulları gibi etkenlerden kaynaklanabilmektedir. Bizim çalışmamızda, kapari turşularında TP içeriği kuru madde üzerinden hesapladığımızda

3,46 g GAE/100 g kuru ağırlık bulunmaktadır. Bizim çalışmamızda turşu kaparilerde bulunan toplam fenolik madde değerinin, yapılan çalışmalarda bulunan değerlerin çoğundan biraz daha yüksek olduğu görülmektedir.

Lahanada TP değeri $104,3 \pm 6,5$ mg GAE/100 g, lahanada ise $107,3 \pm 1,5$ mg GAE/100 g'dır. Lahanalarda salamura işlemi toplam fenolik madde içeriğinde değişikliğe neden olmadığı görülmektedir ($p > 0,05$). Lahananın sindirimi sonrasında TP değeri $130,2 \pm 2,9$ mg GAE/100 g'a, lahanada ise TP değeri $198,6 \pm 8,5$ mg GAE/100 g'a yükselmiştir. Lahanada ve lahanada turşusunun biyoerişilebilirlik değerleri, sırasıyla $\%125,2 \pm 9,4$ ve $\%185,1 \pm 10,0$ 'dur. Lahanada turşusunun TP biyoerişilebilirlik değeri, lahananın TP biyoerişilebilirlik değerinden daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Sindirim sonrasında TP değerlerinin artışının, bağlı bulunan fenolik bileşiklerin açığa çıkmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Literatürde, beyaz lahanalarda TP biyoerişilebilirlik değerlerinin araştırıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Kırmızı lahanalarda yapılan bir çalışmada [120] ise, kırmızı lahanaya alkali hidroliz uygulanmış ve alkali ekstraktta, metanolik ekstraktın 3 katından daha fazla toplam fenolik madde olduğu görülmüştür. Bu, kırmızı lahanadaki fenoliklerin çoğunluğunun ekstrakte edilemeyen fenoliklerden oluştuğunu göstermektedir. Alkali hidroliz, eter ve ester bağlarını koparabilmektedir [120, 121]. Bizim çalışmamızda da, bağırsak sindiriminde alkali hidrolizde olduğu gibi NaOH uygulaması söz konusudur. Bizim çalışmamızda da sindirim sonrasında lahanalarda toplam fenolik madde miktarları artış göstermiştir, bu durum lahanalarda fenoliklerin bir kısmının ekstrakte edilemeyen fenoliklerden oluştuğunu göstermektedir. Alkali uygulaması, eter ve ester bağlarını kopararak fenoliklerin serbest kalmasını sağlamıştır. Çalışmamızda, lahanada turşusundaki TP biyoerişilebilirlik değerinin, lahanadaki TP biyoerişilebilirlik değerinden daha yüksek olması dikkat çekmektedir. Siyah ve yeşil çaylarda yapılan bir çalışmada da benzer şekilde, fermente çayların TP biyoerişilebilirlik değerlerinin, fermente olmayan çayların TP biyoerişilebilirlik değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür [122]. Fermantasyonun koruyucu mekanizması tam olarak açıklanmamıştır. Fermantasyonla üretilen laktik asitin, hidrojen iyonları sağlayıp tampon bir çevre oluşturarak fenolik bileşikler üzerinde pH'nın olumsuz etkisini hafifletmiş olabileceği düşünülmektedir [122]. Çalışmamızda, lahanada ve lahanada turşusunda sindirimin etkisiyle fenolik

bileşiklerin serbest kaldığı görülmektedir, fakat sindirim ortamı bazı fenolik bileşikleri de olumsuz etkilemektedir, fermente gıdalardaki fenolik bileşikler ise fermantasyonun koruyucu etkisi sayesinde bu olumsuzluktan daha az etkilenmiştir.

Lahanada TP değerlerinin araştırıldığı çalışmalarda, 65,58 mg GAE/100 g taze ağırlık [26], 44,6 mg GAE/100 g taze ağırlık [22], 49,3 mg GAE/100 g taze ağırlık [123], 97,8 mg GAE/100 g taze ağırlık [24], 14,32 mg GAE/100 g taze ağırlık [103], 182,64 mg GAE/100 g taze ağırlık [21] 153 µg GAE/g taze ağırlık [23] ve 0,36 mg kateşin eşdeğeri/g taze ağırlık [124] gibi birbirinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Beyaz lahanada yapılan bu çalışmalar farklı ülkelerde gerçekleştirilmiştir, dolayısıyla toplam fenolik madde içeriğindeki bu farklılığın sebebi, toprak, iklim ve mevsimsel farklılıklar olabilir [23]. Bitkinin güneş ışığına ne derece maruz kaldığı ve depolama koşulları da toplam fenolik madde değerlerini etkilemektedir [34, 103]. Çalışmamızda beyaz lahananın TP içeriği 104,3 mg GAE/100 g bulunmuştur, yapılan çalışmaların bir kısmıyla benzer olduğu görülmektedir.

Yapılan bir çalışmada lahanada 14,32 mg GAE/100 g olan TP içeriği, lahana turşusunda 10,63 mg GAE/100 g taze ağırlık değerine düşmüştür [103]. Alkan ve ark. [26] tarafından yapılan çalışmada lahanada fermantasyonun farklı zamanlarında TP değerleri ölçülmüştür. Çiğ lahanada 65,58 mg GAE/100 g taze ağırlık olan TP değeri fermantasyonun 15. gününde 48,25 mg GAE/100 g taze ağırlık, 30.gününde 78,68 mg GAE/100 g taze ağırlık, 60.gününde ise 76,38 mg GAE/100 g taze ağırlık bulunmuştur. Yapılan çalışmaların birinde fermantasyon ile TP değerinin düştüğü, diğer çalışmada ise TP değerinin ilk önce düşüş gösterdiği fakat daha sonra arttığı görülmektedir. Beyaz lahanadan sauerkraut üretilen bir çalışmada da, sauerkrautun çiğ lahanadan daha fazla TP içerdiği gözlenmiştir [124]. Bakteri enzimleri, fenoliklerin esterleri ve glikozitleri halinde bağlı buldukları hücre duvarından serbest kalmalarını sağlamış olabilir [124]. Yapılan bu çalışmalarda da salamuraya işlemede kültür kullanılmamıştır. Bizim çalışmamızda ise, *Lactobacillus plantarum* kültürü kullanarak salamuraya işlediğimiz lahanalar ile çiğ lahanaların TP değerlerinin benzer olduğu görülmektedir ($p>0,05$). Fermantasyon işleminin farklı çalışmalardaki TP değerinde farklı sonuçlara yol açmasının sebebinin, sıcaklık, süre gibi fermantasyon koşulları, fermantasyon ortamındaki lahana ve salamura

miktarları, salamuranın içeriği, fermantasyon ortamındaki mikroorganizmalar, pH, asitlik değişimleri gibi faktörler olduğu düşünülmektedir [26].

Hıyarda ve hıyar turşusunda TP değerlerinin sırasıyla, $40,3 \pm 0,2$ ve $29,4 \pm 1,4$ mg GAE/100 g olduğu görülmektedir. Hıyarda salamuraya işleme ile TP değeri azalmıştır ($p < 0,05$). Sindirim sonrasında TP değerleri, çiğ ve turşu hıyarda sırasıyla $149,1 \pm 7,3$ ve $136,2 \pm 11,2$ mg GAE/100 g bulunmuştur. Sindirim sonrası TP değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Hıyarda ve hıyar turşusunda TP biyoerişilebilirlik değerleri, sırasıyla $\%369,2 \pm 17,2$ ve $\%462,0 \pm 17,2$ 'dir. Hıyar turşusunda TP biyoerişilebilirlik değerinin, hıyardakinden daha yüksek olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Siyah ve yeşil çaylarda yapılan bir çalışmada da benzer şekilde, fermente çayların TP biyoerişilebilirlik değerlerinin, fermente olmayan çayların TP biyoerişilebilirlik değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür [122]. Fermantasyonun koruyucu mekanizması tam olarak açıklanamamakla beraber, fermantasyonla üretilen laktik asitin, hidrojen iyonları sağlayıp tampon bir çevre oluşturarak fenolik bileşikler üzerinde pH'nın olumsuz etkisini hafifletmiş olabileceği düşünülmektedir [122].

Çiğ hıyarda TP değerleri, $9,7$ mg GAE/100 g taze ağırlık [22], $16,51$ mg GAE/100 g taze ağırlık [26], 8 mg GAE/100 g taze ağırlık [125], $21,7$ mg GAE/100 g taze ağırlık [123], $10,6$ mg GAE/g kuru ağırlık [42], $3,8$ mg GAE/g kuru ağırlık [126] ve $15,5-21,9$ μmol kateşin eşdeğeri/g kuru ağırlık bulunmuştur. Bizim çalışmamızda kuru ağırlık cinsinden hesaplama yaptığımızda, çiğ hıyarda TP değeri, $8,2$ mg GAE/g kuru ağırlık olarak bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, hıyarlardaki TP değerleri arasında farklılık olduğu görülmektedir, çalışmamızda bulduğumuz TP değeri yapılan çalışmaların bazılarıyla uyumludur.

Tablo 4.4.9. Kaparilere ait TP ve TF değerleri

	TP (mg GAE/100 g)			TF (mg KE/100 g)		
	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	BE (%)	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	BE (%)
Kapari	465,0±23,8 ^{A, a}	361,0±9,6 ^{A, b}	77,8±5,9 ^A	55,3±4,2 ^{A, a}	38,6±1,4 ^{A, b}	70,2±6,6 ^A
Kapari turşusu	445,1±3,4 ^{A, a}	324,4±5,6 ^{A, b}	72,9±1,8 ^A	55,0±3,5 ^{A, a}	29,3±2,0 ^{B, b}	53,5±4,1 ^B

A-B farklı harfler aynı sütundaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

a-b farklı harfler aynı satırdaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

TP:Toplam fenolik madde, TF:Toplam flavonoid miktarı, BE:Biyoerişilebilirlik

Tablo 4.4. Lahanalara ait TP ve TF değerleri

	TP (mg GAE/100 g)			TF (mg KE/100 g)		
	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	BE (%)	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	BE (%)
Lahana	104,3±6,5 ^{A, b}	130,2±2,9 ^{B, a}	125,2±9,4 ^B	1,85±0,31 ^{A, b}	2,30±0,42 ^{A, a}	124,3±12,4 ^B
Lahana turşusu	107,3±1,5 ^{A, b}	198,6±8,5 ^{A, a}	185,1±10,0 ^A	1,89±0,36 ^{A, b}	3,07±0,78 ^{A, a}	161,2±17,0 ^A

A-B farklı harfler aynı sütundaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

a-b farklı harfler aynı satırdaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

TP:Toplam fenolik madde, TF:Toplam flavonoid miktarı, BE:Biyoerişilebilirlik

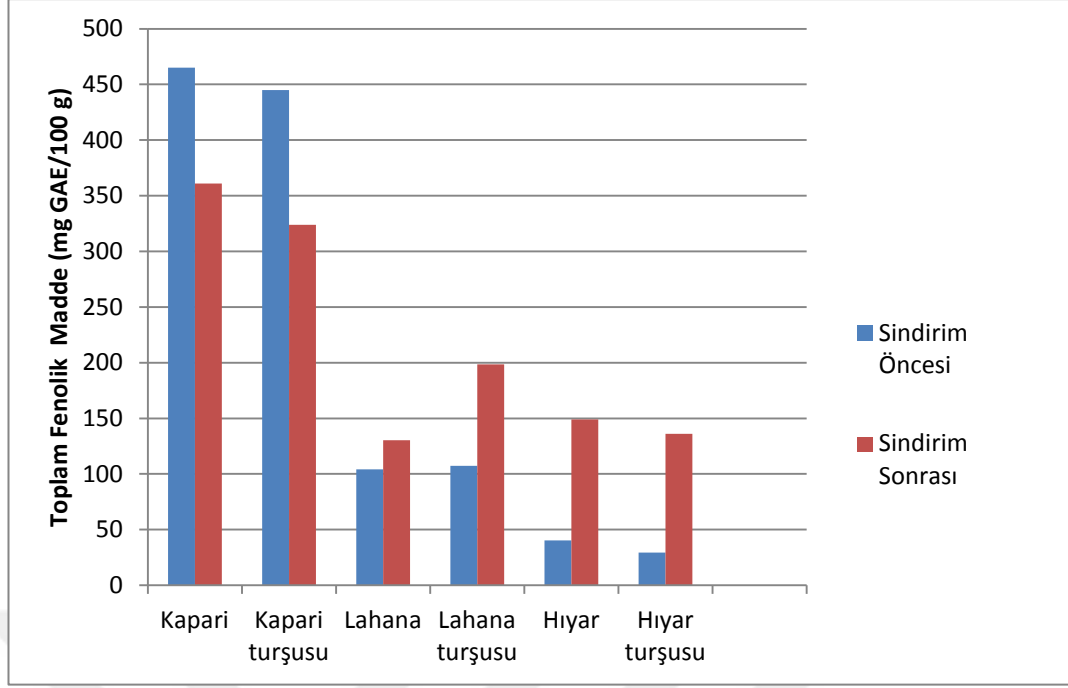
Tablo 4.4. Hıyarlara ait TP ve TF değerleri

	TP (mg GAE/100 g)			TF (mg KE/100 g)		
	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	BE (%)	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	BE (%)
Hıyar	40,4±0,2 ^{A, b}	149,1±7,3 ^{A, a}	369,2±17,2 ^B	0,34±0,12 ^{A, b}	1,19±0,45 ^{A, a}	347,7±5,6 ^A
Hıyar turşusu	29,4±1,4 ^{B, b}	136,2±11,2 ^{A, a}	462,0±17,2 ^A	0,23±0,04 ^{A, b}	0,78±0,12 ^{A, a}	348,2±3,2 ^A

A-B farklı harfler aynı sütundaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

a-b farklı harfler aynı satırdaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

TP:Toplam fenolik madde, TF:Toplam flavonoid miktarı, BE:Biyoerişilebilirlik



Şekil 4.4. Sebzelere ve turşularda sindirim öncesinde ve sonrasında TP (mg GAE/100 g) değerleri

Sayın ve Alkan [26] tarafından yapılan çalışmada çiğ hıyarda TP değeri 16,51 mg GAE/100 g iken, spontan fermantasyonun 15.gününde 12,23 mg GAE/100 g, 30.gününde 28,24 mg GAE/100 g, 60.gününde ise 26,84 mg GAE/100 g bulunmuştur. TP değerinin fermantasyon uygulamasıyla önce azaldığı, daha sonra ise artış gösterdiği görülmektedir. Bizim çalışmamızda, hıyarların salamuraya işlenmesiyle TP değerinin azaldığı görülmüştür ($p < 0,05$). Bu durumun, fermantasyon süresi, sıcaklığı, fermantasyon ortamındaki mikroorganizmalar, ortamın asitliği, ortamdaki hıyar ve salamura miktarı, salamuranın bileşimi gibi faktörlerle ilgili olabileceği düşünülmektedir [26, 127, 128].

Lahana ve hıyarda sindirim sonrası toplam fenolik madde değerlerinin artış gösterdiği görülmektedir. Lahana ve hıyarda sindirim uygulaması sonrası toplam fenolik miktarının araştırıldığı herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır, fakat çeşitli gıdalarda sindirim uygulaması sonrası toplam fenolik miktarda artış gösteren pek çok çalışma literatürde yer almaktadır. Sindirim sonrası TP değerinde meydana gelen bu artışın sebebinin, sindirim sırasında değişen pH değerleri, sindirim sıvıları ve enzimlerin etkisiyle gıda matriksinden fenolik bileşiklerin açığa çıkması olduğu düşünülmektedir [129]. Enzimlerin aktiviteleri, diğer gıda bileşenlerine bağlı

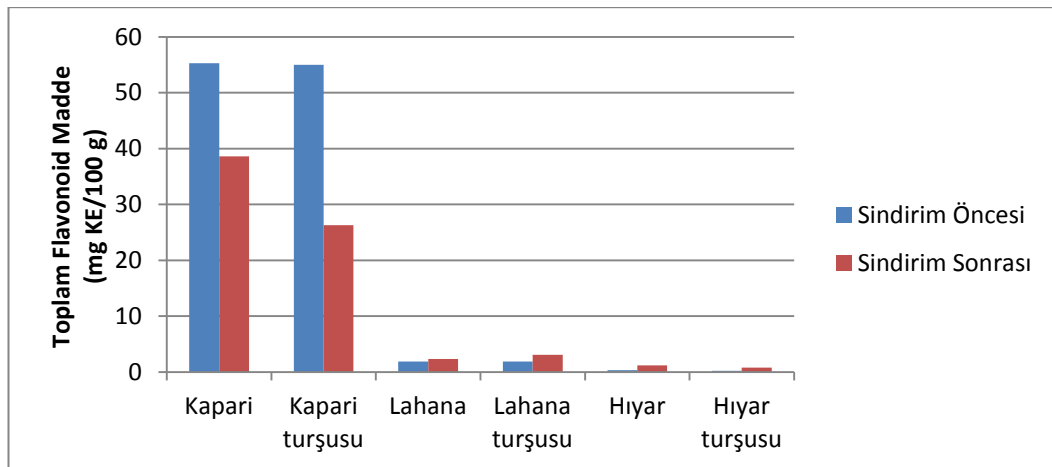
bulunan fenoliklerin hidrolize olmasına neden olabilmektedir. Enzimler, proteinler ve karbonhidratlar gibi yüksek molekül ağırlıklı bileşikleri etkileyebilmekte, böylelikle bu moleküllere bağlı bulunan fenolik bileşiklerin serbest kalmasını sağlayabilmektedir [130]. Diyet lifi çok olan gıdalarda daha fazla fenolik bileşik bitki matriksinde tutulmaktadır, lif ve fenolik bileşikler birbiriyle ilişkilidir [120]. Kırmızı lahanalarda yapılan bir çalışmada [120], kırmızı lahanaya alkali hidroliz uygulanmış ve alkali ekstraktta, metanolik ekstraktın üç katından daha fazla toplam fenolik madde olduğu görülmüştür. Bu, kırmızı lahanadaki fenoliklerin çoğunluğunun ekstrakte edilemeyen fenoliklerden oluştuğunu göstermektedir. Alkali hidroliz, eter ve ester bağlarını koparabilmektedir [120, 121]. Bizim çalışmamızda da, bağırsak sindiriminde alkali hidrolizde olduğu gibi NaOH uygulaması söz konusudur. Bizim çalışmamızda da sindirim sonrasında lahanalarda ve hıyarlarda toplam fenolik madde miktarları önemli ölçüde artış göstermiştir, bu durum lahana ve hıyarlardaki fenoliklerin önemli bir kısmının ekstrakte edilemeyen fenoliklerden oluştuğunu göstermektedir. Alkali uygulaması, eter ve ester bağlarını kopararak fenoliklerin serbest kalmasını sağlamıştır. Horasan Sağbasan [2], tarafından yapılan çalışmada da sindirim sonrasında kuru mor erik ve kuru yaban mersininde TP değerinin artış gösterdiği görülmüştür. Taze elmada [131], Şili beyaz çileği [132] ve sarı kantaronda da [133] sindirim sonrası TP değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Esmer ve beyaz pirinçte de sindirim sonrası, serbest fenolik, bağlı fenolik ve toplam fenolik miktarları artış göstermiştir [134]. Tomas [135] tarafından yapılan çalışmada da, sindirim sonrasında taze domateste TP değeri üç kat civarı artmıştır, domates sosunun da sindirim sonrası TP değeri artış göstermiştir. Alvarez [136] tarafından yapılan çalışmada, çeşitli meyve ve sebzelerin metanolik ekstraktları ile enzimatik ekstraktlarının TP değerleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadaki enzimatik ekstraksiyon işlemi, pepsin ve pankreatin enzimleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir, dolayısıyla bu çalışmada da sindirim işlemi uygulandığı söylenebilir. Kivi, armut, balkabağı, yeşil elma, böğürtlen, ahududu, çilek, yaban mersini ve yeşil biberde TP değerleri, sindirim ekstraktlarında metanolik ekstraktlara göre daha yüksek bulunmuştur. Kırmızı biberde ise sindirim sonrasında TP değerleri, sindirim önceki değer ile benzer bulunmuştur. Bu çalışmada, en fazla değişim yeşil biberde görülmüştür, sindirim ekstraktındaki TP değeri, metanolik ekstraktının üç katı kadardır. Fernandes [137] tarafından fermente olan ve fermente olmayan soya

sütlerinde yapılan çalışmada sindirim uygulaması sonrasında, TP değerinin dokuz kat artış gösterdiği gözlenmiştir.

Folin-Ciocalteu metodu, toplam fenoliklerin değerlendirilmesinde kullanılan basit ve yararlı bir yöntemdir. Fakat, gıdada bulunan askorbik asit, şekerler, aromatik aminler, organik asitler ve proteinler gibi fenolik olmayan bileşikler de Folin ayırıcı ile reaksiyona girebilme ihtimali vardır, ve bu da fenolik bileşiklerin olduğundan daha fazla tahmin edilmesine yol açabilmektedir [137, 138]. Yine de, farklı birçok bileşik Folin ayırıcını indirgemesine rağmen, bu girişim yapan bileşikler sindirim öncesinde de gıda matriksinde bulunmaktadır. Dolayısıyla, Folin metodu seçici bir yöntem olmamasına rağmen, kontrol örneğiyle kıyaslama yapılarak Folin ayırıcını indirgeyen bileşiklerin konsantrasyonunda artış olduğunu göstermekte kullanılabilir.

4.5. Toplam Flavonoid Madde Değerleri

Toplam flavanoid madde değerleri Tablo 4.9, Tablo 4.10, Tablo 4.11’de verilmiş ve ayrıca bu değerler Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Kapari ve kapari turşusunda, toplam flavanoid madde (TF) değerleri sırasıyla 55,3±4,2 ve 55,0±3,5 mg KE/100 g bulunmuştur ($p>0,05$). Sindirim sonrasında TF değerleri, kaparilerde ve kapari turşularında sırasıyla 38,6±1,4 ve 29,3±2,0 değerlerine düşmüştür ($p<0,05$). Keparide ve kapari turşusunda, TF biyoerişilebilirlik değerleri sırasıyla, %70,2±6,6 ve 53,5±4,1’dir ($p<0,05$). Keparide, kapari turşusuna kıyasla TF biyoerişilebilirlik değerinin daha yüksek olmasının, keparinin ve kapari turşusunun farklı flavonoid içeriklerine sahip olması, ve bu flavonoidlerin sindirime karşı dayanıklılıklarının da farklı olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Keparide flavonoid konjugatları, glikozitleri daha fazla iken, fermantasyonla bunlar parçalanmış ve aglikon miktarları artmıştır. Kuersetin ve kaempferol gibi flavonoidlerin glikozitleri, aglikonlarına kıyasla sindirime karşı daha dayanıklıdır [122, 139]. Çiğ kaparilerde daha fazla flavonoid konjugatı, glikoziti bulunması nedeniyle, kapari turşusuna kıyasla TF biyoerişilebilirlik değerinin daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Şeker bağları, alkali ortamda ve sindirim enzimlerine maruz kaldığında aglikonlarını degradasyondan korumaktadır. Flavonoid glikozitlerinin, flavonoidlere kıyasla sindirim koşullarında daha dayanıklı olması çözünürlükleriyle de ilişkili olabilir. Aglikonlar daha fazla lipofil özellik gösterirler, ve glikozitlerine göre suda daha az çözünür özelliktedirler [122, 139].



Şekil 4.5. Sebzelerde ve turşularda sindirim öncesinde ve sonrasında TF (mg KE/100 g) değerleri

Kaparide TF değeri, yapılan çalışmalarda 2,4-6,3 mg rutin eşdeğeri/g kuru ağırlık [116], 0,8-3,4 mg kuersetin eşdeğeri/g kuru ağırlık [116] ve 57,93 mg kuersetin eşdeğeri/g kuru ağırlık [140] bulunmuştur. Tunus'un farklı bölgelerinden toplanan çiğ kaparilerin TF değerlerinin de 4,71-72,29 mg kuersetin eşdeğeri/g kuru ağırlık gibi geniş bir aralıkta olduğu görülmüştür [117]. Yapılan çalışmalarda bulunan TF değerlerin birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Bölgesel, iklimsel şartlar, genetik faktörler, bitkinin olgunluk durumu gibi değişkenlerin TF değerleri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Lahana ve lahana turşusunda TF değerleri sırasıyla, $1,85 \pm 0,31$ ve $1,89 \pm 0,36$ mg KE/100 g dır. Sindirim sonrasındaki TF değerleri ise, çiğ lahanada $2,30 \pm 0,42$ ve turşu lahanada ise $3,07 \pm 0,78$ mg KE/100 g bulunmuştur. Lahana örneklerinde, sindirim işlemiyle birlikte TF değerlerinin arttığı görülmektedir. Lahana ve lahana turşularında TF biyoerişilebilirliği sırasıyla, $\%124,3 \pm 12,4$ ve $\%161,2 \pm 17,0$ 'dir ($p < 0,05$). Lahana turşusunun, lahanaya kıyasla daha yüksek TF biyoerişilebilirliğine sahip olmasının fermantasyonun koruyucu etkisiyle açıklanabilir. Fermantasyonla üretilen laktik asitin, hidrojen iyonları sağlayıp tampon bir çevre oluşturarak fenolik bileşikler üzerinde pH'nın olumsuz etkisini hafifletmiş olabileceği düşünülmektedir [122]. Çalışmamızda, lahanada ve lahana turşusunda sindirimin etkisiyle flavonoidlerin serbest kaldığı görülmektedir, fakat sindirim ortamı bazı flavonoidleri de olumsuz etkilemektedir, fermente gıdalardaki flavonoidlerin ise fermantasyonun koruyucu etkisi sayesinde bu olumsuzluktan daha az etkilendiği düşünülmektedir.

Çiğ lahanada TF değerlerinin araştırıldığı çalışmalarda, 3,9 mg KE/100 g taze ağırlık [24], 3,63-5,69 mg KE/g kuru ağırlık [141] ve 102 μ g kuersetin eşdeğeri/g taze ağırlık [23] olarak bulunmuştur. Bu çalışmalardaki değerlerin, bizim çalışmamızda bulunan değere göre biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Lahananın genotipi, yetiştiği coğrafya, iklim gibi koşulların TF değeri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Hıyarda ve hıyar turşusunda TF değerlerinin sırasıyla, $0,34 \pm 0,12$ ve $0,23 \pm 0,04$ mg KE/100 g olduğu görülmüştür, salamuraya işleme ile TF değerlerinin istatistiksel olarak değişim göstermediği gözlenmiştir ($p > 0,05$). Sindirim sonrasında TF değerleri, sindirim öncesine göre artış göstermiştir.

Sindirim sonrası çiğ hıyarda $1,19 \pm 0,45$ mg KE/100 g, turşu hıyarda ise $0,78 \pm 0,12$ değerine yükselmiştir. Hıyarda ve hıyar turşusunda, TF biyoerişilebilirlik değerleri sırasıyla $\%347,7 \pm 5,6$ ve $348,2 \pm 3,2$ 'dir, ve istatistiksel olarak aralarında fark bulunmamaktadır ($p > 0,05$).

Sindirim sonrasında TF değerleri, sindirim öncesine kıyasla kaparilerde azalırken, lahanaya ve hıyarlarda ise artış göstermiştir. Sindirim sonrasında TF değerinin azaldığı ya da arttığı çalışmalar literatürde bulunmaktadır [2, 77, 133, 142]. Bu farklılık, gıdanın matriks yapısı, flavanoidlerin gıda matriksinde buldukları pozisyon gibi faktörlerden kaynaklanabilmektedir. Fenoliklerin ve flavanoidlerin stabilitesi, hücre duvarı yapısı, glikozitlerin hücredeki konumu, fenolik ve flavanoidlerin gıda matriksinde bağlanma durumu gibi değişkenlerden etkilenmektedir [2]. Horasan Sağbasan [2] tarafından yapılan çalışmada, sindirim sonrasında TF değeri siyah üzüm, kıvılcık ve yaban mersininde azalma gösterirken, mor erik de artış göstermiştir. Tomas [135] tarafından yapılan çalışmada da sindirim sonrasında TF değeri, taze domateste yaklaşık 2 kat artmış, domates sosunda ise azalmıştır. Sarı kantaronda [133], çiğ ve fermente *Prinsepia utilis* Royle tohumlarında [77] da sindirim sonrasında TF miktarları artmıştır.

Flavanoidlerin biyoerişilebilirlik değerleri, kaparide fermente kapariye nazaran daha yüksektir ($p < 0,05$). Lahana turşusunda, lahanaya göre göre daha yüksek flavanoid biyoerişilebilirlik değeri gözlemlenmiştir. Hıyar ve hıyar turşusunda ise, flavanoid biyoerişilebilirlik değerleri benzerdir. Sebze çeşidine bağlı olarak, fermantasyonun flavanoid biyoerişilebilirliği üzerinde farklı etkiler gösterdiği görülmektedir. Fermente olan ve fermente olmayan çaylarda yapılan bir çalışmada da, sindirim sonrasında fermente çaylardaki fenolik bileşiklerin daha fazla korunduğu görülmüştür [122]. Fermantasyonun koruyucu mekanizması tam olarak açıklanamasa da, üretilen laktik asitin hidrojen iyonları sağlayarak tampon bir çevre oluşturmasının, sindirim ortamının pH'sının fenolik bileşikler üzerindeki olumsuz etkisini azaltmış olabileceği düşünülmüştür. Bizim çalışmamızda da, lahanaya da bununla paralel bir sonuç elde edilirken, kapari de bunun aksi bir sonuç gözlemlenmiştir. Kapari, kapari turşusundakinden daha yüksek bir flavanoid biyoerişilebilirlik değerine sahiptir. Kapari turşusunda da fermantasyon söz konusudur, fakat fermantasyonun 1.gününden sonra ortamda LAB sayısı

azalmıştır ve son üründe LAB bulunmamaktadır. Bundan dolayı, fermantasyonun koruyucu etkisi kaparilerde gözlemlenememiş olabilir. Bunun yanısıra, kaparide flavanoid konjugatları, glikozitleri, kapari turşusuna kıyasla daha fazla bulunmaktadır, ve flavanoid konjugatları, glikozitleri sindirime karşı daha dayanıklıdır [122, 139]. Bunlardan dolayı, kaparide kapari turşusuna kıyasla TF biyoerişilebilirliğinin daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

4.6. Antioksidan aktivite değerleri

ABTS, DPPH ve FRAP yöntemleriyle antioksidan aktivite tayinleri yapılmıştır. Farklı analiz yöntemlerinde kullanılan farklı radikallerin stereoseçicilikleri ya da ekstraktların farklı analiz sistemlerindeki çözünürlükleri, ekstraktların radikallerle reaksiyonunu ve radikaller üzerinde etkin olabilme gücünü etkilemektedir [143], bundan dolayı farklı antioksidan aktivite yöntemleri kullanılarak analizlerin yapılması daha doğru bir yaklaşımdır. Hatta, yapılan bir çalışmada ABTS radikale karşı süpürücü etki gösteren bazı bileşiklerin DPPH radikale karşı herhangi bir etki göstermediği görülmüştür [144]. Tablo 4.12, Tablo 4.13 ve Tablo 4.14'de antioksidan aktivite değerleri gösterilmiştir. Kaparide ve kapari turşusunda ABTS antioksidan aktivite değerleri sırasıyla, 739,4±14,6 ve 621,5±4,6 mg TE/100 g olarak bulunmuştur. Sindirim sonrasında ise çiğ ve turşu kaparilerde sırasıyla, 292,6±29,3 ve 246,6±8,8 mg TE/100 g değerlerine düşmüştür. ABTS antioksidan aktivite, sindirim sonrasında kaparide ve kapari turşusunda sırasıyla, %58,2 ve %60,3 azalmıştır ($p>0,05$). Kaparide ve kapari turşusunda, DPPH antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 300,1±8,3 ve 259,5±1,3 mg TE/100 g olduğu görülmüştür. Sindirim sonrasında DPPH değerleri azalmıştır. Sindirim sonrası kaparide DPPH değeri 267,7±5,7 mg TE/100 g, kapari turşusunda ise 236,4±5,1 mg TE/100 g olarak bulunmuştur. DPPH antioksidan aktivite sindirim sonrasında, kaparide ve kapari turşusunda sırasıyla %10,8 ve %8,9 azalmıştır ($p>0,05$). Kaparide ve kapari turşusunda FRAP değerleri sırasıyla, 5,84±0,50 ve 5,05±0,49 mmol Fe/100 g dir. Diğer antioksidan aktivite değerlerinde olduğu gibi, FRAP analizinde de sindirim sonrası değerlerin sindirim öncesindeki değerlere göre azaldığı gözlenmiştir. Sindirim sonrası kaparide ve turşu kaparide FRAP değerleri sırasıyla, 2,59±0,23 ve 2,20±0,24 mmol Fe/100 g dir. FRAP antioksidan aktivite sindirim sonrasında, kaparide ve kapari turşusunda sırasıyla %55,6 ve %52,1 azalmıştır ($p>0,05$).

Yapılan bir çalışmada [14], kaparide 24,56 mmol TE/g kuru ağırlık olan ABTS antioksidan aktivite değeri, farklı koşullarda fermantasyona bırakılan kapari turşularında 12,88 mmol TE/g kuru ağırlık ve 14,21 mmol TE/g kuru ağırlık değerlerine düşmüştür. Bizim çalışmamızda da fermantasyon sonrasında ABTS antioksidan aktivite değeri azalmıştır ($p>0,05$). Başka bir çalışmada da [12], kapari turşusunun hidrofilik ekstraktının ABTS antioksidan aktivite değeri 2,37 μ mol TE/g taze ağırlık, lipofilik ekstraktın ABTS antioksidan aktivite değeri 0,63 μ mol TE/g taze ağırlık bulunmuştur. Çalışmalarda bulunan ABTS antioksidan aktivite değerlerinin birbirlerinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. Yapılan bir çalışmada, kapari turşusunda FRAP antioksidan aktivite değeri 0,94 mmol Fe²⁺/100 g taze ağırlık bulunmuştur [145], bu değer için çalışmamızda bulunan değerden biraz daha düşük olduğu görülmektedir.

Lahanada ABTS antioksidan aktivite değeri 25,11 \pm 0,86, lahanada ise 24,33 \pm 0,86 mg TE/100 g dır, istatistiksel olarak aralarında fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Sindirim sonrasında lahanada ABTS antioksidan aktivite değeri, 13,8 \pm 2,44 mg TE/100 g değerine, lahanada ise 13,8 \pm 2,81 mg TE/100 g değerine düşmüştür. Sindirilmiş ve sindirilmemiş lahanaların ABTS antioksidan aktivite değerlerine bakıldığında ise aralarında istatistiksel açıdan fark bulunmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Lahananın ve lahanada turşusunun ABTS antioksidan aktivite değerleri sindirim sonrasında, %45,1 ve %43,6 azalmıştır ($p>0,05$). Lahananın DPPH antioksidan aktivite değeri 9,68 \pm 0,69 mg TE/100 g, lahanada turşusunun ise 9,33 \pm 0,53 mg TE/100 g bulunmuştur. Sindirilmiş lahanada DPPH antioksidan aktivite değeri 9,83 \pm 1,11 mg TE/100 g, sindirilmiş lahanada ise 9,09 \pm 1,17 mg TE/100 g bulunmuştur. Lahananın DPPH antioksidan aktivite değeri sindirim sonrasında %1,4 artmış, lahanada turşusunun ise %2,8 azalmıştır ($p>0,05$). Lahanaların FRAP antioksidan aktivite değerleri arasında da istatistiksel açıdan fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Lahanada FRAP antioksidan aktivite değerinin 0,30 \pm 0,017, lahanada turşusunda 0,32 \pm 0,008, sindirilmiş lahanada 0,29 \pm 0,040, sindirilmiş lahanada ise 0,34 \pm 0,023 mmol Fe/100 g olduğu görülmüştür. Lahananın ve lahanada turşusunun FRAP antioksidan aktivite sindirim sonrasında sırasıyla %1,42 ve %6,32 azalmıştır ($p>0,05$).

Yapılan çalışmalarda, lahanada ABTS antioksidan aktivite değeri, 1961,7 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$ taze ağırlık [103, 146], 1,15 $\text{mmol TE}/\text{kg}$ taze ağırlık [41], 1,1 $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ taze ağırlık [123], 1,73 $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ taze ağırlık [23], 0,002 $\text{mmol TE}/\text{g}$ taze ağırlık [124], 15,3 $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ kuru ağırlık [147] ve 3,17 $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ kuru ağırlık [28] bulunmuştur. Bizim çalışmamızda, lahananın ABTS antioksidan aktivite değeri 25,11 $\text{mg TE}/100 \text{ g}$ taze ağırlık (100,3 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$ taze ağırlık, 1,00 $\text{mmol TE}/\text{kg}$ taze ağırlık, 1,00 $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ taze ağırlık, 0,001 $\text{mmol TE}/\text{g}$ taze ağırlık) bulunmuştur. Çalışmamızda bulunan değerlerin yapılan çalışmaların çoğuyla benzer olduğu görülmektedir [23, 41, 123, 124, 147], yapılan çalışmaların birinde [103, 146] bizim çalışmamızda bulunandan daha yüksek bir değer, başka birisinde de bizim çalışmamızdan daha düşük bir değer [28] bulunmuştur. Alkan [26] tarafından yapılan çalışmada, fermantasyonun 15.gününde lahananın ABTS antioksidan aktivite değeri çiğ lahanaya göre azalmış, fermantasyonun 30. ve 60. günlerinde ise çiğ lahanaya göre daha yüksek bulunmuştur. Girgin [103] tarafından yapılan çalışmada ise bizim çalışmamızla benzer şekilde salamuraya işleme ABTS antioksidan aktivite değerini etkilememiştir. Sauerkraut üretiminde ise fermantasyon işleminin ABTS antioksidan aktivite değerini artırdığı gözlemlenmiştir [28].

Çeşitli çalışmalarda lahananın DPPH antioksidan aktivite değeri, 150 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$ taze ağırlık [43], 1239,85 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$ taze ağırlık [103], 8,6 $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ kuru ağırlık [147] ve 2,31 $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ kuru ağırlık [28] bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise lahananın DPPH antioksidan aktivite değeri, 9,68 $\text{mg TE}/100 \text{ g}$ taze ağırlık (38,7 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$ taze ağırlık, 5,09 $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ kuru ağırlık) bulunmuştur. Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların farklılık gösterdiği görülmektedir, bizim çalışmamızda bulunan değerlerin yapılan çalışmaların bir kısmıyla benzer olduğu görülmektedir. Alkan [26] tarafından yapılan çalışmada DPPH antioksidan aktivite değeri fermantasyonun 15.gününde azalmış, fermantasyonun 30. ve 60. günlerinde ise başlangıçtaki DPPH antioksidan aktivite değerinin üzerine çıkmıştır. Girgin [103] tarafından yapılan çalışmada da bizim çalışmamıza benzer şekilde fermantasyon işleminin lahananın DPPH antioksidan aktivite değerini etkilemediği görülmüştür.

Lahananın FRAP antioksidan aktivite değerinin araştırıldığı çalışmalarda, 0,02-0,15 mmol Fe⁺²/100 g taze ağırlık [147], 5,79 mmol Fe⁺²/kg taze ağırlık [41], 1,56  mol Fe⁺²/g taze ağırlık [23] ve 49,7  mol Fe⁺²/g kuru ağırlık [147] değerleri bulunmuştur. Bizim alışmamızda lahananın FRAP antioksidan aktivite değeri, 0,30 mmol Fe⁺²/100 g taze ağırlık (3 mmol Fe⁺²/kg taze ağırlık, 3  mol Fe⁺²/g taze ağırlık, 39,5  mol Fe⁺²/g kuru ağırlık) bulunmuştur. Bulunan değer, yapılan çalışmaların çoğunluğuyla benzerlik göstermektedir.

Hıyarda ve hıyar turşusunda sırasıyla ABTS antioksidan aktivite değerleri, 16,11±0,81 ve 15,19±1,02 mg TE/100 g bulunmuştur, istatistiksel olarak karşılaştırıldıklarında aralarında önemli bir fark bulunmadığı görülmektedir (p>0,05). Sindirim sonrasında hıyarda ve hıyar turşusunda sırasıyla ABTS antioksidan aktivite değerlerinin 12,23±0,70 ve 10,47±1,56 mg TE/100 g değerlerine düştüğü görülmektedir. Hıyarda ve hıyar turşusunda ABTS antioksidan aktivite değerleri sindirim sonrasında sırasıyla %24,2 ve %30,9 azalmıştır (p>0,05). Hıyarda DPPH antioksidan aktivite değeri, 8,06±0,10 mg TE/100 g iken hıyar turşusunda bu değerin 7,03±0,21 mg TE/100 g değerine düştüğü görülmüştür (p<0,05). Hıyarın ve hıyar turşusunun sindirimi sonrasında DPPH antioksidan aktivite değerlerinin, sindirim öncesi değerlerine göre azaldığı gözlenmiştir (p<0,05). Sindirilmiş hıyarda ve sindirilmiş hıyar turşusunda DPPH antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla, 6,06±0,34 mg TE/100 g ve 5,23±0,22 mg TE/100 g olduğu görülmüştür. Hıyarda ve hıyar turşusunda, sindirim sonrasında DPPH antioksidan aktivite değerleri sırasıyla, %24,8 ve %25,6 azalmıştır (p>0,05). Hıyarda ve hıyar turşusunda FRAP antioksidan aktivite değerleri sırasıyla 0,35±0,02 ve 0,40±0,04 mmol Fe/100 g olarak bulunmuştur, ve aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı gözlenmiştir (p<0,05). Hıyarda sindirim öncesi 0,35±0,02 mmol Fe/100 g olan FRAP antioksidan aktivite değeri, sindirim sonrası 0,40±0,01 bulunmuştur, bu değişim istatistiksel olarak önemli değildir (p>0,05). Hıyar turşusunda 0,40±0,04 mmol Fe/100 g olan FRAP antioksidan aktivite değeri, sindirilmiş hıyar turşusunda 0,55±0,06 mmol Fe/100 g değerine yükselmiştir (p<0,05). Hıyarda ve hıyar turşusunda, sindirim sonrasında FRAP antioksidan aktivite değerleri sırasıyla %14,7 ve %36,8 artış göstermiştir (p<0,05).

Yapılan çalışmalarda hıyarın ABTS antioksidan aktivite değeri, 0,43 mmol/kg taze ağırlık [41] ve 10,1 μ mol TE/g kuru ağırlık [147] bulunmuştur. Bizim çalışmamızda hıyarın ABTS değeri, 16,11 mg TE/100 g taze ağırlık (0,64 mmol/kg taze ağırlık, 13,1 μ mol TE/g kuru ağırlık) bulunmuştur, yapılan çalışmalarla benzer olduğu görülmektedir. Alkan [26] tarafından yapılan çalışmada, hıyar fermentasyonunun 15.gününde başlangıçtakine göre ABTS antioksidan aktivite değerinin düşüş gösterdiği, 30. ve 60. günde ise başlangıçtaki değere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmamızda ise salamuraya işleme ile ABTS antioksidan aktivite değerinin değişim göstermediği görülmüştür.

Literatürde yer alan çalışmalarda, hıyarın DPPH antioksidan aktivite değeri, 100 μ mol TE/100 g taze ağırlık [43] ve 2,3 μ mol TE/g kuru ağırlık [147] bulunmuştur. Çalışmamızda hıyarda bulunan DPPH antioksidan aktivite değeri, 8,06 mg TE/100 g taze ağırlık (32,2 μ mol TE/100 g taze ağırlık, 6,57 μ mol TE/g kuru ağırlık) tır. Bizim çalışmamızda bulunan sonucun, Miller ve ark. tarafından [43] bulunan değerden daha düşük, Tiveron ve ark. nın çalışmasındaki değerden [147] ise daha yüksek bir değer olduğu görülmektedir. Çalışmalar arasındaki bu farklılığın, hıyarın cinsi, yetiştiği bölge, iklim gibi etkenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Alkan [26] tarafından yapılan çalışmada da, bizim çalışmamızda olduğu gibi hıyarın salamuraya işlenmesi DPPH antioksidan aktivite değerini azaltmıştır.

Çiğ hıyarda FRAP antioksidan aktivite değeri, yapılan çalışmalarda 0,02-0,09 mmol Fe/100 g taze ağırlık [145] ve 16,3 μ mol Fe⁺²/g kuru ağırlık [147] bulunmuştur. Turşu hıyarda [145] ise yapılan çalışmalarda FRAP antioksidan aktivite değeri, 0,08-0,28 mmol Fe⁺²/100 g taze ağırlık bulunmuştur. Çalışmamızda çiğ ve turşu hıyarda bulunan FRAP antioksidan aktivite değerlerinin biraz daha yüksek olduğu görülmektedir.

Kaparilerde sindirim sonrasında TP, TF ve antioksidan aktivite değerleri azalmıştır. Lahanalarda sindirim sonrasında TP ve TF değerleri artmış, DPPH ve FRAP antioksidan aktivite değerleri değişmemiş, ABTS değeri ise azalmıştır. Hıyarlarda ise sindirim sonrasında TP, TF değerleri artmış, ABTS ve DPPH antioksidan aktivite değerleri azalmış, FRAP antioksidan aktivite değeri ise

değişim göstermemiştir. Lahanalarda ve hıyarlarda, sindirim sonrasında TP ve TF değerleri artmasına rağmen, antioksidan aktivite değerleri değişim göstermemiş ya da azalma göstermiştir. Bu durum, antioksidan aktivitenin sadece fenolik bileşiklere bağlı olmamasından kaynaklanabilmektedir. Lahana da bulunan C vitamini, karotenoidler, izotiyosiyanatlar, tiyoller, A vitamini, E vitamini, çinko, manganez ve selenyumun, hıyarda bulunan C vitamini, karotenoidler, bakır, manganez, çinko, selenyum ve A vitaminin antioksidan aktiviteye katkı sağladığı, farklı bileşiklerin kombine çalışmasının da antioksidan aktivite üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir [110, 148–154]. Sindirim sonrasında bu bileşiklerin miktarlarındaki azalma, antioksidan aktivitenin artış göstermemesine neden olmuş olabilir. Bunun yanısıra, sindirim sonrasında fenolik bileşiklerin parçalanmasıyla yeni fenolik bileşikler oluşmaktadır, ayrıca bazı fenolik bileşikler ise hücre duvarından serbest kalarak sindirim sonrasındaki TP miktarına katkıda bulunmaktadır. Sindirim sonrasında oluşan yeni fenolik bileşiklerin ve hücre duvarından serbest kalan fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri, sindirim öncesinde bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri kadar yüksek olmayabilir; bu durumun da toplam fenolik miktarı artmasına rağmen antioksidan aktivitenin değişmemesinin ya da azalmasının sebebi olabileceği düşünülmektedir. Domateste yapılan bir sindirim çalışmasında, TP değeri üç kat civarında ve TF değeri iki kat civarında artış göstermesine karşın, DPPH antioksidan aktivite değeri sindirim öncesine göre 6 kat civarında azalma göstermiştir [135]. Domates sosunda da benzer şekilde, sindirim sonrasında TP ve TF değeri artarken, DPPH antioksidan aktivite değeri azalmıştır [135].

Tablo 4.612. Kaparilere ait ABTS, DPPH ve FRAP antioksidan aktivite değerleri

	ABTS (mg TE/100 g)			DPPH (mg TE/100 g)			FRAP(mmol Fe/100 g)		
	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Değişim (%)	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Değişim (%)	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Değişim (%)
Kapari	739,4±14,6 ^{A, a}	292,6±29,3 ^{A, b}	(-) 58,2 ^A	300,1±8,3 ^{A, a}	267,7±5,7 ^{A, b}	(-) 10,8 ^A	5,84±0,50 ^{A, a}	2,59±0,23 ^{A, b}	(-) 55,6 ^A
Kapari turşusu	621,45±4,6 ^{B, a}	246,6±8,7 ^{A, b}	(-) 60,3 ^A	259,5±1,3 ^{B, a}	236,4±5,1 ^{B, b}	(-) 8,9 ^A	5,05±0,49 ^{A, a}	2,20±0,24 ^{A, b}	(-) 52,1 ^A

A-B farklı harfler aynı sütundaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

a-b farklı harfler aynı satırdaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 4.6. Lahanalara ait ABTS, DPPH ve FRAP antioksidan aktivite değerleri

	ABTS (mg TE/100 g)			DPPH (mg TE/100 g)			FRAP(mmol Fe/100 g)		
	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Değişim (%)	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Değişim (%)	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Değişim (%)
Lahana	25,1±0,9 ^{A, a}	13,8±2,4 ^{A, b}	(-) 45,1 ^A	9,7±0,7 ^{A, a}	9,8±1,1 ^{A, a}	(+) 1,4 ^A	0,30±0,02 ^{A, a}	0,29±0,04 ^{A, a}	(-) 1,42 ^A
Lahana turşusu	24,3±0,9 ^{A, a}	13,8±2,8 ^{A, b}	(-) 43,6 ^A	9,3±0,5 ^{A, a}	9,1±1,2 ^{A, a}	(-) 2,8 ^A	0,32±0,01 ^{A, a}	0,34±0,02 ^{A, a}	(-) 6,32 ^A

A-B farklı harfler aynı sütundaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

a-b farklı harfler aynı satırdaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 4.614. Hıyarlara ait ABTS, DPPH ve FRAP antioksidan aktivite değeri

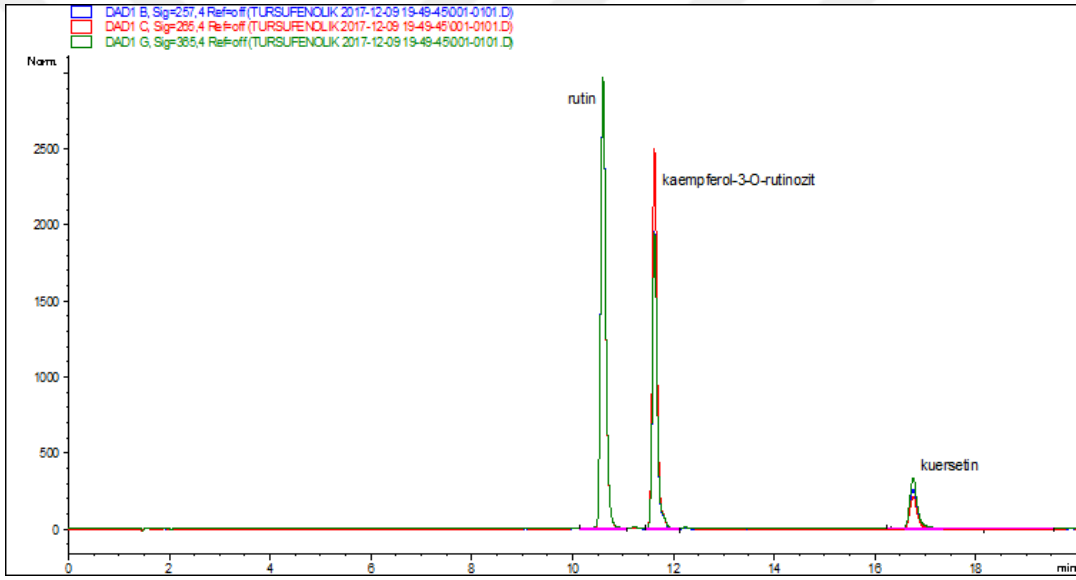
	ABTS (mg TE/100 g)			DPPH (mg TE/100 g)			FRAP(mmol Fe ²⁺ /100 g)		
	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Değişim (%)	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Değişim (%)	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Değişim (%)
Hıyar	16,1±0,8 ^{A, a}	12,2±0,7 ^{A, b}	(-) 24,2 ^A	8,06±0,10 ^{A, a}	6,06±0,34 ^{A, b}	(-) 24,8 ^A	0,35±0,02 ^{A, a}	0,40±0,01 ^{B, a}	(+) 14,7 ^B
Hıyar turşusu	15,2±1,0 ^{A, a}	10,5±1,6 ^{A, b}	(-) 30,9 ^A	7,03±0,21 ^{B, a}	5,23±0,22 ^{B, b}	(-) 25,6 ^A	0,40±0,04 ^{A, b}	0,55±0,06 ^{A, a}	(+) 36,8 ^A

A-B farklı harfler aynı sütundaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

a-b farklı harfler aynı satırdaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.

4.7. HPLC ile Belirlenen Rutin, Kaempferol-3-O rutinozit ve Kuersetin Flavanoidlerinin değerleri

Tüm örneklerde rutin, kaempferol-3-O-rutinozit ve kuersetin miktarlarını belirlemek için analizler yapılmıştır. Bu bileşiklere ait standart kromatogramları Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Rutin, kaempferol-3-O-rutinozit ve kuersetin için alıkonma zamanları sırasıyla, 10,6, 11,6 ve 16,7. dakikalar olarak belirlenmiştir. Kapari ve hıyar örneklerinde tespit edilen flavonoid bileşikleri Tablo 4.15 ve Tablo 4.16'da verilmiştir. Lahana örneklerinin yapılan analizler sonucunda rutin, kaempferol-3-O-rutinozit ve kuersetin içermediği saptandığı için tablolarda yer almamaktadır.



Şekil 4.7. Standart bileşiklere ait kromatogram

Tablo 4.15. Kapaarilerde bulunan bazı flavonoidlerin miktarı ve biyoerişilebilirlikleri

	Flavonoid (mg/100 g)								
	Rutin			Kaempferol-3-O-rutinozit			Kuersetin		
	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	BE (%)	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	BE (%)	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	BE (%)
Çiğ	175,9±3,9 ^{A, a}	27,7±2,6 ^{B, b}	15,8 ±1,6 ^B	171,6±18,6 ^{A, a}	163,5±13,2 ^{A, a}	95,6 ±5,2 ^A	0,47±0,11 ^B	nd	-
Turşu	117,5±15,1 ^{B, a}	50,7±3,9 ^{A, b}	45,3 ±2,0 ^A	109,7±6,6 ^{B, a}	106,6±3,1 ^{B, a}	97,4±4,8 ^A	10,80±0,7 ^A	nd	-

A-B farklı harfler aynı sütundaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.
a-b farklı harfler aynı satırdaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.
BE:Biyoerişilebilirlik, nd:saptanamamıştır

Tablo 4.16. Hıyarlarda bulunan bazı flavanoidlerin miktarı ve biyoerişilebilirlikleri

	Flavanoid (mg/100 g)					
	Rutin		Kaempferol-3-O-rutinozit		Kuersetin	
	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası
Çiğ	nd	nd	nd	0,39±0,06 ^B	nd	nd
Turşu	nd	nd	nd	0,74±0,05 ^A	0,13±0,04	nd

A-B farklı harfler aynı sütundaki değerler arasındaki farkın p<0,05 düzeyinde önemli olduğunu ifade etmektedir.
nd:saptanamamıştır

Kapari örneklerine ait kromatogram Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Tablo 4.15 den de görüldüğü üzere kaparide 175,9±3,9 mg/100 g rutin, 171,6±18,6 mg/100 g kaempferol-3-O-rutinozit ve 0,47±0,11 mg/100 g kuersetin bulunmaktadır. Kapari turşu örneklerine ait kromatogram ise Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Kapari turşularında 117,5±3,9 mg/100 g rutin, 109,7±6,6 mg/100 g kaempferol-3-O-rutinozit ve 10,80±0,77 mg/100 g kuersetin bulunmuştur. Inocencio ve ark. [7] ile Yemiş [14] tarafından kaparilerde yapılan çalışmalarda da bizim çalışmamızda olduğu gibi rutin ana bileşen, kaempferol-3-O-rutinozit ise ikincil bileşen olarak belirlenmiştir.

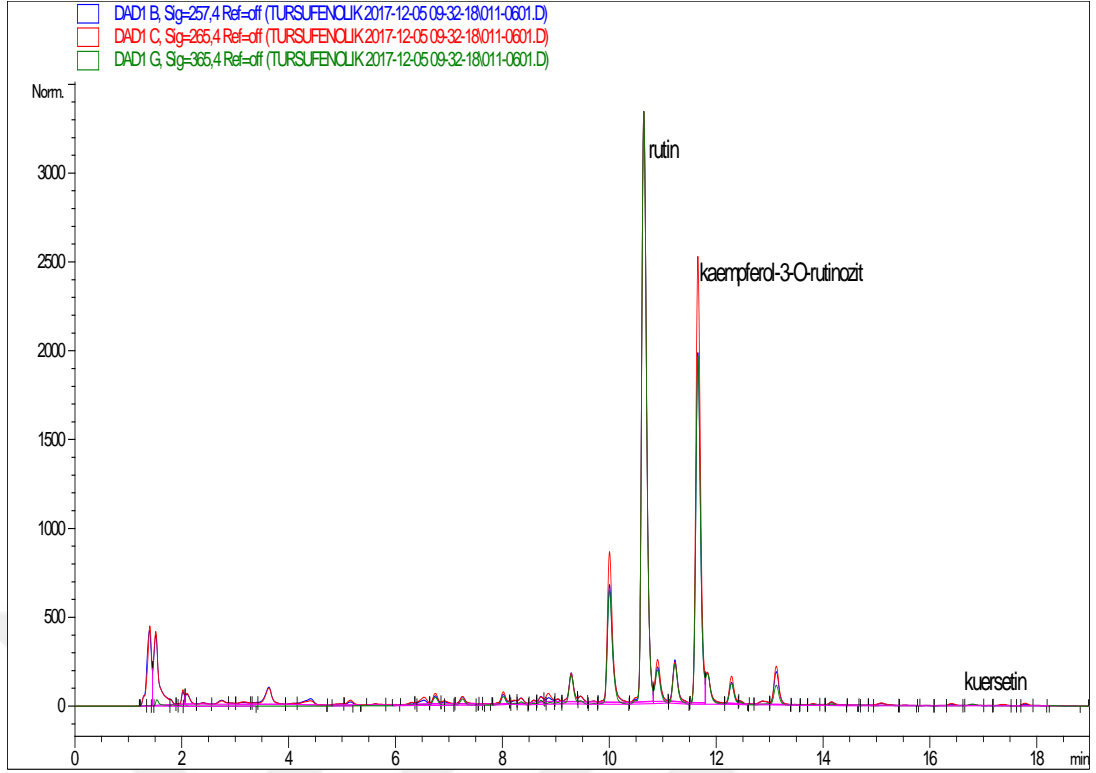
Tunus'un farklı bölgelerinden toplanan kaparilerde rutin miktarı, 375-1071 mg/100 g arasında değişiklik göstermektedir [13]. Bu değerlerin, çalışmamızda bulduğumuz rutin değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Başka çalışmalarda ise kuru ağırlık üzerinden rutin miktarları 0,88-1,7 g/100 g [11] ve 1,45 g/100 g [14] olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise kuru ağırlık üzerinden değerlendirildiğinde çiğ kaparide bulunan rutin miktarı 1,14 g/100 g'dır ve yapılan bu çalışmalarla paralellik göstermektedir. Başka bir çalışmada da kaparideki rutin miktarı, kuru ağırlıkta 11,7 mg/g olarak bulunmuştur [155], bizim çalışmamızda bulduğumuz rutin değeri ise kuru ağırlık cinsinden 11,4 mg/g'dır, bu çalışmanın da bizim gözlemlediğimiz değere yakın miktarda olduğu görülmektedir.

Kapari turşularında, rutin miktarı 117,5±3,9 mg/100 g bulunmuştur. Salamuraya işleme ile kaparilerde bulunan rutin miktarının %33,2 oranında azaldığı gözlenmiştir, bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Yapılan çalışmalarda kapari turşularında bulunan rutin miktarlarının değişkenlik gösterdiği görülmektedir [7, 11, 12, 14, 18]. Yapılan çalışmalarda kapari turşularında bulunan rutin miktarları, 160 mg/100 g [12], 76-1047 mg/100 g [7] ve 150,6-732,6 mg/100 g [18] olarak bulunmuştur. Bu çalışmalarda bulunan değerlerin, bizim çalışmamızla uyum gösterdiği söylenebilir. Kapari turşularında rutin miktarının kuru ağırlık üzerinden belirtildiği çalışmalarda, 0,59-1,33 g/100 g [14] ve 0,27-0,47 g/100 g [11] rutin bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise kapari turşusunda bulunan rutin miktarı kuru ağırlık üzerinden hesaplandığında 0,91 g/100 g bulunmuştur, yapılan çalışmalarla benzer olduğu söylenebilir. Bu çalışmalarda bulunan değerler, bizim bulduğumuz değerle uyumluluk göstermektedir; fakat bu çalışmalarda farklı ticari turşu olarak satılan kaparilerin farklı değerler gösterdiği de açıkça görülmektedir. Bu

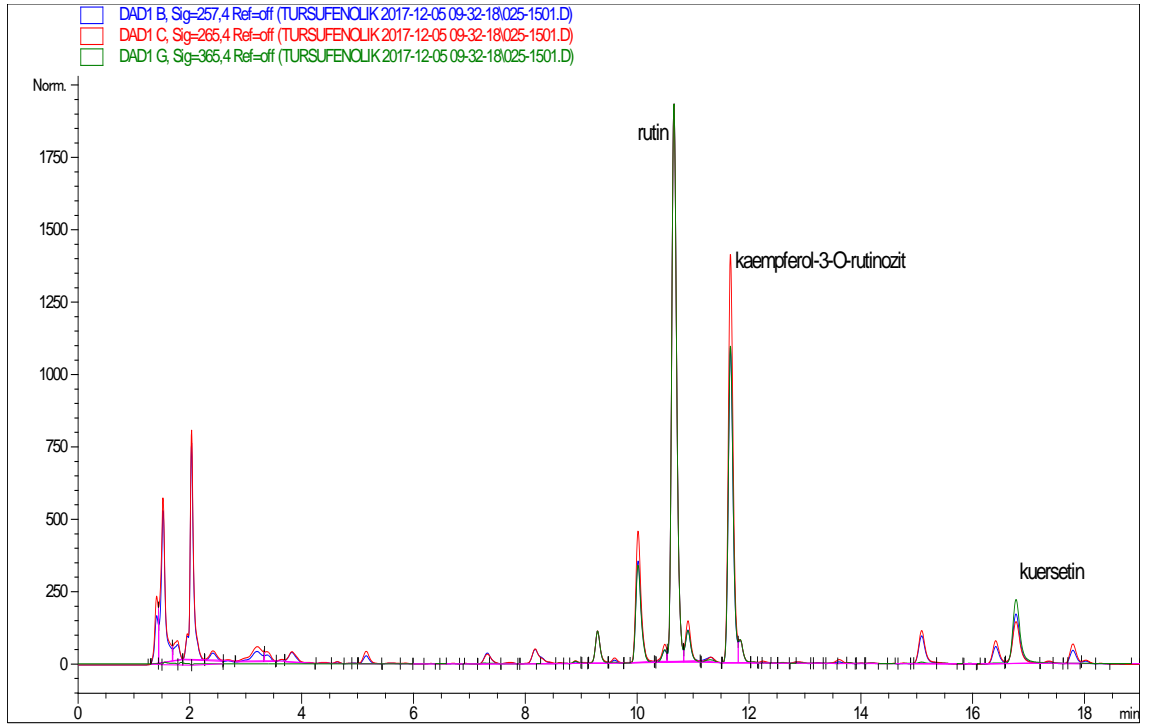
durum, kaparinin türü, yetiştirildiği yer, iklim koşulları, kaparinin salamura işleme koşulları gibi değişkenlerle ilişkilendirilebilir. Yapılan diğer çalışmalarda da [11, 14] olduğu gibi bizim çalışmamızda da salamura işleme ile rutin miktarının azaldığı gözlenmiştir. Salamura işleme ile rutin (kuersetin-3-O-rutinozit), kuersetine hidrolizlendiği, bundan dolayı azalma gösterdiği düşünülmektedir. Yüksek miktarda tuz kullanımı, ortamın pH değeri, ortamdaki mikroorganizmaların aktiviteleri, rutin hidrolizinin sebeplerinden olabilir [11].

Kaparilerde bulunan kaempferol-3-O-rutinozit miktarının kuru ağırlık üzerinden değerlendirildiği çalışmalarda, 0,88 g/100 g [14] ve 0,95-1,23 g/100 g [11] kaempferol-3-O-rutinozit olduğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda kuru ağırlık üzerinden hesaplama yapıldığında çiğ kaparilerde, 1,11 g/100 g kaempferol-3-O-rutinozit bulunmaktadır, ve yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Kapari turşularında $109,7 \pm 6,6$ mg/100 g kaempferol-3-O-rutinozit bulunmuştur. Salamura işleme prosesinin, kaparilerde bulunan kaempferol-3-O-rutinozit miktarını %36,1 oranında azalttığı gözlemlenmiştir, bu azalmanın da istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$). Yapılan bir çalışmada [7] farklı ticari turşularda 0-4,65 mg/g taze ağırlık aralığında kaempferol-3-O-rutinozit bulunduğu belirtilmiştir, farklı ticari turşuların oldukça değişken bir aralıkta kaempferol-3-O-rutinozit içerdiği görülmektedir. Bizim çalışmamızdaki kaempferol-3-O-rutinozit miktarı da bu aralıkta yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda kapari turşularında kuru ağırlıkta, 0,08-0,21 g/100 g [11] ve 0,38-0,83 g/100 g [14] kaempferol-3-O-rutinozit olduğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda da, turşu kaparide kuru ağırlık bazında 0,85 g/100 g kaempferol-3-O-rutinozit bulunmuştur, ve Yemiş [14] tarafından yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. Yapılan diğer çalışmalarda da gözlemlendiği gibi [11, 14], bizim çalışmamızda da salamura işleme ile kaempferol-3-O-rutinozit miktarı azalmıştır. Bunun nedeninin salamura işleme ile kaempferol-3-O-rutinozitin kaempferole hidrolizlenmesi olduğu düşünülmektedir [11, 14].



Şekil 4.7. Kapari örneklerine ait kromatogram



Şekil 4.8. Kapari turşu örneklerine ait kromatogram

Yapılan çalışmalarda kaparide kuru ağırlık üzerinden kuersetin miktarları, 0,49-0,80 g/100 g [11], 1 g/100 g [156] ve 0,94 g/100 g [155] olarak bulunmuştur. Bu çalışmalarla kıyaslandığında, bizim çalışmamızda kuru ağırlık bazında 3,05 mg/100 g bulunan kuersetin miktarının oldukça az olduğu görülmektedir. Fakat, Inocencio ve ark. [7] ile Yemiş [14] tarafından yapılan çalışmalarda kaparide kuersetine hiç rastlanmamıştır, bizim çalışmamızda ise kaparinin az miktarda da olsa kuersetin içerdiği görülmektedir. Kuersetin miktarı açısından kapariler arasında büyük bir değişkenlik olduğu açıkça görülmektedir.

Literatürde, kapari turşularında kuersetin miktarları, 16-18 mg/100 g [11] ve 3-145 mg/100 g [7] olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamızda, kapari turşularında gözlemlediğimiz $10,80 \pm 0,77$ mg/100 g kuersetin değeri, bu çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Başka bir çalışmada kapari turşularında, kuru ağırlık bazında 10-80 mg/100 g kuersetin bulunmuştur, bizim çalışmamızda ise turşu kaparilerde kuru ağırlık üzerinden 83,98 mg/100 g kuersetin bulunmaktadır ve yapılan çalışma ile uyum göstermektedir.

Kaparilerde bulunan kuersetin miktarı salamuraya işleme ile, 0,47 mg/100 g dan $10,80 \pm 0,77$ mg/100 g değerine yükselerek çok büyük bir artış göstermiştir ($p < 0,05$). Bu durumun kaparilerde bulunan rutin (kuersetin-3-O-rutinozit) gibi kuersetin türevlerinin asit ortamda bağlarının kopmasıyla kuersetin aglikon formuna geçmeleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir [7, 14]. Fermantasyon ortamında bulunan bakterilerin ve özellikle de bu bakteriler tarafından üretilen enzimlerin de rutin gibi kuersetin türevlerinin kuersetine hidrolizlenmesiyle ilişkisi olabilir. Rutin, *L.plantarum* da bulunan ramnosidaz enzimiyle kuersetin-3-glikozite, daha sonra da β -glukozidaz enzimiyle kuersetine hidrolizlenebilmektedir [157]. Bunun yanı sıra, rutin direkt olarak da hesperidinazla kuersetine hidrolizlenebilmektedir [158]. Yapılan çalışmalarda [7, 14] da bizim çalışmamızda olduğu gibi salamuraya işleme ile kuersetin miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Bunun aksine, yapılan bir çalışmada ise salamuraya işleme ile kaparide kuersetin miktarının azaldığı görülmüştür [11]. Literatürden edinilen bilgiye göre, kaparide rutin dışında da hiperosit (kuersetin-3-O-galaktozit), kuersetin-3-O-ramnosit, izokuersetin [159], kuersetin-3-glikozit, kuersetin-7-glukopiranozit ramnopiranosil-ramnopiranozit [118], kuersetin-3-

glikozit-7-ramnozid, kuersetin-7-rutinozit [160] gibi kuersetin türevleri bulunmaktadır, fermantasyon ortamının etkisiyle rutinün yanısıra bu kuersetin türevleri de kuersetine hidrolizlenmiş olabilir.

Kaparilerin sindirimi sonrasında, sindirim öncesinde 175,9±3,9 mg/100 g olan rutin miktarı sindirim sonrasında azalarak 27,7±2,6 mg/100 g değerine düşmüştür (p<0,05). Rutinin kaparideki biyoerişilebilirliği %15,8 bulunmuştur. Kapari turşusunda 117,5±15,1 mg/100 g olan rutin miktarı sindirim sonrasında azalarak 50,7±3,9 mg/100 g değerine düşmüştür (p<0,05). Rutinin, kapari turşusundaki biyoerişilebilirliği %43,2 bulunmuştur. Sindirim sonrasında kapari turşusunda bulunan rutin miktarı, sindirim sonrasında kaparide bulunan rutin miktarından daha yüksektir (p<0,05). Rutinin, kapari turşusundaki biyoerişilebilirlik değeri, kaparideki biyoerişilebilirlik değerinden daha yüksektir (p<0,05). Fermente kaparide bulunan rutin (kuersetin-3-O-rutinozit), sindirime daha dayanıklı olduğu görülmektedir. Çalışmamızla benzer şekilde, fermente yeşil çayda bulunan kuersetin ve kaempferol konjugatlarının, fermente olmayan yeşil çaya kıyasla sindirime daha dayanıklı olduğu görülmüştür. Yeşil çayda yapılan bu çalışmada, fermente yeşil çayda genel olarak çeşitli fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliklerin ve sindirim sonrası stabilitelelerinin, fermente olmayan yeşil çaya kıyasla genel olarak biraz daha yüksek olduğu görülmüştür [122]. Fermantasyonun koruyucu mekanizması tam olarak açıklanamamakla birlikte, fermantasyonla üretilen laktik asit, hidrojen iyonları sağlayarak tampon bir çevre oluşturmuştur ve böylelikle fenolik bileşikler üzerinde sindirim sürecinde pH'nın olumsuz etkisini hafifletmiş olması mümkündür [122].

Kaparilerin sindirimi sonrasında, başlangıçta 171,6±18,6 mg/100 g olan kaempferol-3-O-rutinozit miktarı sindirim sonrasında 163,5±13,2 bulunmuştur, değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır (p>0,05). Kaparide kaempferol-3-O-rutinozitin biyoerişilebilirliği %92,3 bulunmuştur. Kapari turşularında ise başlangıçta 109,7±6,6 mg/100 g olan kaempferol-3-O-rutinozit miktarı, sindirim sonrasında 106,6±3,1 mg/100 g bulunmuştur (p>0,05). Kapari turşularında ise, kaempferol-3-O-rutinozitin biyoerişilebilirliği %97,2 bulunmuştur.

Kaparilerde ve kapari turşularında sindirim sonrasında kuersetin

saptanamamıştır. Sindirim ile kaparilerde kaempferol-3-O-rutinozit miktarı değişmemiş, rutin (kuersetin-3-O-rutinozit) miktarı azalmıştır, kuersetin ise tamamen ortadan kalkmıştır. Çayda yapılan bir çalışmada da benzer şekilde kuersetin ve kaempferol sindirime daha dayanıksız iken, kuersetin ve kaempferol glikozitlerinin daha dayanıklı olduğu görülmüştür [122]. Bu durumun, sindirim boyunca alkali ortam ve sindirim enzimlerine maruz kalındığında, şeker bağlarının aglikonları degradasyondan korunmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir [122]. Kuersetin glikozitlerinin, konjugatlarının biyoerişilebilirlikleri, kuersetine göre daha yüksektir. Bu, çözünürlükle ilişkili olabilir. Aglikonlar, daha fazla lipofilik özellik gösterdiklerinden, konjugatlarına göre suda daha az çözünmektedirler. Bu da daha düşük biyoerişilebilirlik ve biyoyararlılık göstermelerine sebebiyet verebilir. Bunun yanı sıra, aglikonların düşük biyoerişilebilirlikleri, sindirim koşullarındaki kimyasal ve termal instabiliteleriyle ilişkili olabilir. Şeker bağları, aglikonlarını kimyasal degradasyondan koruyabilir ve dolayısıyla, kuersetin ve kaempferol glikozitleri, sindirim boyunca daha dayanıklıdır.

Hıyarda kuersetin saptanmazken, hıyar turşusunda 0,13 mg/100 g kuersetin saptanmıştır. Bunun hıyarda bulunan kuersetin türevlerinin, kuersetine hidrolizlenmesiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Literatüre göre hıyarda, kuersetin-O-glikozit, kuersetin heksisid ve kuersetin rhamnosid gibi kuersetin türevleri bulunmaktadır [45, 161]. Fermantasyon ortamındaki düşük pH'nın etkisiyle, kuersetin türevlerinin glikozit bağlarının kopmasıyla, kuersetine hidrolizlendiği düşünülmektedir. *L.plantarum* da bulunan glikozil hidrolaz enzimlerinin etkisiyle de kuersetin türevlerindeki bağların kopmuş olması ve kuersetinin açığa çıkması muhtemeldir[162].

Hıyarda ve hıyar turşusunda sindirim öncesinde kaempferol-3-O-rutinozit gözlenmezken, sindirim sonrasında çiğ ve turşu hıyarda sırasıyla 0,39±0,06 ve 0,74±0,05 mg/100 g kaempferol-3-O-rutinozit tespit edilmiştir (p<0,05). Bunun gıda matriksinde başka bileşenlere bağlı bulunan kaempferol-3-O-rutinozitin sindirim sonrasında gıda matriksinden serbest kalmasıyla bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Sindirilmiş hıyar turşusunda, sindirilmiş hıyara kıyasla daha fazla kaempferol-3-O-rutinozit tespit edilmiştir (p<0,05). Kaempferol-3-O-rutinozit, sindirim etkisiyle bağlı bulunduğu yerden serbest kalmış olabilir; fakat sindirim koşulları aynı zamanda

kaempferol-3-O-rutinozitin, enzim ve alkali etkisiyle degradasyonuna da yol açmış olabilir. Turşuda üretilen laktik asit, hidrojen iyonları sağlayarak tampon bir çevre oluşturup kaempferol-3-O rutinozit üzerinde pH'nın olumsuz etkisini hafifletmiş olabilir [122]. Bunun sonucunda da, sindirilmiş hıyar turşusunda, sindirilmiş hıyara kıyasla daha fazla kaempferol-3-O-rutinozit tespit edilmiştir.

Aynı fenolik bileşiğin, farklı gıda matrikslerinde sindirim sonrasında farklı değişimler gösterdiği görülmektedir. Rutin, bizim çalışmamızda sindirim sonrasında azalma göstermiştir ($p < 0,05$). Kuş kirazı ve Wegierka eriğinde [163], 6 farklı kinoa tohumunda [164] ve bademde [85] bulunan rutinde de benzer şekilde sindirim sonrasında azalma gözlenmiştir. *Rhizopus oligosporus* ile fermente edilmiş *Prinsepia utilis* Royle tohumunda [77] ve Şili beyaz çileğinde [132] bulunan rutin ise, sindirim sonrası ortamda bulunmadığı gözlemlenmiştir. Fakat, ham *Prinsepia utilis* Royle tohumunda, *Aspergillus oryzae* var. *effuses* ile fermente edilmiş *Prinsepia utilis* Royle tohumunda, *Rhizopus oryzae* tohumu ile fermente edilmiş *Prinsepia utilis* Royle tohumunda sindirim sonrasında gıdada bulunan rutin miktarının ise artış gösterdiği gözlemlenmiştir [77].

Çalışmamızda kaempferol-3-O-rutinozit, kaparilerde sindirim sonrasında değişim göstermemiştir, hıyarlarda ise sindirim öncesi ortamda tespit edilemezken sindirim sonrası ortamda tespit edilmiştir. Fermente edilmiş *Prinsepia utilis* Royle tohumlarında bulunan kaempferol-3-O-rutinozit miktarı sindirim sonrasında artış göstermiştir. Bu durumun gıda matriksinde başka bileşenlere bağlı bulunan kaempferol-3-O-rutinozitin sindirim sonrasında gıda matriksinden serbest kalmasıyla bağlantılı olduğu düşünülmektedir [77]. Bademde ise sindirim sonrası kaempferol-3-O-rutinozitin %91,8 oranında stabil kaldığı tespit edilmiştir [85]. Bu durum, kaempferol-3-O-rutinozitin sindirim koşullarında stabilitesinin yüksek olmasından kaynaklanabileceği gibi, sindirim aşamasında kaempferol-3-O-rutinozit parçalansa bile, gıda matriksinde başka bileşiklere bağlı bulunan kaempferol-3-O-rutinozitin açığa çıkmasından da kaynaklanabilir.

Çalışmamızda kaparilerde ve hıyar turşusunda sindirim sonrası ortamda kuersetin tespit edilememiştir. Çalışmamıza benzer şekilde sindirim öncesinde keçiboynuzu ununda bulunan kuersetin, sindirim sonrasında tespit edilememiştir

[165]. Brokolide de başlangıçta oldukça yüksek miktarda bulunan kuersetin, sindirim sonrası neredeyse tamamen yok olmuştur [166]. Juçara meyvesinde [84], bademde [85], tarçında, tarçınli yoğurtta [167] ve meşrubatlarda [82] da sindirim sonrasında kuersetin miktarları azalmıştır. Kuersetin, alkali koşullara karşı hasas bir bileşiktir [168–170]. Oda sıcaklığında, pH=7’de yapılan bir çalışmada kuersetinin zamana bağlı olarak önemli ölçüde degrade olduğu görülmüştür [170]. Bizim çalışmamızda, bağırsak sindirimi 37C’de ve pH=7’de gerçekleşmiştir; bu koşulların kuersetinin degradasyonuna yol açtığı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, kuersetin bağ kopmasıyla protokateşik aside dönüşebilmektedir [168, 169]. Fakat, sindirim sonrası kuersetinin korunduğu ya da arttığı çalışmalar, az sayıda olsa da literatürde bulunmaktadır. Çam balı karışımlarında ortamda bulunan kuersetin miktarı sindirim sonrası da korunmuştur [171]. Çakal eriğinde yapılan bir çalışmada ise, sindirim öncesinde kuersetin olmamasına rağmen sindirim sonrasında kuersetin tespit edilmiştir [172].

4.8. LC/MS-MS ile Fenolik Bileşen Profiline Kalitatif Belirlenmesi

Tüm örneklerde 33 farklı fenolik bileşimin (gallik asit, 3- hidroksitirosol, protokateşik asit, 3,4-dihidroksifenilasetik asit, (+)-kateşin, pirokateşol, kloroenik asit, 2,5-dihidroksibenzoik asit, 4-hidroksibenzoik asit, (-)-epikateşin, vanilik asit, kafeik asit, şirinjik asit, 3-hidroksibenzoik asit, vanilin, verbaskozit, taksifolin, sinapik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, luteolin-7-O-glukozit, hesperidin, hiperosit, rosmarinik asit, oleoperin, apigenin-7-O-glukozit, 2-hidroksisinamik asit, pinoselinol, eriodiktol, kuersetin, luteolin, kaempferol, apigenin) kalitatif olarak tespit edilmiştir. Kaparilerin, lahanaların ve hıyarların LC/MS-MS de tespit edilen fenolik bileşen profilleri sırasıyla Tablo 4.17, Tablo 4.18 ve Tablo 4.19'da gösterilmiştir.

4-Hidroksibenzoik asit, vanilik asit, şirinjik asit, protokateşik asit, taksifolin, sinapik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, hesperidin, hiperosit ve kaempferol bileşiklerine, kapari, kapari turşusu, sindirilmiş kapari ve sindirilmiş kapari turşusu olmak üzere tüm kapari örneklerinde rastlanmıştır. Literatüre göre de kaparilerde ve kapari turşularında yapılan çalışmalarda da benzer şekilde, kuersetin, kaempferol, hiperosit, taksifolin, p-kumarik asit, ferulik asit, protokateşik asit, sinapik asit, vanilik asit bulunmaktadır [15, 117, 118, 159, 173]. Literatürde, kapari örneklerinde hesperidin (hesperetin-7-rutinozit) varlığının araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır, fakat yapılan bir çalışmada kaparide hesperetin varlığı gözlemlenmiştir [117]. Kaparide gallik asit bulunmazken, kapari turşusu, sindirilmiş kapari ve sindirilmiş kapari turşularında bulunduğu gözlenmiştir. Bizim çalışmamıza paralel şekilde, yapılan çalışmalarda *L.plantarum* ile fermante edilen dut suyunda ve mersin ağacı meyvelerinde, fermante olmayanlara kıyasla daha fazla gallik asit bulunduğu görülmüştür [174, 175]. Bu durumun, kompleks fenolik bileşiklerin, daha basit fenolik bileşiklere parçalanması ile ilişkilendirilebileceği düşünülmektedir. Taninler, parçalanarak gallik asite dönüşebilmektedir [176–179]. Kaparide taninler bulunmaktadır [113, 117]. Kaparide gallik asite rastlanmazken, kapari turşusunda ve sindirilmiş kaparilerde gallik asit gözlenmesinin sebebinin, pH ve enzim etkisiyle taninlerin parçalanarak gallik asit oluşması olabileceği düşünülmektedir. *L.plantarum* da bulunan tannaz (tanin açıl hidrolaz) enzim aktivitesiyle tanik asitten, gallik asit oluşabilmektedir. Tannaz enzimi bir esterazdır ve hidrolize edilebilir taninlerden

glukoz ve gallik asit açığa çıkmasını sağlamaktadır [120, 176–178]. Bunun yanı sıra, asit ve alkali etkisi ile de tanik asitin parçalanmasıyla gallik asit oluşabilmektedir [120, 180]. (+)-Kateşin ve 3-hidroksibenzoik asit, kaparilerde ve kapari turşularında bulunmazken, sindirilmiş kaparilerde bulunduğu görülmüştür. Hidrolize edilebilir taninlerin temel yapısını, gallik asit ve elajik asit oluşturmaktadır. Bunlar, glukoz ya da kateşin gibi bir fenolik bileşik ile esterleşmiş halde bulunarak, hidrolize edilebilir tanin yapısını oluşturmaktadır [181]. Sindirim sonrası kapari örneklerinde görülen kateşinin, sindirim ortamının etkisiyle tanin yapısının parçalanmasıyla ortaya çıkmış olması muhtemeldir. Çakal eriğinde yapılan bir çalışmada da, başlangıçta hiç kateşin yok iken, sindirim sonrasında kateşin tespit edilmiştir [172]. 3-HBA ise, protokateşik asitin (3,4-dihidroksibenzoik asit) dehidroksile olması ile oluşabilmektedir [182]. Kaparide bulunan protokateşik asitin bir kısmının, sindirim ortamının etkisiyle dehidroksile olmasıyla 3-HBA oluşmuş olabilir. (-)-Epikateşin ve kafeik asit ise sadece turşu kaparide bulunmaktadır. Farklı gıdalarda yapılan çalışmalarda fermentasyon ile kafeik asit miktarının arttığı görülmüştür [162, 174, 176]. Klorojenik asitin parçalanmasıyla kafeik asit oluşumu mümkündür ve literatüre göre kaparide klorojenik asit bulunmaktadır [183–185]. Laktik asit bakterilerinde bulunan sinnerin esteraz enzimi, hidroksisinnamik asitlerde, özellikle de klorojenik asitte ester bağlarını hidrolize ederek klorojenik asitin parçalanma ürünü olarak kafeik asitin ortaya çıkmasını sağlamaktadır [185]. Dolayısıyla, kaparide fermentasyon etkisiyle, klorojenik asit kafeik asite dönüşmüş olabilir. Yeşil çayda da fermentasyon öncesinde kafeik asite rastlanmazken, fermentasyon sonrasında kafeik asit tespit edilmiştir [122]. Kapari turşusunda kafeik asit bulunurken, sindirilmiş kapari turşusunda bulunmamaktadır. Kafeik asidin sindirim ortamı koşullarına karşı hassas olduğu düşünülmektedir. Pirinçte yapılan bir çalışmada da, kafeik asidin sindirim sonrasında azaldığı görülmüştür [134]. Pinoresinol ise, sadece kapari turşusunda ve sindirilmiş kapari turşusunda bulunmaktadır. Bağlı bulunan pinoresinolün, fermentasyon ortamının etkisiyle serbest kaldığı düşünülmektedir. Eriodiktol ve kuersetin ise sindirim öncesi kaparilerde bulunmasına rağmen sindirim sonrasında gözlenmemişlerdir. Eriodiktol, bir flavanondur, ve flavanonlar genel olarak düşük biyoyararlılık değerlerine sahiptirler [186]. Kuş kirazında yapılan bir çalışmada da, sindirim sonrasında eriodiktolün azaldığı görülmüştür, bu çalışma eriodiktolün sindirim ortamından olumsuz etkilendiğini göstermektedir [163]. Kuersetin, alkali koşullara karşı hasas bir bileşiktir [168–170]. Oda sıcaklığında, pH=7’de yapılan bir

çalışmada kuersetinin zamana bağlı olarak önemli ölçüde degrade olduğu görülmüştür [170]. Bizim çalışmamızda, bağırsak sindirimi 37C'de ve pH=7'de gerçekleşmiştir; bu koşulların kuersetinin degradasyonuna yol açtığı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, kuersetin bağ kopmasıyla protokateşik aside dönüşebilmektedir [168, 169]. Keçiboynuzu ununda yapılan bir çalışmada da, çalışmamızda olduğu gibi sindirim sonrasında kuersetinin tamamen kaybolduğu gözlemlenmiştir [165]. Brokolide yapılan bir çalışmada da, sindirim sonrasında kuersetin miktarının yok denecek kadar azaldığı görülmüştür [166]. Kuersetin, kuersetin-3-O-glukuronik asit ve kuersetin-3-O-sülfat gibi metabolitlere sahiptir [186, 187].

Hesperidin, lahana, lahana turşusu, sindirilmiş lahana ve sindirilmiş lahana turşusu olmak üzere tüm lahana örneklerinde bulunmaktadır. Gallik asit ve 3-hidroksibenzoik asit ise sindirim öncesi lahana örneklerinde bulunmazken, sindirim sonrası lahana örneklerinde bulunduğu gözlemlenmiştir. Lahanada taninler bulunmaktadır ve taninlerin parçalanmasıyla gallik asit oluşumu söz konusu olabilmektedir [176, 177, 188, 189]. Sindirim öncesi lahana örneklerinde gallik asit bulunmazken, sindirim sonrası lahana örneklerinde gallik asit bulunmasının sebebinin, pH etkisiyle taninlerin gallik asite parçalanması olduğu düşünülmektedir [120]. Bürüksel lahanasında yapılan bir çalışmada sindirim sonrasında gallik asit miktarının yaklaşık 3 kat artış gösterdiği gözlemlenmiştir [166]. Sarı kantaronda yapılan bir çalışmada da, sindirim sonrası gallik asit miktarının arttığı gözlemlenmiştir [133]. Lahanada tespit edilemeyen 4-hidroksibenzoik asit ve sirinjik asitin; lahana turşusu, sindirilmiş lahana ve sindirilmiş lahana turşusu örneklerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Mattila ve Hellström (2016) tarafından lahanada yapılan çalışmada da, bizim çalışmamızla paralel şekilde metanolik ekstrakta 4-hidroksibenzoik asit ve sirinjik asit tespit edilemezken, asit ve alkali hidrolizi sonrasında lahana örneklerinde 4-hidroksibenzoik asit ve sirinjik asit tespit edilebilmiştir [190]. Bu durum, lahana matriksinde bağlı halde bulunan 4-HBA ve sirinjik asitin, asit ve alkali hidrolizleri sonrasında serbest hale geçerek çözünebilir olmasıyla açıklanabilmektedir. Benzer şekilde, pirinçte yapılan bir çalışmada da sindirim öncesi sirinjik asit yok iken, sindirim sonrasında tespit edilmiştir [134]. Mersin ağacı meyvelerinin fermantasyonu sonrasında da, sirinjik asit miktarı artış göstermiştir [175]. Dutta yapılan bir çalışmada da, *L.plantarum* fermantasyonu

sonucunda 4-HBA miktarının arttığı gözlemlenmiştir [174]. Sinapik asit ise, sindirilmiş taze lahana örnekleri hariç diğer lahana örneklerinde bulunmaktadır. Bürüksel lahanasında yapılan bir çalışmada sindirim sonrasında sinapik asit miktarının azaldığı gözlemlenmiştir, sinapik asidin sindirim ortamından etkilendiği görülmektedir [166]. Sindirilmiş çiğ lahanada sinapik asit bulunmazken, sindirilmiş turşu lahanada sinapik asit bulunması, turşu lahanada daha fazla sinapik asit olması ve dolayısıyla turşu lahanadaki sinapik asidin tamamının sindirimden etkilenmemesiyle açıklanabilir. Turşu lahanada, çiğ lahanaya nazaran daha fazla sinapik asit bulunmasının ise, bağlı bulunan sinapik asidin fermantasyon koşullarında açığa çıkması ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Literatüre göre, lahanada sinapik asit esterleri bulunmaktadır [124]. Ester bağları, *L.plantarum* tarafından koparılabilir [191]. Bunun yanısıra, etki mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte fermantasyonun sindirime karşı koruyucu etkisi bulunmaktadır [122]. Laktik asit bakterileri tarafından üretilen hidrojen iyonlarının, sindirim ortamında pH'nın olumsuz etkisini azalttığı düşünülmektedir [122]. Pinoresinol ise turşu ve sindirilmiş lahana turşusu örneklerinde gözlenmiştir. Fermantasyon etkisiyle, bağlı bulunan pinoresinolün açığa çıktığı düşünülmektedir. Hiperosit, kuersetin ve kaempferol ise sadece taze lahana örneklerinde bulunmaktadır. Hiperositin (kuersetin-3-galaktozit), fermantasyon ve sindirim koşullarında bağlarının parçalandığı düşünülmektedir. Çin alıcında yapılan bir çalışmada da, hiperositin (kuersetin-3-galaktozit), sindirim sonrasında tamamen ortadan kalktığı gözlemlenmiştir. Çin alıcında, mide ortamında hiperosit miktarı azalmış, bağırsak ortamında ise tamamen yokolmuştur [192]. Siyah çayda yapılan bir çalışmada da, çalışmamızla benzer şekilde, sindirim öncesinde kaempferol bulunurken, sindirilmiş siyah çayda kaempferole rastlanmamıştır [122]. Siyah çayın fermantasyonu ile de kaempferol azalmıştır [122]. Kaempferolün, fermantasyon ve sindirim ortamından olumsuz etkilendiği söylenebilir. (+)-Kateşin ve ferulik asit ise, sadece sindirilmiş lahana turşularında görülmüştür. Lahanada yapılan bir çalışmada, çiğ lahanada serbest ferulik asit, esterleri ve glikozitleri tespit edilemezken, lahanadan üretilen sauerkrautta ferulik asit glikozitleri tespit edilmiştir [21, 124]. Sauerkraut, fermantasyonla üretilen bir nevi lahana turşusudur; dolayısıyla bizim çalışmamızda da lahana turşusunda ferulik asit glikozitleri bulunması mümkündür. Çalışmamızda, yalnızca sindirilmiş lahana turşularında ferulik asit bulunmasının sebebinin, lahana turşusundaki ferulik asit glikozitlerinin sindirim etkisiyle parçalanması olabileceği

düşünülmektedir.

4-Hidroksibenzoik asit ve p-kumarik asit bileşikleri, hıyar, hıyar turşusu, sindirilmiş hıyar ve sindirilmiş hıyar turşusu olmak üzere tüm hıyar örneklerinde bulunmaktadır. Hıyarda daha önceden yapılan çalışmalarda da benzer şekilde, 4-HBA ve p-kumarik asit bulunduğu görülmüştür [45, 161, 193]. Gallik asit, (+)-kateşin ve 3-hidroksibenzoik asit, sindirim öncesi hıyar örneklerinde gözlenmezken, sindirim sonrası hıyar örneklerinde tespit edilmiştir. Taninlerin parçalanmasıyla, gallik asit oluşabilmektedir. Sindirim öncesi örneklerde gallik asit bulunmazken, sindirim sonrası örneklerde gallik asit bulunmasının sebebinin, hıyardaki taninlerin asit ve enzim etkisiyle gallik asite parçalanması olduğu düşünülmektedir. [39, 194]. Taninler, genellikle proteinler ve karbonhidratlar ile bağlı halde bulunmaktadırlar, sindirim enzimlerinin sayesinde bu bağların kopması düşünülmektedir. Asidik ve alkali koşullarda, taninler gallik aside hidrolize olabilmektedirler [39, 194]. Hidrolize edilebilir taninlerin temel yapısını, gallik asit ve elajik asit oluşturmaktadır. Bunlar, glukoz ya da kateşin gibi bir fenolik bileşik ile esterleşmiş halde bulunarak, hidrolize edilebilir tanin yapısını oluşturmaktadır [180, 181]. Sindirim ortamının etkisiyle, taninler parçalanarak kateşinin ortaya çıkmasına sebep olmuş olabilir. 3-HBA ise, protokateşik asitin (3,4-dihidroksibenzoik asit) dehidroksile olması ile oluşabilmektedir [182]. Çalışmamızda, sindirilmemiş hıyarlarda protokateşik asit bulunmadığı görülmektedir; fakat literatüre göre hıyarda asit hidrolizi sonrası yapılan bir çalışmada protokateşik asit bulunmuştur, bu çalışma hıyarda bağlı halde protokateşik asit bulunduğunu göstermektedir [193]. Bizim çalışmamızda da bağlı halde bulunan protokateşik asitin (3,4-dihidroksibenzoik asit), sindirim ortamının etkisiyle bağı kopmuş ve dehidroksile olarak da 3-HBA e dönüşmüş olması söz konusu olabilir. Ferulik asit, hesperidin ve hiperosid ise sindirim öncesi hıyar örneklerinde bulunurken, sindirim sonrası hıyar örneklerinde gözlemlenmemiştir. Bürüksel lahanasında ve keçiyoynuzu ununda yapılan çalışmalarda da, sindirim sonrasında ferulik asit miktarının azaldığı gözlemlenmiştir; ferulik asidin sindirim koşullarından etkilendiği söylenebilir [165, 166]. Portakal suyunda yapılan bir çalışmada, hesperidin sindirim sonrasında hesperidin kalkona dönüştüğü görülmüştür. Hesperidin, alkali koşullarda kalkonlarına dönüşebilmektedir ve oluşan bu bileşik çözünür değildir ve çökelti oluşturmaktadır [163, 195]. Bizim çalışmamızda da, sindirim öncesinde hıyar numunelerinde bulunan hesperidin

sindirim sonrasında görülmemesinin sebebinin, hesperidin kalkanlarına dönüşmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Hiperositin (kuersetin-3-galaktozit) sindirim koşullarından etkilenecek, bağının kopması sebebiyle sindirim sonrası hıyar örneklerinde tespit edilemediği düşünülmektedir. Çin alıcında yapılan çalışmada da benzer şekilde, sindirim sonrasında ortamda hiperosit (kuersetin-3-galaktozit) tespit edilememiştir [192]. Vanilik asit, çiğ hıyarda tespit edilemezken, hıyar turşusunda, sindirilmiş hıyarda ve sindirilmiş hıyar turşularında tespit edilmiştir. Hıyarlarda yapılan bir çalışmada, hıyarlarda vanilik asit glikozit bulunduğu gösterilmiştir [45]. Bizim çalışmamızda hıyarda vanilik asit tespit edilemezken, hıyar turşusunda, sindirilmiş hıyarda ve sindirilmiş hıyar turşusunda vanilik asitin tespit edilmesinin sebebinin; hıyarda bulunan vanilik asit glikozitin, asit etkisiyle glikozit bağının kopmasının olduğu düşünülmektedir. Bizim çalışmamızla benzer şekilde, mantarlarda yapılan bir çalışmada taze mantarda vanilik asit görülmezken, *L.plantarum* ile fermente edilmiş mantarlarda vanilik asit varlığı gözlemlenmiştir [196]. Sinapik asit, 2,5-dihidroksibenzoik asit, kuersetin ve kaempferol ise sadece hıyar turşusunda bulunmuştur. Benzer şekilde, *L. plantarum* ile fermente edilen dut suyunda, fermantasyonla kuersetin ve kaempferol miktarının arttığı gözlemlenmiştir [174]. Literatüre göre hıyarda, kuersetin-O-glikozit, kuersetin heksisid ve kuersetin rhamnosid gibi kuersetin türevleri ile kaempferol-O-glikozit, kaempferol-3-O- α -L-rhamnoside gibi kaempferol türevleri bulunmaktadır [45, 161]. Hıyarda kuersetin ve kaempferol yok iken, hıyar turşusunda gözlemlenmelerinin sebebinin, asit ve *L.plantarum* da bulunan glikozil hidrolaz enzimlerinin etkisiyle kuersetin ve kaempferol türevlerindeki bağların koparak kuersetin ve kaempferolün açığa çıkması olduğu öngörülmektedir [162]. Siyah çayda da hıyarda olduğu gibi fermantasyon öncesi kuersetin ve kaempferol yok iken, fermantasyon sonrası ortamda gözlemlenmişlerdir [122]. Sindirim sonrasında hıyarda ve hıyar turşularında, kuersetine ve kaempferole rastlanmamıştır. Siyah çayda yapılan çalışmada da benzer şekilde, sindirim sonrasında kuersetin ve kaempferolün yok olduğu görülmüştür [122]. Kuersetin ve kaempferolün, sindirime karşı hassas olduğu söylenebilir. Salisik asit (2-hidroksibenzoik asit), 2,5-dihidroksibenzoik aside dekarboksile olabilmektedir [197]. Literatüre göre hıyarda salisik asit bulunmaktadır [45, 161, 193]. Fermantasyon ortamının etkisiyle, hıyarda bulunan salisik asitin (2-hidroksibenzoik asit), 2,5-dihidroksibenzoik aside dönüşmüş olabileceği düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmaya göre [193], hıyarda bağlı halde 2,5-

dihidroksibenzoik asit (gentisik asit) bulunmaktadır; hıyar turşusunda 2,5-dihidroksibenzoik asit bulunmasının sebebi, fermantasyonun etkisiyle bağların kopması da olabilir. *L.plantarum* da bulunan feryloyl esteraz enzimi, diyet lifini estersizleştirerek hidroksisinamat ve türevlerinin açığa çıkmasını sağlamaktadır [191]. Hıyarda sinapik asite rastlanmazken, hıyar turşusunda sinapik asit görülmesinin sebebi, *L.plantarum* un bu enzim aktivitesi ya da fermantasyon ortamının asitliği olabilir. Protokateşik asit ise sadece sindirilmiş hıyar turşusunda tespit edilmiştir. Kuersetin, alkali koşullara karşı hassas bir bileşiktir, ve protokateşik aside dönüşümü mümkündür [168–170]. Hıyar numunelerinin içerisinde, yalnızca hıyar turşusunda bulunan kuersetinin, sindirim koşullarında protokateşik asite dönüşmüş olması muhtemeldir. Kuş kirazı ve erikte yapılan bir sindirim çalışmasında da sindirim öncesinde protokateşik asit görülmezken, sindirim sonrası protokateşik asite rastlanmıştır [163]. Sirinjik asit de, turşu ve sindirilmiş hıyar turşusunda bulunmaktadır. Bağlı bulunan sirinjik asitin fermantasyon etkisiyle serbest kaldığı düşünülmektedir. Sirinjik asidin, dutta ve mersin ağacı meyvelerinde *L.plantarum* fermantasyonu ile arttığı gözlemlenmiştir [174, 175].

Fermantasyon sonrasında bazı fenolik bileşiklerin miktarlarındaki artışın çeşitli nedenleri olabilmektedir. Fermantasyon, hücre duvarlarına bağlı bulunan fenolik bileşiklerin açığa çıkmasıyla, fermente olmayan üründe görülmeyen bazı yeni fenolik bileşiklerin ortaya çıkmasına ya da ortamda bulunan bazı fenolik bileşiklerin miktarlarının artmasına yol açabilir. Fermantasyon, pH düşüşü ve *L.plantarum* da bulunan enzimler sayesinde bunu sağlayabilmektedir [198]. Kompleks fenoliklerin, daha basit fenolik bileşiklere dönüşümü söz konusu olabilir. Laktik asit bakterilerinde bulunan polifenol oksidaz gibi enzimlerle yüksek molekül ağırlıklı bileşikler depolimerize olabilmektedir. Düşük pH değerleri, bazı fenolik bileşiklerin stabilizasyonunu sağlayabilmektedir [174]. *L.plantarum* da bulunan tannaz enzimi, tannik asitten gallik asit ve glukoz açığa çıkmasını sağlayabilmektedir. Gallik asit daha sonrasında pirogallole de dekarboksile olabilmektedir. *L.plantarum* da bulunan feruloyl esteraz aktivitesi sayesinde de, fenolik asitlerin ve flavanollerin artışı söz konusu olabilir. Bu enzimler, kompleks fenolikler ve glikolize formlar üzerinde etkili olabilmektedir [191, 199].

Sindirim ile hem asit hidrolizi hem de alkali hidroliz söz konusudur, bunun

yanı sıra sindirim enzimleri de etkilidir. Asit hidrolizi, genellikle glikozidik bağları koparır ve şeker bağlarını çözer. Asit hidrolizi, hidrolize edilebilir taninlerin depolimerizasyonuna yol açar. Hidrolize edilebilir taninlerin degradasyonu ile, gallik asit ya da elajik asitler oluşur. Asit hidrolizinin yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmesi, fenolik bileşiklerin kaybına yol açabilir. Alkali hidroliz, asit hidroliz ile nadiren kırılabilen eter ve ester bağlarını hidrolize etmekte etkilidir [120]. Hücre duvarındaki hemiselüloz, alkali uygulaması ile kolayca çözülebilmektedir. Alkali hidroliz, fenolik asitleri hücre duvarına bağlayan ester bağlarını koparmaktadır.



Tablo 4.17. Kaparilerin fenolik bileşen profili

		Kapari	Kapari Turşusu	Sindirilmiş Kapari	Sindirilmiş Kapari Turşusu
Hidroksisünamik asitler	Kafeik asit	-	+	-	-
	p-Kumarik asit	+	+	+	+
	Ferulik asit	+	+	+	+
	Sinapik asit	+	+	+	+
Hidroksibenzoik asitler	Gallik asit	-	+	+	+
	4-HBA	+	+	+	+
	3-HBA	-	-	+	+
	Vanilik asit	+	+	+	+
	Protokateşik asit	+	+	+	+
	Sirinjik asit	+	+	+	+
Flavonollar	Kuersetin	+	+	-	-
	Kaempferol	+	+	+	+
Flavonol glikozit	Hiperosit (kuersetin-3-galaktozit)	+	+	+	+
Flavanonol	Taksifolin (dihidrokuersetin)	+	+	+	+
Flavanon	Eriodiktol	+	+	-	-
Flavanon glikozit	Hesperidin (hesperetin-7-rutinozit)	+	+	+	+
Lignan	Pinoresinol	-	+	-	+
Kateşinler	(+)-Kateşin	-	-	+	+
	(-)-Epikateşin	-	+	-	-

Tablo 4.18. Lahanalarn fenolik bileşen profili

		Lahana	Lahana Turşusu	Sindirilmiş Lahana	Sindirilmiş Lahana Turşusu
Hidroksisınamik asitler	Ferulik asit	-	-	-	+
	Sınapik asit	+	+	-	+
Hidroksibenzoik asitler	Gallik asit	-	-	+	+
	4-HBA	-	+	+	+
	3-HBA	-	-	+	+
	Sirinjik asit	-	+	+	+
Flavonollar	Kuersetin	+	-	-	-
	Kaempferol	+	-	-	-
Flavonol glikozit	Hiperosit (kuersetin-3-galaktozit)	+	-	-	-
Flavanon glikozit	Hesperidin (hesperetin-7-rutinozit)	+	+	+	+
Lignan	Pinoresinol	-	+	-	+
Kateşin	(+)-Kateşin	-	-	-	+

Tablo 4.19. Hıyarların fenolik bileşen profili

		Hıyar	Hıyar Turşusu	Sindirilmiş Hıyar	Sindirilmiş Hıyar Turşusu
Hidroksisünamik asitler	p-Kümarik asit	+	+	+	+
	Ferulik asit	+	+	-	-
	Sinapik asit	-	+	-	-
Hidroksibenzoik asitler	Gallik asit	-	-	+	+
	4-HBA	+	+	+	+
	3-HBA	-	-	+	+
	2,5-DHBA	-	+	-	-
	Vanilik asit	-	+	+	+
	Protokateşik asit	-	-	-	+
	Sirinjik asit	-	+	-	+
Flavonollar	Küersetin	-	+	-	-
	Kaempferol	-	+	-	-
Flavonol glikozit	Hiperosit (küersetin-3-galaktozit)	+	+	-	-
Flavanon glikozit	Hesperidin (hesperetin-7-rutinozit)	+	+	-	-
Kateşin	(+)-Kateşin	-	-	+	+

4.9. Toplam Fenolik, Toplam Flavanoid, ABTS, DPPH ve FRAP Antioksidan Aktiviteleri Arasındaki Korelasyonlar

Korelasyonlar değerlendirilirken, 0,7'den yüksek korelasyon katsayıları güçlü, 0,3-0,7 arası orta, 0-0,3 arasındaki korelasyon katsayıları ise güçsüz olarak yorumlanmaktadır. Korelasyon katsayılarının negatif olması durumunda, bileşenler arasında zıt bir ilişki söz konusudur. Literatürde farklı gıdalarda yapılan ve TP, TF, ABTS, DPPH ve FRAP arasındaki korelasyonların güçlü olduğunu gösteren pek çok çalışma bulunmaktadır [37, 200].

Yalnızca kapari örneklerindeki değerler baz alınarak, TP, TF, ABTS, DPPH ve FRAP değerleri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiş ve Tablo 4.20'de gösterilmiştir, korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu verilerden yola çıkarak, kapari tomurcuklarında antioksidan aktiviteden sorumlu ana bileşenin fenolikler ve flavanoidler olduğunu söyleyebilmektedir.

Tablo 4.20. Kapari örneklerinde TP, TF, ABTS, DPPH ve FRAP analizleri arasındaki korelasyon katsayıları

	TF	ABTS	DPPH	FRAP
TP	0,975	0,967	0,767	0,975
TF		0,936	0,715	0,928
ABTS			0,655	0,981
DPPH				0,745

TP:Toplam fenolik madde, TF:Toplam flavonoid madde

Sadece lahana örneklerindeki değerler kullanılarak, TP, TF, ABTS, DPPH ve FRAP değerleri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiş ve Tablo 4.21'de gösterilmiştir. Lahana örneklerinde en güçlü korelasyon toplam fenolik ve toplam flavanoid değerleri arasında bulunmaktadır. Toplam fenolik ve toplam flavanoid maddenin, antioksidan aktivite testleri arasında en yüksek pozitif korelasyon katsayılarını FRAP antioksidan aktivite ile verdiği görülmektedir. Lahana

örneklerinde, antioksidan aktivite değerleri arasında güçlü pozitif korelasyonlar olmadığı görülmektedir.

Hıyar örneklerindeki değerler kullanılarak, TP, TF, ABTS, DPPH ve FRAP değerleri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiş ve Tablo 4.23’de gösterilmiştir. En güçlü pozitif korelasyonlar sırasıyla, ABTS-DPPH ve TP-TF arasında elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre, hıyarda bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan aktivite üzerinde pek fazla etkili olmadığı görülmektedir. Fakat, antioksidan aktivite analizleri arasında, toplam fenolik madde ile en yüksek pozitif korelasyon veren yöntemin FRAP olduğu gözlemlenmiştir.

ABTS yöntemi geniş bir pH aralığında kullanılabilir. DPPH yöntemi ise nötr ya da daha yüksek pH değerleriyle sınırlıdır. ABTS yöntemi, DPPH yöntemine kıyasla daha hızlıdır ve renk girişimlerinden etkilenmemektedir. FRAP yönteminde ise, antioksidanın (Fe^{+3} -TPTZ) kompleksiyle reaksiyona girerek indirgeme potansiyalini ölçmektedir ve renkli (Fe^{+2} -TPTZ) kompleksi oluşmaktadır [201]. Farklı antioksidan aktivite değerlendirme metotları, farklı mekanizmalarla çalışabilmekte ve farklı reaksiyon karakteristikleri gösterebilmektedir. Sebzelerde ve meyvelerde yapılan çalışmalarda genellikle fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite yöntemleri arasındaki korelasyon katsayıları yüksektir, fakat korelasyon katsayılarının düşük olduğu çalışmalar da bulunmaktadır. Lahanada yapılan bir çalışmada, askorbik asit ile ABTS antioksidan aktivite arasında çok güçlü korelasyon bulunurken, TP-ABTS arasındaki korelasyon önemsiz bulunmuştur [21]. Bu çalışmada, lahanadaki antioksidan aktiviteye en çok katkı sağlayan bileşenin askorbik asit olduğu sonucuna ulaşılmıştır [21]. Lahananın da içinde bulunduğu *Brassica* sebzelerinde yapılan bir çalışmada, TP-FRAP korelasyon katsayısı 0,357, TF-FRAP korelasyon katsayısı ise -0,0737 bulunmuştur [202]. Kırmızı lahanalarda yapılan bir çalışmada TP-ABTS, TP-DPPH, ABTS-DPPH korelasyon katsayıları sırasıyla, -0,206, -0,577 ve 0,554 bulunmuştur [203]. Kapari yapraklarında yapılan bir çalışmada, TP-DPPH korelasyon katsayısı -0,303, TF-DPPH korelasyon katsayısı -0,408, ABTS-DPPH korelasyon katsayısı -0,100, DPPH-FRAP korelasyon katsayısı ise -0,223 bulunmuştur [201]. Lahanasında içinde bulunduğu *Brassica* sebzelerinde yapılan bir çalışmada, TP-TF, TF-DPPH korelasyon katsayıları sırasıyla 0,292 ve 0,456 bulunmuştur [204]. Hıyar örneklerinde yapılan bir çalışmada TF-DPPH

korelasyon katsayısı, 0,299 bulunmuştur [205]. Hıyarın farklı bölgelerinde (hıyar kabuğu, hıyar suyu, hıyar pulpu) yapılan bir çalışmada, TP-DPPH korelasyon katsayısı -0,92 bulunmuştur, oldukça güçlü bir negatif korelasyondur. Bu durum, antioksidan aktivitenin fenolikler dışında peptitler, organik asitler, vitaminler gibi başka bileşiklerle de ilişkili olmasıyla açıklanmıştır. Hıyarın kabuğunda daha fazla bulunan askorbik asit sayesinde de bu negatif korelasyonun güçlendiği düşünülmektedir [40]. Sebzelerde yapılan bir çalışmada DPPH ile FRAP arasındaki korelasyon önemsiz bulunmuştur [42]. Bazı yapraklı sebzelerde yapılan bir çalışmada da TP-DPPH arasında korelasyon saptanamamıştır [206]. Sebzelerde yapılan bir çalışmada da TF-DPPH arasında korelasyon katsayısı, 0,143 bulunmuştur [207]. TP-DPPH korelasyon katsayısı, tatlı portakal kabuğunda 0,425 bulunmuştur [208]. Yabani bitkilerde yapılan bir çalışmada, TP-ABTS korelasyon katsayısı -0,403, TP-DPPH korelasyon katsayısı -0,464, ABTS-FRAP korelasyon katsayısı -0,465, DPPH-FRAP korelasyon katsayısı -0,484 bulunmuştur [209]. Kapari meyvelerinde yapılan bir çalışmada TP-ABTS korelasyon katsayısı 0,486 bulunmuştur [210]. Kapari bitkisinin köklerinde ve dallarında yapılan bir çalışmada, TP-DPPH, TF-DPPH, TP-FRAP, TF-FRAP korelasyon katsayıları sırasıyla 0,06, 0,21, 0,419 ve 0,306 bulunmuştur [211]. *Stachys taxa* bitkilerinde yapılan çalışmada da TP-TF ve TF-DPPH korelasyonları sırasıyla -0,26 ve 0,01 bulunmuştur [212]. Tıbbi bitkilerle yapılan bir çalışmada, TP-TF ve TF-DPPH korelasyon katsayıları sırasıyla 0,43 ve 0,32 bulunmuştur [213]. Kuru kırmızı meyvelerde yapılan bir sindirim çalışmasında, ABTS-FRAP arasında korelasyon katsayısı 0,3, DPPH-FRAP arasında ise 0,3 bulunmuştur [2]. Bir gıda örneğinde pek çok farklı antioksidan bileşik bulunabilmektedir, kıyaslanan gıda örneklerinde aynı miktarda fenolik bileşik olsa bile farklı fenolik bileşikler antioksidan aktivite analizlerine aynı yanıtları vermezler. Bunun yanı sıra, fenolik bileşikler dışındaki vitaminler, karotenoidler gibi antioksidanların da antioksidan aktivite üzerinde etkisi bulunmaktadır. Fenoliklerin antioksidan aktivitesi, temel olarak fenolik bileşiğin aromatik halkasındaki hidrojen verebilen hidroksil gruplarının sayısına ve pozisyonuna bağlıdır [211]. Antioksidan özellik, serbest radikale hidrojen ya da elektron vermekle ilişkilidir [213]. Doğal antioksidan moleküllerin çoğu, serbest radikallere karşı antioksidan bariyer yaratmak için sinerjistik etki göstermektedir [117].

Tablo 4.21. Lahana örneklerinde TP, TF, ABTS, DPPH ve FRAP değerleri arasındaki korelasyon katsayıları

	TF	ABTS	DPPH	FRAP
TP	0,768	-0,788	-0,279	0,577
TF		-0,538	0,048	0,663
ABTS			0,289	-0,193
DPPH				-0,211

Tablo 4.22. Hıyar örneklerinde TP, TF, ABTS, DPPH ve FRAP değerleri arasındaki korelasyon katsayıları

	TF	ABTS	DPPH	FRAP
TP	0,841	-0,854	-0,835	0,524
TF		-0,710	-0,643	0,276
ABTS			0,939	-0,698
DPPH				-0,790

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen verilere ve literatüre göre değerlendirme yapıldığında, fenolik ve antioksidan bileşiklerin biyoerişilebilirliklerinin, gıdanın türüne, kompozisyonuna ve *in vitro* sindirim çalışmalarındaki yaklaşımlara bağlı olarak değişkenlik gösterdiği söylenebilir.

Fermantasyon uygulaması, genellikle TP, TF ve antioksidan aktivite değerlerini etkilememiştir. Salamura ortamının düşük pH ve yüksek tuz değeri, fenoliklerin degradasyonuna yol açabilen polifenol oksidaz enziminin çalışmasını engellemektedir. Kapaşilerde sindirim sonrasında toplam fenolik ve toplam flavanoid madde değeri azalırken, lahana ve hıyarda sindirim sonrası toplam fenolik ve toplam flavonoid madde değerlerinin artış gösterdiği görülmektedir. Bu farklılık, gıdanın matriks yapısı, fenoliklerin ve flavonoidlerin gıda matriksinde buldukları pozisyon gibi faktörlerden kaynaklanabilmektedir. Fenoliklerin ve flavonoidlerin stabilitesi, hücre duvarı yapısı, glikozitlerin hücredeki konumu, fenolik ve flavonoidlerin gıda matriksinde bağlanma durumu gibi değişkenlerden etkilenmektedir. Sindirim sonrası lahanalarda ve hıyarlarda meydana gelen bu artışın sebebinin, sindirim sırasında değişen pH değerleri, sindirim sıvıları ve enzimlerin etkisiyle gıda matriksinden fenolik bileşiklerin açığa çıkması olduğu düşünülmektedir. Enzimlerin aktiviteleri, diğer gıda bileşenlerine bağlı bulunan fenoliklerin hidrolize olmasına neden olabilmektedir. Enzimler, proteinler ve karbonhidratlar gibi yüksek molekül ağırlıklı bileşikler etkileyebilmekte, böylelikle bu moleküllere bağlı bulunan fenolik bileşiklerin serbest kalmasını sağlayabilmektedir. Diyet lifi çok olan gıdalarda daha fazla fenolik bileşik bitki matriksinde tutulmaktadır, lif ve fenolik bileşikler birbiriyle ilişkilidir. Bizim çalışmamızda da sindirim sonrasında lahanalarda ve hıyarlarda toplam fenolik madde miktarları önemli ölçüde artış göstermiştir, bu durum lahana ve hıyarlardaki fenoliklerin önemli bir kısmının ekstrakte edilemeyen fenoliklerden oluştuğunu göstermektedir. Alkali uygulaması, eter ve ester bağlarını kopararak fenoliklerin serbest kalmasını sağlayabilmektedir. Folin-Ciocalteu metodu, toplam fenoliklerin değerlendirilmesinde kullanılan basit ve yararlı bir yöntemdir. Fakat, gıdada bulunan askorbik asit, şekerler, aromatik aminler, organik asitler ve proteinler gibi fenolik olmayan bileşikler de Folin ayırıcı ile reaksiyona girebilme ihtimali

vardır ve bu da fenolik bileşiklerin olduğundan daha fazla tahmin edilmesine yol açabilmektedir.

Flavanoidlerin biyoerişilebilirlik değerleri, kaparide fermente kapariye nazaran daha yüksektir ($p < 0,05$). Lahana turşusunda, lahanaya göre göre daha yüksek flavonoid biyoerişilebilirlik değeri gözlemlenmiştir. Hıyar ve hıyar turşusunda ise, flavonoid biyoerişilebilirlik değerleri benzerdir. Sebze çeşidine bağlı olarak, fermantasyonun flavonoid biyoerişilebilirliği üzerinde farklı etkiler gösterdiği görülmektedir. Fermantasyonun koruyucu mekanizması tam olarak açıklanamasa da, üretilen laktik asitin hidrojen iyonları sağlayarak tampon bir çevre oluşturmasının, sindirim ortamının pH'sının fenolik bileşikler üzerindeki olumsuz etkisini azaltmış olabileceği düşünülmüştür. Bizim çalışmamızda da, lahanada bununla paralel bir sonuç elde edilirken, kapari de bunun aksi bir sonuç gözlemlenmiştir. Kapari, kapari turşusundakinden daha yüksek bir flavanoid biyoerişilebilirlik değerine sahiptir. Kapari turşusunda da fermantasyon söz konusudur, fakat fermantasyonun 1.gününden sonra ortamda LAB sayısı azalmıştır ve son üründe LAB bulunmamaktadır. Bundan dolayı, fermantasyonun koruyucu etkisi kaparilerde gözlemlenememiş olabilir. Bunun yanısıra, kaparide flavonoid konjugatları, glikozitleri, kapari turşusuna kıyasla daha fazla bulunmaktadır, ve flavanoid konjugatları, glikozitleri sindirime karşı daha dayanıklıdır. Bunlardan dolayı, kaparide kapari turşusuna kıyasla TF biyoerişilebilirliğinin daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

Lahanalarda ve hıyarlarda, sindirim sonrasında TP ve TF değerleri artmasına rağmen, antioksidan aktivite değerleri değişim göstermemiş ya da azalma göstermiştir. Bu durum, antioksidan aktivitenin sadece fenolik bileşiklere bağlı olmamasından kaynaklanabilmektedir. Farklı bileşiklerin kombine çalışmasının da antioksidan aktivite üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Sindirim sonrasında fenolikler dışındaki antioksidan bileşiklerin miktarlarındaki azalma, antioksidan aktivitenin artış göstermemesine neden olmuş olabilir. Bunun yanısıra, sindirim sonrasında fenolik bileşiklerin parçalanmasıyla yeni fenolik bileşikler oluşmaktadır, ayrıca bazı fenolik bileşikler ise hücre duvarından serbest kalarak sindirim sonrasındaki TP miktarına katkıda bulunmaktadır. Sindirim sonrasında oluşan yeni fenolik bileşiklerin ve hücre duvarından serbest kalan fenolik bileşiklerin

antioksidan aktiviteleri, sindirim öncesinde bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri kadar yüksek olmayabilir; bu durumun da toplam fenolik miktarı artmasına rağmen antioksidan aktivitenin değişmemesinin ya da azalmasının sebebi olabileceği düşünülmektedir.

Kapari ve kapari turşusunda sindirim sonrasında, rutin miktarı azalmış, kaempferol-3-O-rutinozit miktarı korunmuş, kuersetin ise sindirim sonrası örneklerde gözlemlenmemiştir. Rutinin, kaparideki biyoerişilebilirliği $15,8 \pm 1,6$ iken, kapari turşusundaki biyoerişilebilirliği $45,3 \pm 2,0$ 'dır ($p < 0,05$). Fermente kaparide bulunan rutin (kuersetin-3-O-rutinozit), sindirime daha dayanıklı olduğu görülmektedir, bu durumun fermantasyonun koruyucu etkisiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Kaparide ve kapari turşusunda, kaempferol-3-O-rutinozitin biyoerişilebilirliği sırasıyla $95,6 \pm 5,2$ ve $97,4 \pm 4,8$ bulunmuştur ($p > 0,05$). Kaempferol-3-O-rutinozitin sindirime karşı oldukça dayanıklı ve stabil olduğu görülmektedir. Hıyarda ve hıyar turşusunda sindirim öncesinde kaempferol-3-O-rutinozit gözlenmezken, sindirim sonrasındaki hıyar örneklerinde tespit edilmiştir. Bunun gıda matrisinde başka bileşenlere bağlı bulunan kaempferol-3-O-rutinozitin, sindirim sonrasında gıda matrisinden serbest kalmasıyla bağlantılı olduğu düşünülmektedir.

Hıyarda gözlenmeyen kuersetin, hıyar turşusunda gözlenmiştir; bu durumun literatürden edinilen bilgiye göre hıyarda bulunan kuersetin türevlerinin salamura ortamında kuersetin aglikonlarına hidrolize olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Sindirim sonrasında, kapari örneklerinde ve hıyar turşusunda kuersetin saptanamamıştır. Kuersetin, alkali koşullara karşı hassas bir bileşiktir, bağırsak sindiriminin kuersetinin degradasyonuna yol açtığı düşünülmektedir. Bunun yanısıra, kuersetin bağ kopmasıyla protokateşik aside dönüşebilmektedir. Kaempferol-3-O-rutinozitin ve rutin (kuersetin-3-O-glikozit), kuersetine göre sindirime daha dayanıklı olduğu görülmektedir. Bu durumun, sindirim boyunca alkali ortam ve sindirim enzimlerine maruz kalındığında, şeker bağlarının aglikonları degradasyondan korunmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Kuersetin glikozitlerinin, konjugatlarının biyoerişilebilirlikleri, kuersetine göre daha yüksektir.

LC-MS/MS sonuçları, salamura işlemenin ve sindirim uygulamasının ortamda bazı bileşiklerin oluşmasına yol açarken, bazılarının ise tamamen parçalandığını göstermektedir.

Biyoerişilebilirlik çalışmalarından görüldüğü üzere, aynı bileşiklerin farklı gıda matrislerindeki biyoerişilebilirlikleri farklı olabilmektedir. Sağlığa faydalı olan biyoaktif bileşiklerin farklı gıda matrislerindeki biyoerişilebilirliklerinin ortaya konması, bu gıda matrisindeki fenolik bileşiklerin sağlık üzerindeki etkileriyle ilgili bilgi vermektedir, bu yüzden literatürde henüz çalışılmamış olan çeşitli gıdalardaki biyoaktif bileşiklerin biyoerişilebilirliklerinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Bir porsiyon kapari turşusu (9 g) tüketildiğinde, vücuda alınan biyoerişilebilir TP miktarı 29,2 mg GAE, biyoerişilebilir TF miktarı 2,6 mg KE olmaktadır. Bir porsiyon lahana (130 g) tüketildiğinde ise, biyoerişilebilir TP miktarı 169,3 mg GAE, biyoerişilebilir TF miktarı ise 3,0 mg KE dir. Bir porsiyon lahana turşusu tüketildiğinde ise, alınan biyoerişilebilir TP miktarı 178,7 mg GAE, biyoerişilebilir TF miktarı ise 2,8 mg KE dir. Turşuluk hıyar taze olarak pek tüketilmemekle birlikte, bir porsiyon (100 g) tüketildiğinde biyoerişilebilir TP miktarı 149,1 mg GAE, biyoerişilebilir TF miktarı ise 1,2 mg KE dir. 1 porsiyon hıyar turşusu (60 g) tüketildiğinde ise vücuda alınan biyoerişilebilir TP 81,7 mg GAE ve biyoerişilebilir TF 0,5 mg KE dir. Kapari ve kapari turşusu fenolikçe çok zengin olmasına rağmen, bir porsiyon miktarı küçük olduğundan, tüketildiğinde vücuda alınan biyoerişilebilir TP miktarı diğer sebzelere ve turşularına nazaran daha düşüktür. Fakat bir porsiyon (9 g) kapari turşusu tüketildiğinde 0,2 g tuz, bir porsiyon lahana turşusu tüketildiğinde 2,6 g tuz, bir porsiyon hıyar turşusu tüketildiğinde ise 1,5 gram tuz alınmaktadır. Ülkemizde tuz tüketimi oldukça yüksektir ve Sağlık Bakanlığı kişi başı tuz tüketiminin 5 grama düşürülmesini hedeflemektedir. Tuz miktarları söz konusu olduğunda, 2,6 gram tuz miktarına sahip olan bir porsiyon lahana turşusu tüketimden lahana, hıyar ya da 0,2 gram tuz içeriği olan bir porsiyon kapari turşusu tüketimi önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. Parada, J., Aguilera, J. M. 2007 Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. *Journal of Food Science* , 2011, 72, 21–32
2. Horasan Sağbasan, B. Türkiye’de yaygın olarak tüketilen kuru kırmızı meyvelerin içerdiği antioksidan maddelerin biyoerişilebilirliğinin incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, 2015, 105 s (Yüksek Lisans Tezi).
3. McDougall, G.J., Fyffe, S., Dobson, P., Stewart, D. Anthocyanins from red wine-Their stability under simulated gastrointestinal digestion. *Phytochemistry*.2005, 66, 2540–2548
4. Gioxari, A., Kogiannou, D.A.A., Kalogeropoulos, N., Kaliora, A.C. Phenolic compounds: Bioavailability and Health effects. Ed: Caballero B., Finglas P.M., Toldra F. (ed) *Encyclopedia of Food and Health*. 2016, ss 339–345
5. Aktan, N., Kalkan, H.,Yücel, U. Turşu Teknolojisi, 2. baskı. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir,1999, 98 s.
6. Akgül, A. Yeniden keşfedilen lezzet: Kapari. *Gıda*. 1996, 21,119–128
7. Inocencio, C., Rivera, D., Alcaraz, F., Tomás-barberán, F.A. Flavonoid content of commercial capers (*Capparis spinosa*, *C. sicula* and *C. orientalis*) produced in mediterranean countries. *European Food Research and Technology*.2000, 212,70–74 .
8. Sozzi, G.O., Peter, K. V., Nirmal Babu, K, Divakaran, M. Handbook of Herbs and Spices. Bölüm 13 Capers and caperberries. Ed.: K. V. Peter. Woodhead Publishing Limited, 2012, 230-256.
9. Özcan, M., Haciseferoğulları, H., Demir, F. Some physico-mechanic and chemical properties of capers (*Capparis ovata* Desf. var. *canescens* (Coss.) Heywood) flower buds. *Journal of Food Engineering*. 2004, 65, 151–155 .
10. Rodrigo, M., Lazaro, M.J., Alvarruiz, A., Giner, V. Composition of capers: Influence of cultivar, size and harvest date. 1992, 1152–1154.
11. Giuffrida, D., Salvo, F., Ziino, M. Initial investigation on some chemical constituents of capers (*Capparis spinosa* L.) from the island of Salina. *Italian Journal of Food Science*. 2002, 14, 25–33.
12. Tesoriere, L., Butera, D., Gentile, C., Livrea, M.A. Bioactive components of caper (*Capparis spinosa* L.) from sicily and antioxidant effects in a red meat simulated gastric digestion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.2007, 55,8465–8471.
13. Tlili, N., Khaldi, A., Triki, S., Munné-Bosch, S. Phenolic Compounds and Vitamin Antioxidants of Caper (*Capparis spinosa*). *Plant Foods for Human Nutrition*. 2010, 65, 260–265 .
14. Oktay, Y. Kapari acılık bileşenleri ve flavonoidlerin proses sırasındaki değişimi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2008, 101 s. (Doktora Tezi).
15. Aliyazıcıoğlu, R., Eyupoğlu, O.E., Şahin, H. Phenolic components, antioxidant activity, and mineral analysis of *Capparis spinosa* L. 2013, 12, 6643–6649.

16. Gonzalez, E. Efecto de distintos tratamientos de conservación en la actividad antirradicalaria de alcaparras (*Capparis spinosa*), *Revista Venezolana*. 2010, 1 (1), 47-57.
17. Argentieri, M, Macchia, F, Papadia, P. Bioactive compounds from *Capparis spinosa* subsp. *rupestris*. *Industrial Crops and Products*, 2012, 36, 65-69.
18. Tlili, N., Elfalleh, W., Saadaoui, E. The caper (*Capparis L.*): Ethnopharmacology, phytochemical and pharmacological properties. *Fitoterapia*. 2011, 8, 93–101.
19. Anonim. Ülkemiz yaş sebze üretimi. In: <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf>, 2016
20. Anonim. Top production cabbages and other brassicas. In: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>, 2012.
21. Güleç, A., Nergiz-Unal, R., Akyol, A., Acar, J. Phenolic content and ascorbic acid are major contributors to antioxidant capacity of fruits and vegetables commonly consumed in Turkey. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2003, 11, 463–468.
22. Song, W., Derito, C.M., Liu, M.K. Cellular antioxidant activity of common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010, 58, 6621–6629.
23. Bahorun, T., Luximon-Ramma, A., Crozier, A., Aruoma, O.I. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2004, 84, 1553–1561.
24. Chun, O.K., Smith, N., Sakagawa, A., Lee, C.Y. Antioxidant properties of raw and processed cabbages. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2004, 55, 191–199
25. Chu, Y.F., Sun, J., Wu, X., Liu, R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002, 50, 6910–6916.
26. Sayın, F. K., Alkan, S.B. The effect of pickling on total phenolic contents and antioxidant activity of vegetables. *Journal of Food and Health Science*. 2015, 10, 135–141 .
27. Ou, B., Huang, D., Hampsch-Woodill, M. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: A comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002, 50, 3122–3128.
28. Kusznierewicz, B, Kmiecowska, A, Bartoszek, A., Namienik, J. The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage. *Food Chemistry*. 2005, 108, 853–861.
29. Ghasemzadeh, A. Flavonoid compounds and their antioxidant activity in extract of some tropical plants. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2012, 6, 2639–2643 .
30. Cartea, M.E., Francisco, M., Soengas, P., Velasco, P. Phenolic compounds in Brassica vegetables. *Molecules*. 2011, 16:251–280.
31. Velasco, P., Francisco, M., Moreno, D.A., Phytochemical fingerprinting of vegetable Brassica oleracea and Brassica napus by simultaneous identification

- of glucosinolates and phenolics. *Phytochemical Analysis*. 2011, 22, 144–152 .
32. Nielsen, J.K., Olsen, C.E., Petersen, M.K. Acylated flavonol glycosides from cabbage leaves. *Phytochemistry*. 1993, 34, 539–544.
 33. Martínez, S., Olmos, I., Carballo, J., Franco, I. Quality parameters of *Brassica* spp. grown in northwest Spain. *International Journal of Food Science and Technology*. 2010, 45:776–783.
 34. Podsedek, A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT - Food Science and Technology*. 2007, 40, 1–11 .
 35. Anonim. Sebzelelerin üretim miktarları (seçilmiş ürünlerde). In: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, 2016.
 36. Anonim. Türkiye'nin dünyada lider olduğu ürünler. <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BUGEM.pdf>. 2014, erişim tarihi: 4 Oca 2018.
 37. Kaur, C., Kapoor, H.C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*. 2002, 37, 153–161.
 38. Ekelöf, M., McMurtrie, E.K., Nazari M. Direct Analysis of Triterpenes from High-Salt Fermented Cucumbers Using Infrared Matrix-Assisted Laser Desorption Electrospray Ionization (IR-MALDESI). *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*. 2017, 28, 370–375 .
 39. Enayde de Almeida, M., Vear Lucia Arroxeles Galvao de, L, Maria Ines Sucupira, M., Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2006, 9, 89–94.
 40. Sotiroudis, G., Melliou, E., Sotiroudis, T.G., Chinou, I. Chemical analysis, antioxidant and antimicrobial activity of three Greek cucumber (*Cucumis sativus*) cultivars. *Journal of Food Biochemistry*. 2010,34, 61–78 .
 41. Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different *in vitro* assays. *The Journal of nutrition*. 2003, 133:2812–2819.
 42. Stratil, P., Klejdus, B., Kuban, V. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables. Evaluation of Spectrophotometric Methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, 54, 607–616 .
 43. Miller, H.E., Rigelhof, F., Marquart, L. Antioxidant Content of Whole Grain Breakfast Cereals, Fruits and Vegetables. *Journal of the American College of Nutrition*. 2000, 19, 312–319.
 44. Mukherjee, P.K., Nema, N.K., Maity, N., Sarkar, B.K. Phytochemical and therapeutic potential of cucumber. *Fitoterapia*. 2013, 84, 227–236.
 45. Abu-Reidah, I. M., Arráez-Román, D., Quirantes-Piné, R. HPLC-ESI-Q-TOF-MS for a comprehensive characterization of bioactive phenolic compounds in cucumber whole fruit extract. *Food Research International*. 2012, 46, 108–117.
 46. Bellés, J.M., López-Gresa, M.P., Fayos, J. Induction of cinnamate 4-hydroxylase and phenylpropanoids in virus-infected cucumber and melon

- plants. *Plant Science*. 2008, 174, 524–533.
47. Daayf, F., Ongena, M., Boulanger, R. Induction of phenolic compounds in two cultivars of cucumber by treatment of healthy and powdery mildew-infected plants with extracts of *Reynoutria sachalinensis*. *Journal of Chemical Ecology*. 2000, 26, 1579–1593.
 48. McNally, D.J., Wurms, K. V., Labbé, C., Bélanger, R.R. Synthesis of C-glycosyl flavonoid phytoalexins as a site-specific response to fungal penetration in cucumber. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2003, 63, 293–303 .
 49. Yao, L.H., Jiang, Y.M., Shi, J. Flavonoids in food and their health benefits. *Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands)*. 2004, 59, 113–122 .
 50. Ozcan, T., Akpınar-Bayızıt, A., Yılmaz-Ersan, L., Delikanlı, B. Phenolics in Human Health. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 2014, 5, 393–396.
 51. Gutiérrez-Grijalva, E.P., Ambriz-Pérez, D.L., Leyva-López, N., ve ark. Review : dietary phenolic compounds, health benefits and bioaccessibility. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*. 2016, 66, 87–100.
 52. Artık, N., Anlı, E., Konar, N., Vural, N. Gıdalarda bulunan fenolik bileşikler. *Sıdaş Medya, İzmir*, 2016, 144 s.
 53. Harborne, J.B., Williams, C.A. The flavonoids. Chapter 8 Flavone and flavonol glycosides. 1988, 303–328.
 54. Pace, G., Lima, P., Vianello, F., et al. Polyphenols in fruits and vegetables and its effect on human health. 2014, 1065–1082.
 55. Bacanlı, M., Taner, G., Başaran, A., Başaran, N. Bitkisel Kaynaklı Fenolik Yapıdaki Bileşikler ve Sağlığa Yararlı Etkileri. *Türkiye Klinikleri Eczacılık Bilimleri Dergisi*. 2015, 4, 9–16.
 56. Kumar, H., Choudhary, N., Kumar, N., Seth, R Phenolic compounds and their health benefits : a review. 2014, 2, 46–59.
 57. Bondia-Pons, I., Aura, A.M., Vuorela, S., ve ark. Rye phenolics in nutrition and health. *Journal of Cereal Science*, 2009, 49, 323–336.
 58. Natella, F., Nardini, M., Di Felice, M., Scaccini, C. Benzoic and cinnamic acid derivatives as antioxidants: structure-activity relation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 1999, 47, 1453–1459.
 59. Pearson, G., Robinson, F., Gibson, T.B., ve ark. Mitogen-activated protein(MAP) Kinase pathways: Regulation and Physiological Functions. *Endocrine Reviews*. 2001, 22, 153–183.
 60. Ötleş, S., Çağındı, Ö. (2016) Kakao ve Çay Polifenolleri ile Kanser. In: *Kanserden korunmada gıdalar ve beslenme*. Ed.: S. Ötleş, E. Akçiçek. Sıdaş Medya Ltd. Şti., İzmir, 374.
 61. Marchesi, J.R., Adams, D.H., Fava, F. ve ark. The gut microbiota and host health: A new clinical frontier. *Gut*. 2016, 65, 330–339.
 62. Espín, J.C., González-Sarrías, A., Tomás-barberán, F.A. The gut microbiota: A key factor in the therapeutic effects of (poly)phenols. *Biochemical Pharmacology*. 2017, 139, 82–93.

63. Pedret, A., Valls, R.M., Fernandez-Castillejo, S., ve ark. Polyphenol-rich foods exhibit DNA antioxidative properties and protect the glutathione system in healthy subjects. *Molecular Nutrition and Food Research*. 2012, 56, 1025–1033.
64. Yücel, U., Arıcı, Ö. Farklı tuz konsantrasyonlu salamuralarda üretilen stok hıyar turşularının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 1996, 14(1).
65. Yücel, U., Ötleş, S. Fermente ürünlere bir bakış. *Gıda*. 1998, 51–54.
66. Fleming, H.P., McFeeters, R.F., Thompson, R.L., Sanders, D.C. Storage Stability of Vegetables Fermented with pH Control. *Journal of Food Science*. 1983, 48, 975–981.
67. Kartheek, A. (2016) Characterization of *L.plantarum/pentosus* for starter cultures in cucumber fermentation and conjugative transferability of antibiotic resistance in lactic acid bacteria. North Carolina State University, Food Science, 2016, 267 s. (Doktora Tezi).
68. Tripuraneni, S. Effect of Nutrient Supplements on Cucumber Fermentation by Lactic acid Bacteria. Osmania University, Food Science, 2008, 1–22 (Yüksek Lisans Tezi).
69. Nieawhof, M. Cole Crops: Botany, Cultivation and Utilization. L. Hill, London, 1969, 308-310.
70. Aktan, N., Yücel, U., Arıcı, Ö. Lahana turşusu salamurasının uygun tuz-asit konsantrasyonunun belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 1995, 13, 3–10.
71. Minekus, M., Alvinger, M., Alvito, P., ve ark. A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food – an international consensus. *Food and Function*. 2014, 5, 1113–1124 .
72. Verhoeckx, K., Cotter, P., Lopez-Exposito, I., Kleiveland, C., Lea, T., ve ark. The Impact of Food Bioactives on Health: *In vitro* and *ex vivo* models, Hollanda, 2015, 338 s.
73. Boyer, J., Brown, D., Rui, H.L. Uptake of quercetin and quercetin 3-glucoside from whole onion and apple peel extracts by Caco-2 cell monolayers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014, 52, 7172–7179.
74. Gayoso, L., Claerbout, A.S., Calvo, M.I., ve ark. Bioaccessibility of rutin, caffeic acid and rosmarinic acid: Influence of the *in vitro* gastrointestinal digestion models. *Journal of Functional Foods*. 2016, 26, 428–438.
75. Bermúdez-Soto, M.J., Tomás-Barberán, F.A., García-Conesa, M.T. Stability of polyphenols in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) subjected to *in vitro* gastric and pancreatic digestion. *Food Chemistry*. 2007, 102, 865–874.
76. Miranda, L., Deuber, H., Evers, D. The impact of *in vitro* digestion on bioaccessibility of polyphenols from potatoes and sweet potatoes and their influence on iron absorption by human intestinal cells. *Food and Function*. 2013, 4, 1595–1601.
77. Huang, S., Ma, Y., Zhang, C., ve ark. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolics in native and fermented *Prinsepia utilis* Royle seed during a simulated gastrointestinal digestion *in vitro*. *Journal of Functional Foods*.

- 2017, 37, 354–362.
78. Dutra, R.L.T., Dantas, A.M., Marques, D.A., ve ark. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in frozen pulps of Brazilian exotic fruits exposed to simulated gastrointestinal conditions. *Food Research International*. 2017, 100, 650–657.
 79. Kamiloğlu, S., Çapanoğlu, E. Investigating the *in vitro* bioaccessibility of polyphenols in fresh and sun-dried figs (*Ficus carica* L.). *International Journal of Food Science and Technology*. 2013, 48, 2621–2629.
 80. Rodríguez-Roque, M.J., Rojas-Graü, M.A., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O. *In vitro* bioaccessibility of health-related compounds from a blended fruit juice-soymilk beverage: Influence of the food matrix. *Journal of Functional Foods*. 2014, 7, 161–169.
 81. Rodríguez-Roque, M.J., Rojas-Graü, M.A., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O. *In vitro* bioaccessibility of health-related compounds as affected by the formulation of fruit juice- and milk-based beverages. *Food Research International*. 2014, 62, 771–778.
 82. Rodríguez-Roque, M.J., de Ancos, B., Sánchez-Moreno, C., ve ark. Impact of food matrix and processing on the *in vitro* bioaccessibility of vitamin C, phenolic compounds, and hydrophilic antioxidant activity from fruit juice-based beverages. *Journal of Functional Foods*. 2015, 14, 33–43.
 83. Neto, J.J.L., de Almeida, T.S., de Medeiros, J.L., ve ark. Impact of bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in biological systems upon the antioxidant activity of the ethanolic extract of *Triplaris gardneriana* seeds. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 2017, 88, 999–1007.
 84. Schulz, M., Biluca, F.C., Gonzaga, L.V., ve ark. Bioaccessibility of bioactive compounds and antioxidant potential of juçara fruits (*Euterpe edulis* Martius) subjected to *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*. 2017, 228, 447–454.
 85. Mandalari, G., Tomaino, A., Rich, G.T., ve ark. Polyphenol and nutrient release from skin of almonds during simulated human digestion. *Food Chemistry*. 2010, 122, 1083–1088.
 86. Minekus, M., Alvinger, M., Alvito, P. A. Supplementary material - all enzyme assays - to Minekus 2014 consensus *in vitro* digestion. *Food and Function*. 2014, 5, 1-9.
 87. De Noni, I., Stuknyte, M., Cattaneo, S. Identification of β -casomorphins 3 to 7 in cheeses and in their *in vitro* gastrointestinal digestates. *LWT - Food Science and Technology*. 2015, 63, 550–555.
 88. Mackie A.R, Macierzanka A., Aarak K. Sodium alginate decreases the permeability of intestinal mucus. *Food Hydrocolloids*. 2016, 52, 749–755.
 89. El S. N., Karakaya S., Simsek S. *In vitro* digestibility of goat milk and kefir with a new standardised static digestion method (INFOGEST cost action) and bioactivities of the resultant peptides. *Food and Function*. 2015, 6, 2322–2330.
 90. Ünlütürk, A., Turantaş, F. Gıdaların mikrobiyolojik analizi, Meta Basım. İzmir, 2002, 68 s.
 91. Cemeroglu, B.S. Gıda Analizleri. Bizim Grup Basımevi, Ankara, 2013, 212 s.

92. Bovy, A., Bovy, A., Vos, R. D., ve ark. High-Flavonol Tomatoes Resulting from the Heterologous Expression of the Maize Transcription Factor Genes. *The Plant Cell*. 2002, 14, 2509–2526.
93. Miceli, N., Trovato, A., Dugo, P. Comparative analysis of flavonoid profile, antioxidant and antimicrobial activity of the berries of *Juniperus communis* L. var. *communis* and *Juniperus communis* L. var. *saxatilis* Pall, from Turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009, 57, 6570–6577.
94. Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K., Liu, R.H. Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002, 50, 3010–3014 .
95. Miller, N.J., Rice-Evans, C.A. Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS radical cation assay. *Free Radical Research*, 1997, 26, 195-199.
96. Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*. 1995, 28, 25–30.
97. Singh, R.P., Chidambara Murthy, K. N., Jayaprakasha, G.K. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using *in vitro* models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002, 50, 81–86.
98. Liu, H., Qiu, N., Ding, H., Yao, R Polyphenols contents and antioxidant capacity of 68 Chinese herbals suitable for medical or food uses. *Food Research International*. 2008, 41, 363–370.
99. Wang, Y., Zhang, M., Mujumdar, A.S. Influence of green banana flour substitution for cassava starch on the nutrition, color, texture and sensory quality in two types of snacks. *LWT - Food Science and Technology*. 2012, 47, 175–182.
100. Arslan, D. Kapari çiçek tomurcuklarının kontrollü şartlarda salamura ürüne işlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2004, 70 s. (Yüksek Lisans Tezi).
101. Özcan, M. Kapari çiçek tomurcuklarının bileşimi ve salamura ürüne işlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 1996, 98 s. (Doktora Tezi).
102. Çil, Y.M. Oltu (Erzurum) yöresinde yetişen kapari tomurcuklarının bileşimi ve salamuraya işlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum, 2006, 67 s. (Doktora Tezi).
103. Girgin, N. Bazı pişirme yöntemlerinin karnabahar ve lahanadaki glukosinolatların sindirilirliği, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi üzerine etkileri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 2011, 83 s. (Doktora Tezi).
104. Akpolat, H. The effect of pH and temperature on cabbage volatiles during storage. The Ohio State Üniversitesi, Food Science and Technology, Ohio, 2015, 56 s. (Yüksek Lisans Tezi).

105. Uthpala, T.G.G., Marapana, R.A.U.J, Pathirage, A.C, Jayawardana, S.A.S. 929/E2/Poster Effect of the nutritional composition on the textural quality of two gherkins. 2016.
106. Şahin, İ., Akbaş, H. Hıyar turşularında yumuşamanın önlenmesi ve kullanılabilir kalsiyum klorür miktarının belirlenmesi. *Gıda*. 2001, 26, 333–338.
107. McFeeters, R.F., Pérez-Díaz, I., Lee, C.H., Breidt, F. Fermented Vegetables. In: *Food Microbiology*. 2013, 841–855.
108. Alvarruiz, A., Rodrigo, M., Miquel, J., ve ark. Influence of Brining and Packing Conditions on Product Quality of Capers. *Journal of Food Science*. 1990, 55, 196–198.
109. Erdeo, F., Uca, A.U., Arslan, S. Multiple Sclerosis (MS) and Campari. Konya, 2017, 348.
110. Onsekizoğlu, P., Acar, J. İzotiyosiyanatlar ve İnsan Beslenmesindeki Önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi*. 2003, 37–42.
111. Argun, M.E. Kapari çiçek tomurcuklarının fermantasyonu üzerine bazı baharat uçucu yağ ve ekstraktlarının etkisi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2012, 66 s. (Yüksek Lisans Tezi).
112. Arslan, D., Ünver, A., Özcan, M. Different Brine Conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2008, 32, 219–230.
113. Gull, T., Anwar, F., Sultana, B., ve ark. Capparis species: A potential source of bioactives and high-value components: A review. *Industrial Crops and Products*. 2015, 67, 81–96.
114. Uylaşer, V., Erdem, F. Stoklanmış Hıyarlardan Farklı Uygulamalarla Turşu Üretimi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2004, 18(1), 81–92.
115. Cingöz, E. Samsun’da tüketilen hıyar turşularının bileşimi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun, 2005, 60 s. (Yüksek Lisans Tezi).
116. Arrar, L., Benzidane, N., Krache, I., ve ark. Comparison between polyphenol contents and antioxidant activities of different parts of *Capparis spinosa* L. *Pharmacognosy Communications*. 2013, 3, 70–74.
117. Tlili, N., Mejri, H., Anouer, F., ve ark. Phenolic profile and antioxidant activity of *Capparis spinosa* seeds harvested from different wild habitats. *Industrial Crops and Products*. 2015, 76, 930–935.
118. Tagnaout, I., Zerkani, H., Mahjoubi, M., ve ark. Phytochemical study, antibacterial and antioxidant activities of extracts of *Capparis spinosa* L. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*. 2016, 8, 1993–2005.
119. Singleton, V.L., Rossi, J. Colorimetry of Total Phenolics With Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 1965, 16, 144–158.
120. Vanhoutte, H. Optimization and characterization of nonextractable phenolic compounds from Brassica waste streams. Gent University, Applied biosciences: Food Industry, Gent, 2014, 73 s. (Yüksek Lisans Tezi).

121. Acosta-Estrada, B.A., Gutiérrez-Urbe, J.A., Serna-Saldívar, S.O. Bound phenolics in foods, a review. *Food Chemistry*. 2014, 152, 46–55.
122. Zhao, D., Shah, N.P. Lactic acid bacterial fermentation modified phenolic composition in tea extracts and enhanced their antioxidant activity and cellular uptake of phenolic compounds following *in vitro* digestion. *Journal of Functional Foods*. 2016, 20, 182–194.
123. Bayili, R. G., Abdoul-Latif, F., Kone, O. H., Diao, M., ve ark. Phenolic compounds and antioxidant activities in some fruits and vegetables from Burkina Faso. *African Journal of Biotechnology*. 2011, 10(62), 13543–13547.
124. Ciska, E., Karamac, M., Kosinska, A. Antioxidant activity of extracts of white cabbage and sauerkraut. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2005, 14, 367–373.
125. Lako, J., Trenerry, V.C., Wahlqvist, M., ve ark. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chemistry*. 2007, 101, 1727–1741.
126. Kahkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., ve ark. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999, 47(10), 3954–3962.
127. Kwaw, E., Ma, Y., Tchabo, W., ve ark. Effect of fermentation parameters and their optimization on the phytochemical properties of lactic-acid-fermented mulberry juice. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2017, 11, 1462–1473.
128. Othman, N.B., Roblain, D., Chammen, N., ve ark. Antioxidant phenolic compounds loss during the fermentation of Chétoui olives. *Food Chemistry*. 2009, 116, 662–669.
129. Bouayed, J., Hoffmann, L., Bohn, T. Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. *Food Chemistry*. 2011, 128, 14–21.
130. Rodríguez-Roque, M.J., Rojas-Graü, M.A., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O. Soymilk phenolic compounds, isoflavones and antioxidant activity as affected by *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*. 2013, 136, 206–212.
131. Bouayed, J., Deußer, H., Hoffmann, L., Bohn, T. Bioaccessible and dialysable polyphenols in selected apple varieties following *in vitro* digestion vs. their native patterns. *Food Chemistry*. 2012, 131, 1466–1472.
132. Thomas-Valdés, S., Theoduloz, C., Jiménez-Aspee, F., ve ark. Changes in polyphenol composition and bioactivity of the native Chilean white strawberry (*Fragaria chiloensis* spp. *chiloensis* f. *chiloensis*) after *in vitro* gastrointestinal digestion. *Food Research International*. 2018, 105, 10–18.
133. Celep, E., İnan, Y., Akyüz, S., Yesilada, E. The bioaccessible phenolic profile and antioxidant potential of *Hypericum perforatum* L. after simulated human digestion. *Industrial Crops and Products*. 2017, 109, 717–723.
134. Ti, H., Zhang, R., Li, Q., ve ark. Effects of cooking and *in vitro* digestion of rice on phenolic profiles and antioxidant activity. *Food Research International*.

2015,76:813–820.

135. Tomas, M., Beekwilder, J., Hall, R.D., ve ark. Effect of dietary fiber (inulin) addition on phenolics and *in vitro* bioaccessibility of tomato sauce. 2018, 106, 129–135.
136. Álvarez, R., Araya, H., Navarro-Lisboa, R., Lopez de Dicastillo, C. Evaluation of Polyphenols and Antioxidant Capacity of Fruits and Vegetables Using a Modified Enzymatic Extraction Method. *Food Technology and Biotechnology*. 2016, 54, 462–467.
137. Fernandes, S., Lima, F.S., Rodrigues, D., ve ark. Evaluation of the isoflavone and total phenolic contents of kefir-fermented soymilk storage and after the *in vitro* digestive system simulation. *Food Chemistry*. 2017, 229, 373–380.
138. Huang, D., Ou, B., Prior, R.L. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005, 53, 1841-1856.
139. Häkkinen, S.H., Kärenlampi, S.O., Mykkänen, H.M., ve ark. Ellagic acid content in berries: Influence of domestic processing and storage. *European Food Research and Technology*. 2000, 212, 75–80.
140. Mansour, R B., Jilani, I.B.H., Bouaziz, M., ve ark. Phenolic contents and antioxidant activity of ethanolic extract of *Capparis spinosa*. *Cytotechnology*. 2016, 68, 135–142.
141. Šamec, D., Bogović, M., Vincek, D., ve ark. Assessing the authenticity of the white cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata f. alba) cv. ‘Varaždinski’ by molecular and phytochemical markers. *Food Research International*. 2014, 60, 266–272.
142. Tomas, M., Beekwilder, J., Hall, R.D., ve ark. Industrial processing versus home processing of tomato sauce: Effects on phenolics, flavonoids and *in vitro* bioaccessibility of antioxidants. *Food Chemistry*. 2017, 220, 51–58.
143. Yu, L., Haley, S., Perret, J., ve ark. Free radical scavenging properties of wheat extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002, 50, 1619-1624.
144. Wang, M., Li, J., Rangarajan, M., ve ark. Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salvia officinalis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998, 46, 4869–4873.
145. Carlsen, M.H., Halvorsen, B.L., Holte, K., ve ark. (2010) Additional file 1 : The Antioxidant Food Table. *Nutrition Journal*. 9(3), 1-138.
146. Girgin N, El, S.N. Effects of cooking on *in vitro* sinigrin bioaccessibility, total phenols, antioxidant and antimutagenic activity of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. Botrytis). *Journal of Food Composition and Analysis*. 2015, 37, 119–127.
147. Tiveron, A.P., Melo, P.S., Bergamaschi, K.B., ve ark. Antioxidant activity of Brazilian vegetables and its relation with phenolic composition. *International Journal of Molecular Sciences*. 2012, 13, 8943–8957.
148. Ciska, E., Pathak, D.R. Glucosinolate derivatives in stored fermented cabbage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004, 52, 7938–7943.
149. Rungapamestry, V., Duncan, A.J., Fuller, Z., Ratcliffe, B. Changes in glucosinolate concentrations, myrosinase activity, and production of

- metabolites of glucosinolates in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) cooked for different durations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, 54, 7628–7634.
150. Raiola, A., Errico, A., Petruk, G., ve ark. Bioactive compounds in Brassicaceae vegetables with a role in the prevention of chronic diseases. *Molecules*. 2017, 23(15), 1-10.
 151. Nilsson, J., Olsson, K., Engqvist, G., ve ark. Variation in the content of glucosinolates, hydroxycinnamic acids, carotenoids, total antioxidant capacity and low-molecular-weight carbohydrates in Brassica vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2006, 86, 528–538.
 152. Kurilich, A.C., Tsau, G.J., Brown, A., ve ark. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleracea*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999, 47, 1576–1581.
 153. Hounsome, N., Hounsome, B., Tomos, D., Edwards-Jones, G. Changes in antioxidant compounds in white cabbage during winter storage. *Postharvest Biology and Technology*. 2009, 52, 173–179.
 154. Food and Drug Administration (FDA). Vegetable Nutrition Facts. 2008. erişim tarihi:26.12.2017
 155. Moghaddasian, B., Aslı, E., Alaghemand, A. Simultaneous Determination of Rutin and Quercetin in Different parts of *Capparis spinosa*. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*. 2013, 2, 35–38.
 156. Aslı, E. Quantitative analysis of quercetin in different parts of *Capparis spinosa* by HPLC. 2012, 3, 5775–5778.
 157. Lin, S., Zhu, Q., Wen, L. Production of quercetin, kaempferol and their glycosidic derivatives from the aqueous-organic extracted residue of litchi pericarp with *Aspergillus awamori*. *Food Chemistry*. 2014, 145, 220–227.
 158. Tranchimand, S., Brouanti, P., Iacazio, G. The rutin catabolic pathway with special emphasis on quercetinase. *Biodegradation*. 2010, 21, 833–859.
 159. Maldini, M., Foddai, M., Natella, F. Metabolomic study of wild and cultivated caper (*Capparis spinosa* L.) from different areas of Sardinia and their comparative evaluation. *Journal of Mass Spectrometry*. 2016, 716–728.
 160. Anwar, F., Muhammad, G., Hussain, M.A., *Capparis spinosa* L.: A Plant with High Potential for Development of Functional Foods and Nutraceuticals/Pharmaceuticals. *International Journal of Pharmacology*. 2016, 12, 201–219.
 161. Abu-reidah, I., Arráez-román, D., Fernández-gutiérrez, A., ve ark. A Qualitative Characterization of phenolic compounds in *Cucumis Sativus* L . extract by using High-Performance Liquid Chromatography coupled to Quadropole Time-of-Flight Mass Spectrometry (HPLC-ESI-QTOF-MS). CIDAF, 2010, poster sunumu.
 162. Filannino, P., Bai, Y., Di Cagno, R., ve ark. Metabolism of phenolic compounds by *Lactobacillus* spp. during fermentation of cherry juice and broccoli puree. *Food Microbiology*. 2015, 46, 272–279.
 163. Tarko, T., Duda-Chodak, A., Sroka, P., ve ark. Transformations of Phenolic Compounds in an *in vitro* Model Simulating the Human Alimentary Tract.

- Food Technology and Biotechnology. 2009, 47, 456–463.
164. Pellegrini, M., Lucas-Gonzalez, R., Fernández-López, J., ve ark. Bioaccessibility of polyphenolic compounds of six quinoa seeds during in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods*. 2017, 38, 77–88.
 165. Ortega, N., Macià, A., Romero, M.P., ve ark. Matrix composition effect on the digestibility of carob flour phenols by an in-vitro digestion model. *Food Chemistry*. 2011, 124, 65–71.
 166. Gawlik-Dziki, U., Jezyna, M., Świeca, M., ve ark. Effect of bioaccessibility of phenolic compounds on in vitro anticancer activity of broccoli sprouts. *Food Research International*. 2012, 49, 469–476.
 167. Helal, A., Tagliazucchi, D. Impact of in-vitro gastro-pancreatic digestion on polyphenols and cinnamaldehyde bioaccessibility and antioxidant activity in stirred cinnamon-fortified yogurt. *LWT - Food Science and Technology*. 2018, 89, 164–170.
 168. Wang, W., Sun, C., Mao, L., ve ark. The biological activities, chemical stability, metabolism and delivery systems of quercetin: A review. *Trends in Food Science and Technology*. 2016, 56, 21–38.
 169. Buchner, N., Krumbein, A., Rohn, S., Kroh, L.W. Effect of thermal processing on the flavonols rutin and quercetin. *Rapid communications in mass spectrometry*. 2006, 20, 3229–3235.
 170. Moon, Y.J., Wang, L., DiCenzo, R., Morris, M.E. Quercetin pharmacokinetics in humans. *Biopharmaceutics & drug disposition*. 2008, 29, 205–217.
 171. Seraglio, S.K.T., Valesse, A.C., Daguer, H., ve ark. Effect of in vitro gastrointestinal digestion on the bioaccessibility of phenolic compounds, minerals, and antioxidant capacity of *Mimosa scabrella* Benth honeydew honeys. *Food Research International*. 2017, 99, 670–678.
 172. Pinacho, R., Cavero, R.Y., Astiasarán, I., ve ark. Phenolic compounds of blackthorn (*Prunus spinosa* L.) and influence of in vitro digestion on their antioxidant capacity. *Journal of Functional Foods*. 2015, 19, 49–62.
 173. Francesca, N., Barbera, M., Martorana, A., ve ark. Optimised method for the analysis of phenolic compounds from caper (*Capparis spinosa* L.) berries and monitoring of their changes during fermentation. *Food Chemistry*. 2016, 196, 1172–1179.
 174. Kwaw, E., Ma, Y., Tchabo, W., ve ark. Effect of lactobacillus strains on phenolic profile, color attributes and antioxidant activities of lactic-acid-fermented mulberry juice. *Food Chemistry*. 2018, 250, 148–154.
 175. Curiel, J.A., Pinto, D., Marzani, B., ve ark. Lactic acid fermentation as a tool to enhance the antioxidant properties of *Myrtus communis* berries. *Microbial Cell Factories*. 2015, 14, 1–10.
 176. Septembre-Malaterre, A., Remize, F., Poucheret, P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. *Food Research International*. 2018, 104, 86–99.
 177. Landete, J.M., Rodríguez, H., De las Rivas, B., Muñoz, R. High-added-value antioxidants obtained from the degradation of wine phenolics by *Lactobacillus*

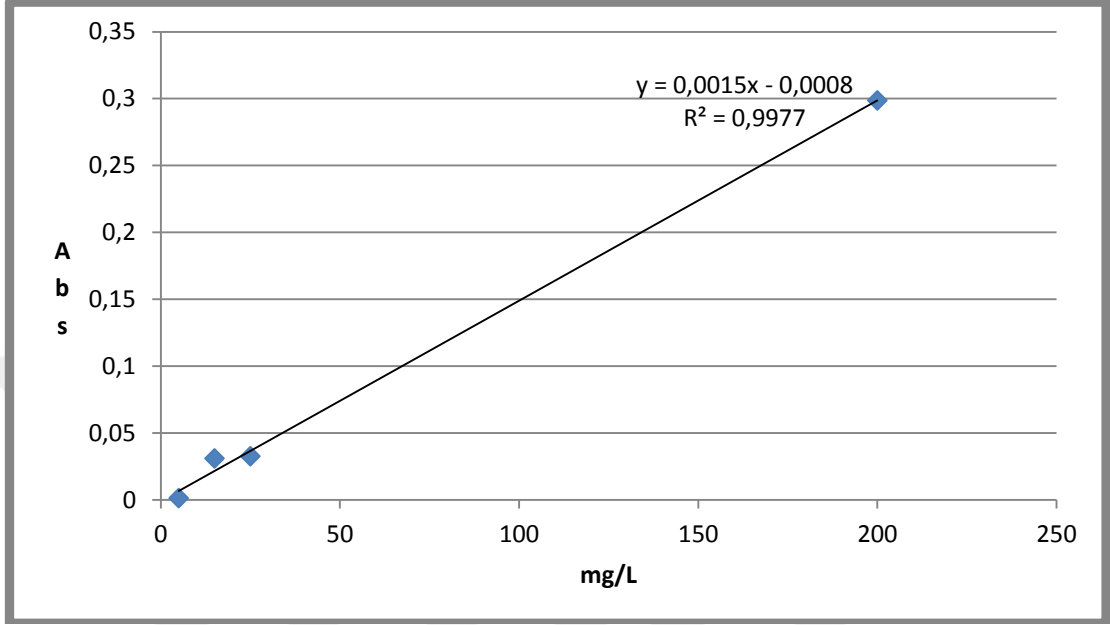
- plantarum. Journal of Food Protection. 2007, 70, 2670–2675.
178. Okcu, G., Güneş Altuntaş, E., Ayhan, K. Laktik asit fermantasyonunda fenolik bileşikler ve önemi. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi. 2011, 1, 50–63.
 179. Bajpai, B., Patil, S. A new approach to microbial production of gallic acid. Brazilian Journal of Microbiology. 2008, 39, 708–711.
 180. Arbenz, A., Avérous, L. Chemical modification of tannins to elaborate aromatic biobased macromolecular architectures. Green Chemistry. 2015, 17, 2626–2646.
 181. Abu Reidah, I.M. (2013) Characterization of Phenolic Compounds in Highly-Consumed Vegetable Matrices by Using Advanced Analytical Techniques. University of Granada, Department of Analytical Chemistry, Granada, 2013, 269 s. (doktora tezi).
 182. Tomas-Barberan, F. A. Clifford, M. N. Review Dietary hydroxybenzoic acid derivatives – nature , occurrence and dietary burden. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2000, 80, 1024–1032.
 183. Kulisic-Bilusic, T., Schmöller, I., Schnäbele, K., ve ark. The anticarcinogenic potential of essential oil and aqueous infusion from caper (*Capparis spinosa* L.). Food Chemistry. 2012, 132, 261–267.
 184. Bakr, R.O., El Bishbishy, M.H. Profile of bioactive compounds of *Capparis spinosa* var. *Aegyptiaca* growing in Egypt. Brazilian Journal of Pharmacognosy. 2016, 26, 514–520.
 185. Fritsch, C., Heinrich, V., Vogel, R.F., Toelstede, S. Phenolic acid degradation potential and growth behavior of lactic acid bacteria in sunflower substrates. Food Microbiology. 2016, 57, 178–186.
 186. Thilakarathna, S.H., Vasantha Rupasinghe, H.P. Flavonoid bioavailability and attempts for bioavailability enhancement. Nutrients. 2013, 5, 3367–3387.
 187. Tarko, T., Duda-Chodak, A., Zajac, N. Digestion and absorption of phenolic compounds assessed by in vitro simulation methods. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny. 2013, 64(2), 79–84.
 188. Ogbede, S., Saidu, A., Kabiru, A., Busari, M.B. Nutrient and anti-nutrient compositions of *Brassica Oleraceae* var. *Capitata* L. IOSR Journal of Pharmacy. 2015, 5, 2250–3013.
 189. Mohammed, A., Luka, C.D. Comparative analysis of the different *Brassica Oleracea* Varieties Grown on Jos, plateau using albino rats. IOSR Journal of Pharmacy. 2013, 6, 85–88.
 190. Mattila, P., Hellström, J. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. Journal of Food Composition and Analysis. 2007, 20, 152–160.
 191. Esteban-Torres, M., Landete, J. M., Reveron, I., ve ark. A *Lactobacillus plantarum* esterase active on a broad range of phenolic esters. Applied Environmental Microbiology. 2015, 81, 3235–3242.
 192. Zheng, G., Deng, J., Wen, L., ve ark. Release of phenolic compounds and antioxidant capacity of Chinese hawthorn “ *Crataegus pinnati fi da* ” during *in vitro* digestion. Journal of Functional Foods. 2018, 40, 76–85.

193. Thiruvengadam, M., Chung, I.M. Phenolic compound production and biological activities from *in vitro* regenerated plants of gherkin (*Cucumis anguria* L.). *Electronic Journal of Biotechnology*. 2015, 18, 295–301.
194. Bergfeld, W.F., Belsito, M.D., A. HR, Klaassen C.D., ve ark. Cucumis Sativus (Cucumber)-derived ingredients as used in cosmetics. *Tentative Safety Assessment*. 2012, 1-18.
195. Gil-Izquierdo, A., Gil, M.I., Ferreres, F., Tomás-Barberán, F.A. *In vitro* availability of flavonoids and other phenolic in orange juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001, 49, 1035.
196. Jabłońska-Ryś, E., Sławińska, A., Sz wajgier, D. Effect of lactic acid fermentation on antioxidant properties and phenolic acid contents of oyster (*Pleurotus ostreatus*) and chanterelle (*Cantharellus cibarius*) mushrooms. *Food Science and Biotechnology*. 2016, 25, 439–444.
197. Aarnes, H. Hydroxylation and decarboxylation of hydroxybenzoic acids by Fe²⁺-chelates. 1999, 1-10.
198. Wang, T., He, F., Chen, G. Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review. *Journal of Functional Foods*. 2014, 7, 101–111.
199. Fessard, A., Kapoor, A., Patche, J., ve ark. Lactic fermentation as an efficient tool to enhance the antioxidant activity of tropical fruit juices and teas. *Microorganisms*. 2017, 5-23.
200. Kevers, C., Falkowski, M., Tabart, J., ve ark. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, 55, 8596–8603.
201. Bhojar, M.S., Mishra, G.P., Naik, P.K., Srivastava, R.B. Estimation of antioxidant activity and total phenolics among natural populations of Caper (*Capparis spinosa*) leaves collected from cold arid desert of trans-Himalayas. *Australian Journal of Crop Science*. 2011, 5, 912–919.
202. Jaiswal, A.K., Rajauria, G., Abu-Ghannam, N., Gupta, S. Phenolic composition, antioxidant capacity and antibacterial activity of selected Irish *Brassica* vegetables. *Natural Product Communication*. 2011, 6, 1299–1304.
203. Hunaefi, D., Akumo, D.N., Smetanska, I. Effect of Fermentation on Antioxidant Properties of Red Cabbages. *Food Biotechnology*. 2013, 27, 66–85.
204. Bhandari, S., Kwak, J.H. Chemical composition and antioxidant activity in different tissues of *Brassica* Vegetables. *Molecules*. 2015, 20, 1228–1243.
205. Chandra, S., Khan, S., Avula, B., ve ark. Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: a comparative study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2014, 2014, 1–9.
206. Dasgupta, N., De, B. Antioxidant activity of some leafy vegetables of India: A comparative study. *Food Chemistry*. 2007, 101, 471–474.
207. Olajire, A. A., Azeez, L. Total antioxidant activity, phenolic, flavonoid and ascorbic acid contents of Nigerian vegetables. *African Journal of Food Science and Technology*. 2011, 2(2), 22-29.

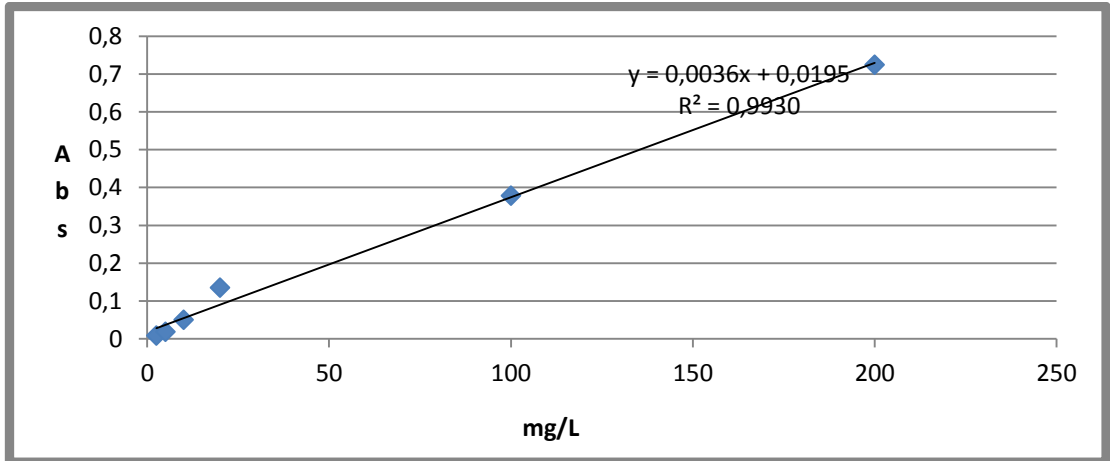
208. Anagnostopoulou, M.A., Kefalas, P., Papageorgiou, V.P., ve ark. Radical scavenging activity of various extracts and fractions of sweet orange peel (*Citrus sinensis*). *Food Chemistry*. 2006, 94, 19–25.
209. Al-Laith, A.A., Alkhuzai, J., Freije, A. Assessment of antioxidant activities of three wild medicinal plants from Bahrain. *Arabian Journal of Chemistry*. 2014, doi: 10.1016/j.arabjc.2015.03.004.
210. Allaith, A.A. Assessment of the antioxidant properties of the caper fruit (*Capparis spinosa* L.) from Bahrain. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*. 2016, 19, 1–7.
211. Yadav, P., Malpathak, N. Estimation of antioxidant activity and total phenol, flavonoid content among natural populations of caper (*Capparis moonii*, Wight) from Western Ghats region. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*. 2016, 50, 495–501.
212. Bilušić Vundać, V., Brantner, A.H., Plazibat, M. Content of polyphenolic constituents and antioxidant activity of some *Stachys* taxa. *Food Chemistry*. 2007, 104, 1277–1281.
213. Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., Van Beek, T.A. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry*. 2004, 85, 231–237.

EKLER

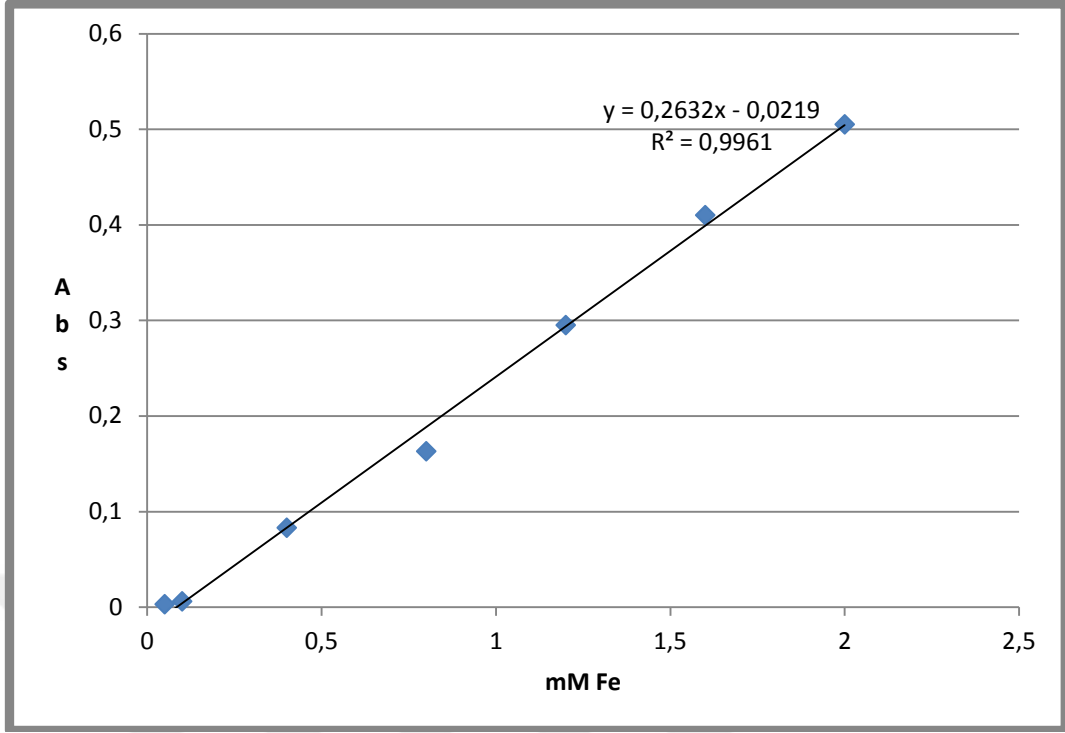
EK A. Kalibrasyon Eğrileri



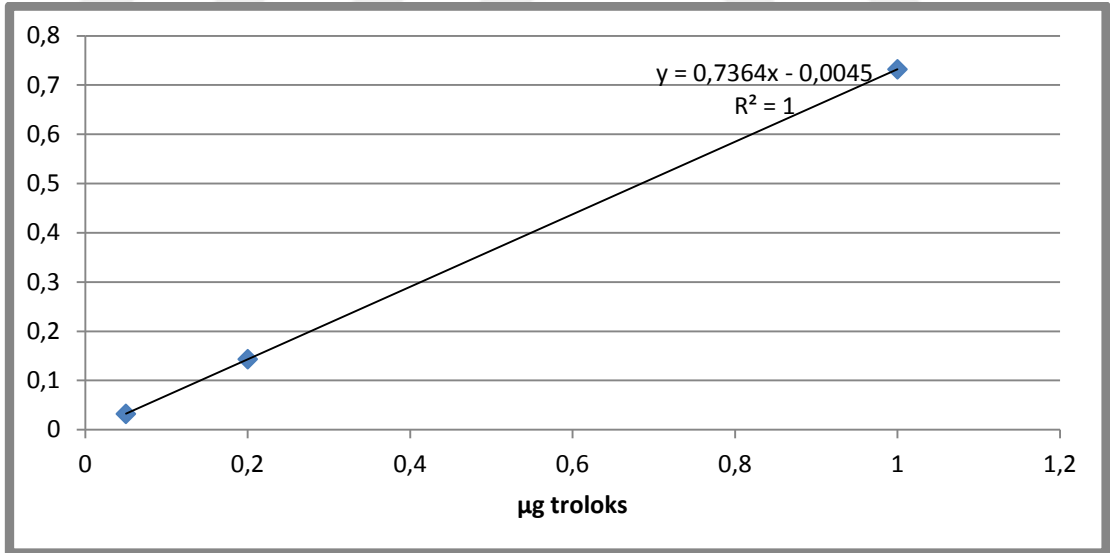
Şekil EK A. 1. Toplam fenolik madde standart grafiği



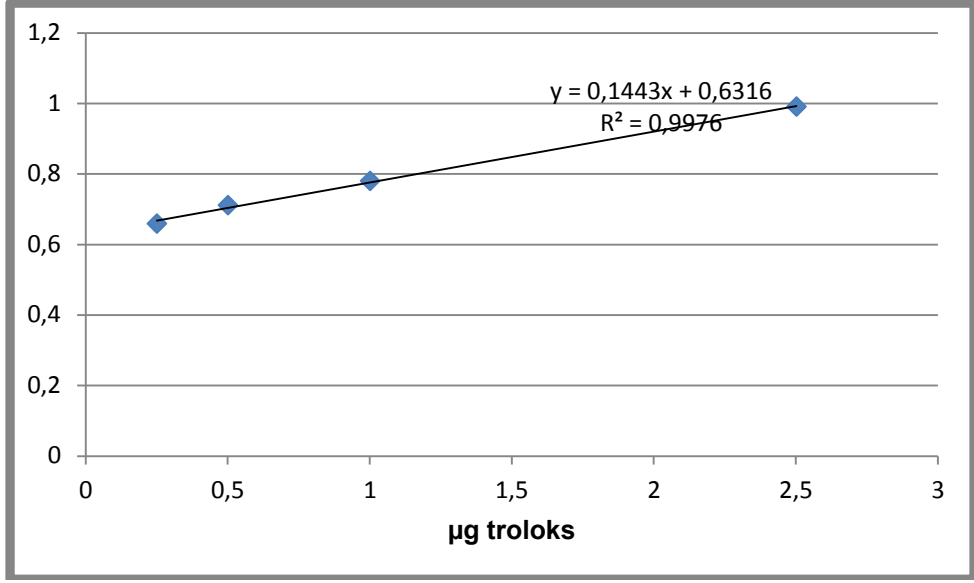
Şekil EK A. 2. Toplam flavanoid madde kalibrasyon grafiği



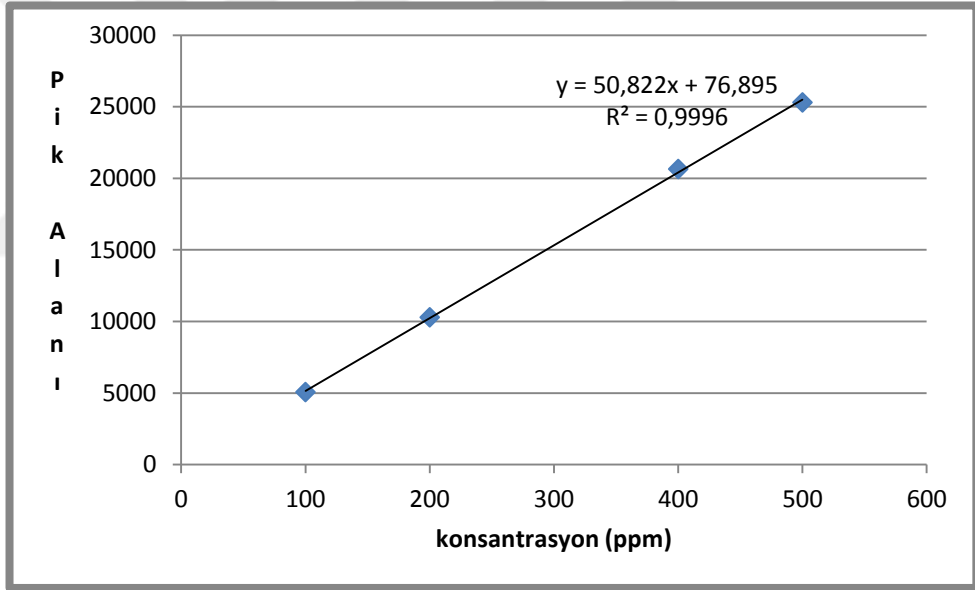
Şekil EK A. 3. Fe standart kalibrasyon grafiği (FRAP analizi)



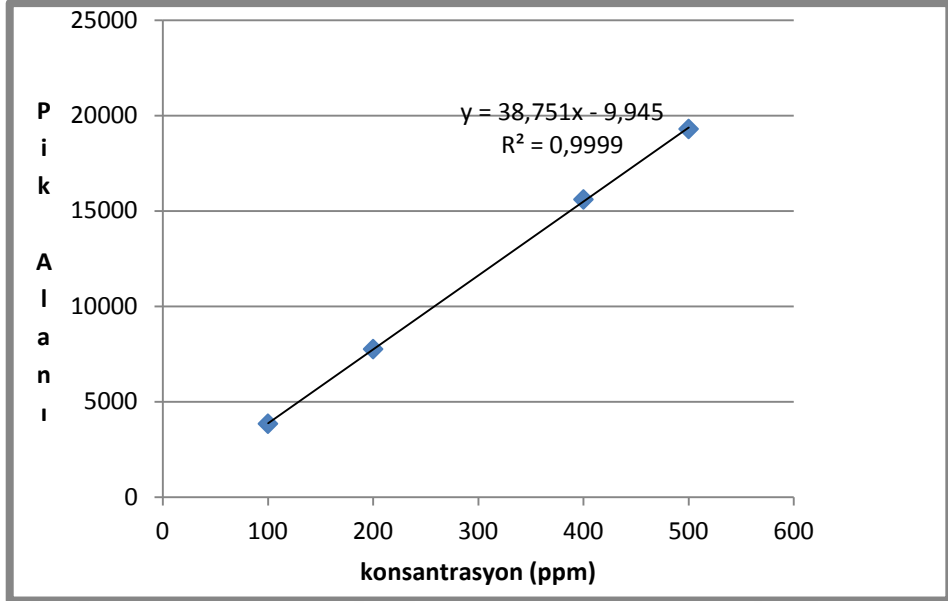
Şekil EK A. 4. Troloks ABTS kalibrasyon grafiği



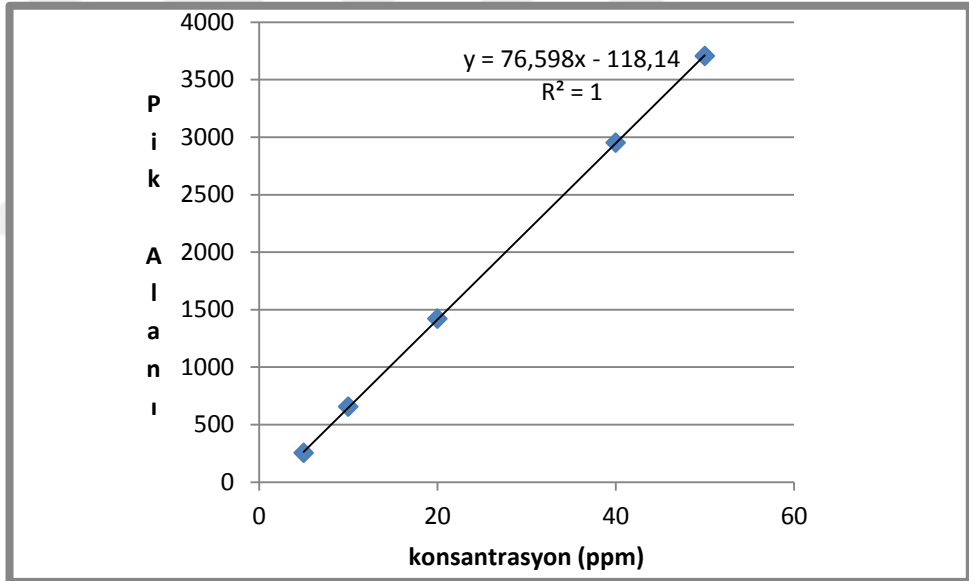
Şekil EK A. 5. Troloks DPPH kalibrasyon grafiği



Şekil EK A. 6. Rutin standart grafiği



Şekil EK A. 7. Kaempferol-3-O-rutinozit standart grafiği



Şekil EK A. 8. Kuersetin standart grafiği

EK B. Kaparilere ait istatistiksel analiz çıktıları

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	tazelerdetoplamfenolik	465,0000	3	23,78909	13,73464
	turşulardatoplamfenolik	445,0926	3	3,42843	1,97940
Pair 2	tazelerdetoplamfenolik	465,0000	3	23,78909	13,73464
	sindirilmişçiğlerdetoplamfenolik	361,0370	3	9,58737	5,53527
Pair 3	turşulardatoplamfenolik	445,0926	3	3,42843	1,97940
	sindirilmişturşulardatoplamfenolik	324,4444	3	5,64520	3,25926
Pair 4	sindirilmişçiğlerdetoplamfenolik	361,0370	3	9,58737	5,53527
	sindirilmişturşulardatoplamfenolik	324,4444	3	5,64520	3,25926
Pair 5	tazelerdetoplamflavanoid	55,2963	3	4,16107	2,40239
	turşulardatoplamflavanoid	54,9722	3	3,49736	2,01920
Pair 6	tazelerdetoplamflavanoid	55,2963	3	4,16107	2,40239
	sindirilmişçiğlerdetoplamflavanoid	38,6296	3	1,42869	,82485
Pair 7	turşulardatoplamflavanoid	54,9722	3	3,49736	2,01920
	sindirilmişturşulardatoplamflavanoid	29,3333	3	2,00103	1,15529
Pair 8	sindirilmişçiğlerdetoplamflavanoid	38,6296	3	1,42869	,82485
	sindirilmişturşulardatoplamflavanoid	29,3333	3	2,00103	1,15529
Pair 9	çiğlerdeABTS	739,4029	2	14,58442	10,31274
	turşulardaABTS	621,4500	2	4,59619	3,25000
Pair 10	çiğlerdeABTS	739,4029	2	14,58442	10,31274
	sindirilmişçiğlerdeABTS	309,1854	2	8,80337	6,22492
Pair 11	turşulardaABTS	648,2898	3	46,60814	26,90922
	sindirilmişturşulardaABTS	246,6363	3	8,75037	5,05203

Pair 12	sindirilmişçiğlerdeABTS	292,6383	3	29,32866	16,93291
	sindirilmişturşulardaABTS	246,6363	3	8,75037	5,05203
Pair 13	çiğDPPH	300,1366	3	8,30445	4,79458
	turşuDPPH	259,4982	3	1,35302	,78116
Pair 14	çiğDPPH	300,1366	3	8,30445	4,79458
	sindirilmişçiğDPPH	267,7419	3	5,66433	3,27030
Pair 15	turşuDPPH	259,4982	3	1,35302	,78116
	sindirilmişturşuDPPH	236,4071	3	5,08731	2,93716
Pair 16	sindirilmişçiğDPPH	267,7419	3	5,66433	3,27030
	sindirilmişturşuDPPH	236,4071	3	5,08731	2,93716
Pair 17	çiğlerdeFRAP	5,8365	3	,49913	,28817
	turşulardaFRAP	5,0450	3	,49001	,28291
Pair 18	çiğlerdeFRAP	5,8365	3	,49913	,28817
	sindirilmişçiğlerdeFRAP	2,5889	3	,22576	,13034
Pair 19	turşulardaFRAP	5,0450	3	,49001	,28291
	sindirilmişturşulardaFRAP	2,1952	3	,23799	,13740
Pair 20	sindirilmişçiğlerdeFRAP	2,5889	3	,22576	,13034
	sindirilmişturşulardaFRAP	2,1952	3	,23799	,13740

Correlations

		toplamfenolik	toplamflavanoid	abts	dpph	frap
toplamfenolik	Pearson Correlation	1	,975	,967	,767	,975
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,004	,000
	N	12	12	11	12	12

toplamflavanoid	Pearson Correlation	,975	1	,936	,715	,928
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,009	,000
	N	12	12	11	12	12
abts	Pearson Correlation	,967	,936	1	,655	,981
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,029	,000
	N	11	11	11	11	11
dpph	Pearson Correlation	,767	,715	,655	1	,745
	Sig. (2-tailed)	,004	,009	,029		,005
	N	12	12	11	12	12
frap	Pearson Correlation	,975	,928	,981	,745	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,005	
	N	12	12	11	12	12

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	tazelerdetoplamfenolik - turşulardatoplamfenolik	19,90741	27,08915	15,63993	-47,38577	87,20059	1,273	2	,331
Pair 2	tazelerdetoplamfenolik - sindirilmişçiğlerdetoplamfenolik	103,96296	32,71493	18,88797	22,69458	185,23135	5,504	2	,031
Pair 3	turşulardatoplamfenolik - sindirilmişturşulardatoplamfenolik	120,64815	8,98564	5,18786	98,32657	142,96972	23,256	2	,002
Pair 4	sindirilmişçiğlerdetoplamfenolik - sindirilmişturşulardatoplamfenolik	36,59259	15,19801	8,77457	-1,16135	74,34654	4,170	2	,053
Pair 5	tazelerdetoplamflavanoid - turşulardatoplamflavanoid	,32407	1,86511	1,07682	-4,30913	4,95728	,301	2	,792
Pair 6	tazelerdetoplamflavanoid - sindirilmişçiğlerdetoplamflavanoid	16,66667	4,97356	2,87149	4,31166	29,02168	5,804	2	,028
Pair 7	turşulardatoplamflavanoid - sindirilmişturşulardatoplamflavanoid	25,63889	3,31532	1,91410	17,40319	33,87459	13,395	2	,006
Pair 8	sindirilmişçiğlerdetoplamflavanoid - sindirilmişturşulardatoplamflavanoid	9,29630	2,14399	1,23784	3,97032	14,62227	7,510	2	,017
Pair 9	çiğlerdeABTS - turşulardaABTS	117,95294	9,98822	7,06274	28,21229	207,69359	16,701	1	,038
Pair 10	çiğlerdeABTS - sindirilmişçiğlerdeABTS	430,21754	23,38779	16,53767	220,08656	640,34851	26,014	1	,024

Pair 11	turşulardaABTS - sindirilmişturşulardaABTS	401,65355	54,40559	31,41108	266,50257	536,80453	12,787	2	,006
Pair 12	sindirilmişçiğlerdeABTS - sindirilmişturşulardaABTS	46,00203	31,87985	18,40584	-33,19191	125,19596	2,499	2	,130
Pair 13	çiğDPPH - turşuDPPH	40,63840	8,66128	5,00059	19,12259	62,15421	8,127	2	,015
Pair 14	çiğDPPH - sindirilmişçiğDPPH	32,39468	4,38081	2,52926	21,51215	43,27720	12,808	2	,006
Pair 15	turşuDPPH - sindirilmişturşuDPPH	23,09110	6,36615	3,67550	7,27670	38,90551	6,282	2	,024
Pair 16	sindirilmişçiğDPPH - sindirilmişturşuDPPH	31,33483	9,75156	5,63007	7,11061	55,55905	5,566	2	,031
Pair 17	çiğlerdeFRAP - turşulardaFRAP	,79154	,91980	,53105	-1,49337	3,07645	1,491	2	,275
Pair 18	çiğlerdeFRAP - sindirilmişçiğlerdeFRAP	3,24764	,32284	,18639	2,44566	4,04963	17,424	2	,003
Pair 19	turşulardaFRAP - sindirilmişturşulardaFRAP	2,84972	,60652	,35017	1,34305	4,35640	8,138	2	,015
Pair 20	sindirilmişçiğlerdeFRAP - sindirilmişturşulardaFRAP	,39362	,01244	,00718	,36271	,42452	54,805	2	,000



Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 rutinçiğ	175,9429	2	5,49149	3,88307
rutinturşu	112,3370	2	17,21120	12,17016
Pair 2 rutinçiğ	175,9429	2	5,49149	3,88307
rutinsindirilmişçiğ	27,7159	2	3,62183	2,56102
Pair 3 rutinturşu	112,3370	2	17,21120	12,17016
rutinsindirilmişturşu	50,7547	2	5,52919	3,90972
Pair 4 rutinsindirilmişçiğ	27,7159	2	3,62183	2,56102
rutinsindirilmişturşu	50,7547	2	5,52919	3,90972

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 rutinçiğ - rutinturşu	63,60586	11,71972	8,28709	-41,69162	168,90335	7,675	1	,082
Pair 2 rutinçiğ - rutinsindirilmişçiğ	148,22696	1,86965	1,32204	131,42879	165,02513	112,119	1	,006
Pair 3 rutinturşu - rutinsindirilmişturşu	61,58235	11,68202	8,26043	-43,37642	166,54113	7,455	1	,085
Pair 4 rutinsindirilmişçiğ - rutinsindirilmişturşu	-23,03874	1,90735	1,34870	-40,17563	-5,90186	-17,082	1	,037



Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1				
çiğkaemp	171,5677	3	18,63962	10,76159
turşukaemp	109,6565	3	6,55114	3,78230
Pair 2				
çiğkaemp	171,5677	3	18,63962	10,76159
sindirilmişçiğkaemp	163,4855	3	13,17277	7,60530
Pair 3				
turşukaemp	109,6565	3	6,55114	3,78230
sindirilmişturşukaemp	106,6439	3	3,06103	1,76728
Pair 4				
sindirilmişçiğkaemp	163,4855	3	13,17277	7,60530
sindirilmişturşukaemp	106,6439	3	3,06103	1,76728

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)	
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
				Lower	Upper				
Pair 1	çiğkaemp - turşukaemp	61,91118	19,43039	11,21814	13,64342	110,17894	5,519	2	,031
Pair 2	çiğkaemp - sindirilmişçiğkaemp	8,08218	12,05903	6,96228	-21,87410	38,03847	1,161	2	,366
Pair 3	turşukaemp - sindirilmişturşukaemp	3,01264	5,49171	3,17064	-10,62952	16,65480	,950	2	,442
Pair 4	sindirilmişçiğkaemp - sindirilmişturşukaemp	56,84163	10,16787	5,87042	31,58324	82,10003	9,683	2	,010

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean	
Pair 1	çiğkaparikuers	,4688945	3	,11186230	,06458373
	turşukaparikuers	10,7960134	3	,77419928	,44698416

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 çığkapariuers - turşukapariuers	-10,32711 892	,80940594	,46731074	-12,33779475	-8,31644310	-22,099	2	,002

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 çığkapariTPBIYO	77,8426	3	5,89844	3,40547
turşukapariTPBIYO	72,9032	3	1,81960	1,05055
Pair 2 çığkapariTFBIYO	70,1667	3	6,56951	3,79291
turşukapariTFBIYO	53,4485	3	4,07782	2,35433
Pair 3 çığkapariABTSBIYO	41,8350	2	2,01525	1,42500
turşukapariABTSBIYO	39,6450	2	5,25380	3,71500
Pair 4 çığkapariDPPHBIYO	89,2233	3	1,23715	,71427
turşukapariDPPHBIYO	91,1100	3	2,40589	1,38904
Pair 5 çığkapariFRAPBIYO	44,1650	2	2,48194	1,75500
turşukapariFRAPBIYO	47,9000	2	1,40007	,99000

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)	
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
				Lower	Upper				
Pair 1	çiğkapariTPBIYO - turşukapariTPBIYO	4,93933	7,62089	4,39992	-13,99201	23,87068	1,123	2	,378
Pair 2	çiğkapariTFBIYO - turşukapariTFBIYO	16,71813	6,17251	3,56370	1,38476	32,05151	4,691	2	,043
Pair 3	çiğkapariABTSBIYO - turşukapariABTSBIYO	4,19000	7,26906	5,14000	-61,11989	69,49989	,815	1	,565
Pair 4	çiğkapariDPPHBIYO - turşukapariDPPHBIYO	-1,88667	3,35092	1,93465	-10,21080	6,43747	-,975	2	,432
Pair 5	çiğkapariFRAPBIYO - turşukapariFRAPBIYO	-3,73500	3,88202	2,74500	-38,61353	31,14353	-1,361	1	,403

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 çiğkapariRUTIN	15,7276	2	1,57055	1,11055
turşukapariRUTIN	45,3303	2	2,02268	1,43025
Pair 2 çiğkapariKAEMP	95,5599	3	5,16160	2,98005
turşukapariKAEMP	97,4215	3	4,75635	2,74608

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 çiğkapariRUTIN - turşukapariRUTIN	-29,60270	3,59323	2,54080	-61,88662	2,68122	-11,651	1	,055
Pair 2 çiğkapariKAEMP - turşukapariKAEMP	-1,86153	9,72845	5,61673	-26,02835	22,30529	-,331	2	,772

EK C. Lahanalara ait istatistiksel analiz çıktıları

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	çiğtoplamfenolik	104,3333	3	6,50641	3,75648
	turşutoplamfenolik	107,3333	3	1,52753	,88192
Pair 2	çiğtoplamfenolik	104,3333	3	6,50641	3,75648
	sindirilmişçiğtoplamfenolik	130,2044	3	2,93333	1,69356
Pair 3	turşutoplamfenolik	107,3333	3	1,52753	,88192
	sindirilmişturşutoplamfenolik	198,5600	3	8,48458	4,89858
Pair 4	sindirilmişçiğtoplamfenolik	130,2044	3	2,93333	1,69356
	sindirilmişturşutoplamfenolik	198,5600	3	8,48458	4,89858
Pair 5	çiğtoplamflavanoid	1,8472	3	,31314	,18079
	turşutoplamflavanoid	1,8935	3	,35636	,20575
Pair 6	çiğtoplamflavanoid	1,8472	3	,31314	,18079
	sindirilmişçiğtoplamflavanoid	2,2963	3	,42066	,24287
Pair 7	turşutoplamflavanoid	1,8935	3	,35636	,20575
	sindirilmişturşutoplamflavanoid	3,0741	3	,78042	,45058
Pair 8	sindirilmişçiğtoplamflavanoid	2,2963	3	,42066	,24287
	sindirilmişturşutoplamflavanoid	3,0741	3	,78042	,45058
Pair 9	çiğabts	25,1086	3	,85624	,49435
	turşuabts	24,3323	3	,86196	,49766
Pair 10	çiğabts	25,1086	3	,85624	,49435



	sindirilmişçiğabts	13,8298	3	2,44164	1,40968
Pair 11	turşuabts	24,3323	3	,86196	,49766
	sindirilmişturşuabts	13,7690	3	2,80948	1,62205
Pair 12	sindirilmişçiğabts	13,8298	3	2,44164	1,40968
	sindirilmişturşuabts	13,7690	3	2,80948	1,62205
Pair 13	çiğDPPH	9,6824	3	,69019	,39848
	turşuDPPH	9,3324	3	,53268	,30754
Pair 14	çiğDPPH	9,6824	3	,69019	,39848
	sindirilmişçiğDPPH	9,8307	3	1,10611	,63861
Pair 15	turşuDPPH	9,3324	3	,53268	,30754
	sindirilmişturşuDPPH	9,0938	3	1,17152	,67638
Pair 16	sindirilmişçiğDPPH	9,8307	3	1,10611	,63861
	sindirilmişturşuDPPH	9,0938	3	1,17152	,67638
Pair 17	çiğfrap	,2958	3	,01713	,00989
	turşufrap	,3174	3	,00797	,00460
Pair 18	çiğfrap	,2958	3	,01713	,00989
	sindirilmişçiğfrap	,2925	3	,04039	,02332
Pair 19	turşufrap	,3174	3	,00797	,00460
	sindirilmişturşufrap	,3421	3	,02276	,01314
Pair 20	sindirilmişçiğfrap	,2925	3	,04039	,02332
	sindirilmişturşufrap	,3421	3	,02276	,01314

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	çiğtoplamlarfenolik - turşutoplamlarfenolik	-3,00000	5,00000	2,88675	-15,42069	9,42069	-1,039	2	,408
Pair 2	çiğtoplamlarfenolik - sindirilmişçiğtoplamlarfenolik	-25,87111	8,45406	4,88095	-46,87216	-4,87006	-5,300	2	,034
Pair 3	turşutoplamlarfenolik - sindirilmişturşutoplamlarfenolik	-91,22667	9,63381	5,56209	-115,15839	-67,29495	-16,402	2	,004
Pair 4	sindirilmişçiğtoplamlarfenolik - sindirilmişturşutoplamlarfenolik	-68,35556	9,14994	5,28272	-91,08528	-45,62583	-12,939	2	,006
Pair 5	çiğtoplamlarflavanoid - turşutoplamlarflavanoid	-,04630	,10608	,06124	-,30981	,21722	-,756	2	,529
Pair 6	çiğtoplamlarflavanoid - sindirilmişçiğtoplamlarflavanoid	-,44907	,23747	,13710	-1,03898	,14083	-3,275	2	,082
Pair 7	turşutoplamlarflavanoid - sindirilmişturşutoplamlarflavanoid	-1,18056	,45411	,26218	-2,30862	-,05250	-4,503	2	,046
Pair 8	sindirilmişçiğtoplamlarflavanoid - sindirilmişturşutoplamlarflavanoid	-,77778	,48432	,27962	-1,98090	,42535	-2,782	2	,109

Pair 9	çiğabts - turşuabts	,77630	1,65561	,95587	-3,33647	4,88907	,812	2	,502
Pair 10	çiğabts - sindirilmişçiğabts	11,27885	2,99364	1,72838	3,84223	18,71547	6,526	2	,023
Pair 11	turşuabts - sindirilmişturşuabts	10,56334	3,42865	1,97953	2,04610	19,08058	5,336	2	,033
Pair 12	sindirilmişçiğabts - sindirilmişturşuabts	,06079	1,90896	1,10214	-4,68133	4,80291	,055	2	,961
Pair 13	çiğDPPH - turşuDPPH	,34997	1,08976	,62917	-2,35715	3,05708	,556	2	,634
Pair 14	çiğDPPH - sindirilmişçiğDPPH	-,14829	1,67687	,96814	-4,31386	4,01727	-,153	2	,892
Pair 15	turşuDPPH - sindirilmişturşuDPPH	,23865	1,56904	,90588	-3,65906	4,13636	,263	2	,817
Pair 16	sindirilmişçiğDPPH - sindirilmişturşuDPPH	,73691	,64034	,36970	-,85380	2,32761	1,993	2	,184
Pair 17	çiğfrap - turşufrap	-,02153	,01180	,00681	-,05084	,00778	-3,160	2	,087
Pair 18	çiğfrap - sindirilmişçiğfrap	,00334	,03751	,02166	-,08984	,09653	,154	2	,891
Pair 19	turşufrap - sindirilmişturşufrap	-,02477	,02552	,01473	-,08817	,03863	-1,681	2	,235
Pair 20	sindirilmişçiğfrap - sindirilmişturşufrap	-,04965	,03905	,02255	-,14666	,04737	-2,202	2	,159



Correlations

		fenolik	flavanoid	abts	dpph	frap
fenolik	Pearson Correlation	1	,768	-,748	-,279	,577
	Sig. (2-tailed)		,004	,005	,380	,049
	N	12	12	12	12	12
flavanoid	Pearson Correlation	,768	1	-,538	,048	,663
	Sig. (2-tailed)	,004		,071	,882	,019
	N	12	12	12	12	12
abts	Pearson Correlation	-,748	-,538	1	,289	-,193
	Sig. (2-tailed)	,005	,071		,362	,548
	N	12	12	12	12	12
dpph	Pearson Correlation	-,279	,048	,289	1	-,211
	Sig. (2-tailed)	,380	,882	,362		,511
	N	12	12	12	12	12
frap	Pearson Correlation	,577	,663	-,193	-,211	1
	Sig. (2-tailed)	,049	,019	,548	,511	
	N	12	12	12	12	12


Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
--	------	---	----------------	-----------------

Pair 1	çiğlahanaTPBIYO	125,1833	3	9,42094	5,43918
	turşulahanaTPBIYO	185,0733	3	10,00713	5,77762
Pair 2	çiğlahanaTFBIYO	124,3100	3	12,42961	7,17624
	turşulahanaTFBIYO	161,1733	3	17,03752	9,83661
Pair 3	çiğlahanaABTSBIYO	54,9033	3	7,89446	4,55787
	turşulahanaABTSBIYO	56,3667	3	9,35528	5,40127
Pair 4	çiğlahanaDPPHBIYO	101,3733	3	5,09181	2,93976
	turşulahanaDPPHBIYO	97,2067	3	6,78852	3,91936
Pair 5	çiğlahanaFRAPBIYO	98,5800	3	8,66768	5,00429
	turşulahanaFRAPBIYO	106,3200	3	3,23784	1,86937

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	çiğlahanaTPBIYO - turşulahanaTPBIYO	-59,89000	6,41795	3,70541	-75,83308	-43,94692	-16,163	2	,004
Pair 2	çiğlahanaTFBIYO - turşulahanaTFBIYO	-36,86333	13,98854	8,07629	-71,61279	-2,11388	-4,564	2	,045



Pair 3	çiğlahanaABTSBIYO - turşulahanaABTSBIYO	-1,46333	16,63749	9,60566	-42,79316	39,86649	-,152	2	,893
Pair 4	çiğlahanaDPPHBIYO - turşulahanaDPPHBIYO	4,16667	11,84447	6,83841	-25,25662	33,58996	,609	2	,604
Pair 5	çiğlahanaFRAPBIYO - turşulahanaFRAPBIYO	-7,74000	11,10292	6,41028	-35,32119	19,84119	-1,207	2	,351

EK D. Hıyarlara ait istatistiksel analiz çıktıları

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	çiğfenolik	40,3704	3	,16038	,09259
	turşufenolik	29,4444	3	1,42544	,82298
Pair 2	çiğfenolik	40,3704	3	,16038	,09259
	sinçiğfenolik	149,0489	3	7,25575	4,18911
Pair 3	turşufenolik	29,4444	3	1,42544	,82298
	sinturşufenolik	136,1600	3	11,24225	6,49072
Pair 4	sinçiğfenolik	149,0489	3	7,25575	4,18911
	sinturşufenolik	136,1600	3	11,24225	6,49072
Pair 5	çiğflavanoid	,3426	3	,12028	,06944
	turşuflavanoid	,2269	3	,04009	,02315
Pair 6	çiğflavanoid	,3426	3	,12028	,06944
	sinçiğflavanoid	1,1852	3	,44905	,25926
Pair 7	turşuflavanoid	,2269	3	,04009	,02315
	sinturşuflavanoid	,7778	3	,12830	,07407
Pair 8	sinçiğflavanoid	1,1852	3	,44905	,25926
	sinturşuflavanoid	,7778	3	,12830	,07407
Pair 9	çiğabts	16,1135	3	,81346	,46965
	turşuabts	15,1895	3	1,02157	,58980
Pair 10	çiğabts	16,1135	3	,81346	,46965
	sinçiğabts	12,2330	3	,70202	,40531

Pair 11	turşuabts	15,1895	3	1,02157	,58980
	sinturşuabts	10,4701	3	1,55991	,90062
Pair 12	sinçığabts	12,2330	3	,70202	,40531
	sinturşuabts	10,4701	3	1,55991	,90062
Pair 13	çığdpph	8,0619	3	,10003	,05775
	turşudpph	7,0340	3	,21077	,12169
Pair 14	çığdpph	8,0619	3	,10003	,05775
	sinçığdpph	6,0638	3	,34126	,19703
Pair 15	turşudpph	7,0340	3	,21077	,12169
	sinturşudpph	5,2322	3	,22722	,13118
Pair 16	sinçığdpph	6,0638	3	,34126	,19703
	sinturşudpph	5,2322	3	,22722	,13118
Pair 17	çığfrap	,3484	3	,02246	,01297
	turşufrap	,4016	3	,04478	,02586
Pair 18	çığfrap	,3484	3	,02246	,01297
	sinçığfrap	,3989	3	,00977	,00564
Pair 19	turşufrap	,4016	3	,04478	,02586
	sinturşufrap	,5478	3	,05992	,03459
Pair 20	sinçığfrap	,3989	3	,00977	,00564
	sinturşufrap	,5478	3	,05992	,03459

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	çiğfenolik - turşufenolik	10,92593	1,39812	,80720	7,45281	14,39904	13,536	2	,005
Pair 2	çiğfenolik - sinçiğfenolik	-108,67852	7,41570	4,28146	-127,10014	-90,25689	-25,384	2	,002
Pair 3	turşufenolik - sinturşufenolik	-106,71556	9,87704	5,70251	-131,25147	-82,17964	-18,714	2	,003
Pair 4	sinçiğfenolik - sinturşufenolik	12,88889	16,35676	9,44358	-27,74356	53,52134	1,365	2	,306
Pair 5	çiğflavanoid - turşuflavanoid	,11574	,08019	,04630	-,08346	,31494	2,500	2	,130
Pair 6	çiğflavanoid - sinçiğflavanoid	-,84259	,32877	,18981	-1,65930	-,02589	-4,439	2	,047
Pair 7	turşuflavanoid - sinturşuflavanoid	-,55093	,08821	,05093	-,77004	-,33181	-10,818	2	,008
Pair 8	sinçiğflavanoid - sinturşuflavanoid	,40741	,32075	,18519	-,38938	1,20419	2,200	2	,159
Pair 9	çiğabts - turşuabts	,92401	1,40202	,80945	-2,55879	4,40681	1,142	2	,372
Pair 10	çiğabts - sinçiğabts	3,88045	,84366	,48709	1,78469	5,97621	7,967	2	,015
Pair 11	turşuabts - sinturşuabts	4,71935	1,83350	1,05857	,16468	9,27403	4,458	2	,047
Pair 12	sinçiğabts - sinturşuabts	1,76292	1,30568	,75383	-1,48056	5,00640	2,339	2	,144
Pair 13	çiğdpph - turşudpph	1,02795	,31056	,17930	,25647	1,79944	5,733	2	,029
Pair 14	çiğdpph - sinçiğdpph	1,99815	,41772	,24117	,96048	3,03583	8,285	2	,014
Pair 15	turşudpph - sinturşudpph	1,80180	,10395	,06002	1,54358	2,06003	30,022	2	,001

Pair 16	sinçiğdpph - sinturşudpph	,83160	,33054	,19084	,01049	1,65271	4,358	2	,049
Pair 17	çiğfrap - turşufrap	-,05319	,02409	,01391	-,11302	,00664	-3,825	2	,062
Pair 18	çiğfrap - sinçiğfrap	-,05048	,02490	,01438	-,11234	,01137	-3,511	2	,072
Pair 19	turşufrap - sinturşufrap	-,14623	,03164	,01826	-,22481	-,06764	-8,006	2	,015
Pair 20	sinçiğfrap - sinturşufrap	-,14894	,06352	,03667	-,30673	,00886	-4,061	2	,056

Correlations

		fenolik	flavanoid	abts	dpph	frap
fenolik	Pearson Correlation	1	,841	-,859	-,835	,524
	Sig. (2-tailed)		,001	,000	,001	,081
	N	12	12	12	12	12
flavanoid	Pearson Correlation	,841	1	-,710	-,643	,276
	Sig. (2-tailed)	,001		,010	,024	,385
	N	12	12	12	12	12
abts	Pearson Correlation	-,859	-,710	1	,939	-,698
	Sig. (2-tailed)	,000	,010		,000	,012
	N	12	12	12	12	12
dpph	Pearson Correlation	-,835	-,643	,939	1	-,790
	Sig. (2-tailed)	,001	,024	,000		,002
	N	12	12	12	12	12
frap	Pearson Correlation	,524	,276	-,698	-,790	1
	Sig. (2-tailed)	,081	,385	,012	,002	

Correlations

		fenolik	flavanoid	abts	dpph	frap
fenolik	Pearson Correlation	1	,841	-,859	-,835	,524
	Sig. (2-tailed)		,001	,000	,001	,081
	N	12	12	12	12	12
flavanoid	Pearson Correlation	,841	1	-,710	-,643	,276
	Sig. (2-tailed)	,001		,010	,024	,385
	N	12	12	12	12	12
abts	Pearson Correlation	-,859	-,710	1	,939	-,698
	Sig. (2-tailed)	,000	,010		,000	,012
	N	12	12	12	12	12
dpph	Pearson Correlation	-,835	-,643	,939	1	-,790
	Sig. (2-tailed)	,001	,024	,000		,002
	N	12	12	12	12	12
frap	Pearson Correlation	,524	,276	-,698	-,790	1
	Sig. (2-tailed)	,081	,385	,012	,002	
	N	12	12	12	12	12

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	sinçihıyarkaemp	,386526	3	,0604997	,0349295
	sinturşuhıyarkaemp	,741899	3	,0504245	,0291126

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	sinçiğhiyarkaemp - sinturşuhıyarkaemp	-,3553731	,0700392	,0404372	-,5293601	-,1813860	-8,788	2	,013

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	çiğhiyarTPBIYO	369,1800	3	17,19099	9,92522
	turşuhıyarTPBIYO	462,0000	3	17,21413	9,93858
Pair 2	çiğhiyarTFBIYO	347,6833	3	5,61762	3,24333
	turşuhıyarTFBIYO	348,1481	3	3,20750	1,85185
Pair 3	çiğhiyarABTSBIYO	75,7964	3	3,16043	1,82468
	turşuhıyarABTSBIYO	69,0733	3	5,09208	2,93991
Pair 4	çiğhiyarDPPHBIYO	75,2012	3	3,23432	1,86734
	turşuhıyarDPPHBIYO	74,3939	3	1,55592	,89831
Pair 5	çiğhiyarFRAPBIYO	114,7048	3	6,21726	3,58954
	turşuhıyarFRAPBIYO	136,8106	3	7,19574	4,15446



Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)	
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
				Lower	Upper				
Pair 1	çiğhıyarTPBIYO - turşuhıyarTPBIYO	-92,82000	5,57608	3,21935	-106,67176	-78,96824	-28,832	2	,001
Pair 2	çiğhıyarTFBIYO - turşuhıyarTFBIYO	-,46481	8,82512	5,09519	-22,38763	21,45800	-,091	2	,936
Pair 3	çiğhıyarABTSBIYO - turşuhıyarABTSBIYO	6,72310	6,44615	3,72169	-9,29004	22,73623	1,806	2	,213
Pair 4	çiğhıyarDPPHBIYO - turşuhıyarDPPHBIYO	,80734	3,84760	2,22141	-8,75063	10,36530	,363	2	,751
Pair 5	çiğhıyarFRAPBIYO - turşuhıyarFRAPBIYO	-22,10584	7,76112	4,48089	-41,38554	-2,82614	-4,933	2	,039

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Müzeyyen BERKEL KAŞIKCI

Doğum Yeri ve Yılı: İstanbul, 1987

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : muzeyyen.berkel@cbu.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise :Beşiktaş Atatürk Anadolu Lisesi, 2005

Lisans :Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, 2009

Yüksek Lisans :Namık Kemal Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, 2011

Mesleki Deneyim

Trakya Üniversitesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü 2010-2011

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü 2011-(halen)