

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİNİMUM İŞLENMİŞ MARULLARDA ANTİOKSİDAN BİLEŞENLERİN
DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gözde DOĞAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

OCAK 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİNİMUM İŞLENMİŞ MARULLARDA ANTİOKSİDAN BİLEŞENLERİN
DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gözde DOĞAN
(506111513)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN

22 OCAK 2014

Anneme ve Babama,

ÖNSÖZ

Öncelikle, tez çalışmam süresince, danışmanlığımı üstlenerek, değerli fikirleri ile beni yönlendiren, ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, birlikte çalışmaktan onur ve zevk duyduğum çok değerli hocam ve danışmanım Yrd. Doç. Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN'e saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman desteğini yanımda hissettiğim, değerli fikirleri ile beni yönlendiren ve laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen çok değerli arkadaşlarım Öyküm Bahar ESEN'e ve Yasemin ŞENGÜL'e sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmada kullanılan marul örneklerimin temin edilmesini sağlayan ERÜST Tarım firmasına ve firma sahibi Mustafa ERÜST'e teşekkürlerimi sunarım. İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Deneysel çalışmalarım sırasında yardımını esirgemeyen Dr. Gamze TOYDEMİR'e ve Y. Müh. Nalan DEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Destekleri ve sevgileri ile her zaman yanımda olan, varlıkları ile bana güven veren, bugünlere gelmemde büyük emek sahibi olan canım annem Memnune DOĞAN'a, canım babam Feti DOĞAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2014

Gözde Doğan
Gıda Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR.....	3
2.1 Taze Kesilmiş Meyve ve Sebze	3
2.2 Minimum İşlem Görmüş Meyve ve Sebze Tüketici Eğilimleri ve Pazar Durumu.....	7
2.2.1 Amerikan Ülkelerinin tüketici eğilimleri ve pazar durumu.....	8
2.2.2 Avrupa Ülkelerinin tüketici eğilimleri ve pazar durumu.....	9
2.2.3 Asya Ülkelerinin tüketici eğilimleri ve pazar durumu.....	11
2.3 Marulun Kimyasal Kompozisyonu ve Yetiştirilme Koşulları.....	12
2.4 Kesme İşleminin Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	17
2.5 Biyoyararlılık.....	23
3. MATERYAL ve METOT.....	25
3.1 Materyal.....	25
3.1.1 Bitki materyali.....	25
3.1.2 Kullanılan ekipmanlar ve kimyasall.....	26
3.2 Metot.....	26
3.2.1 Örneklerin hazırlanması.....	26
3.2.2 Ekstrakt hazırlama.....	28
3.2.3 Nem içeriğinin belirlenmesi.....	29
3.2.4 Toplam fenolik analizi.....	29
3.2.5 Toplam flavonoid analizi.....	30
3.2.6 Toplam antioksidan kapasitesinin tayini.....	30
3.2.6.1 DPPH yöntemi.....	30
3.2.6.2 ABTS yöntemi.....	31
3.2.6.3 CUPRAC yöntemi.....	32
3.2.6.4 FRAP yöntemi.....	32
3.2.7 HPLC ile fenolik madde profilinin belirlenmesi.....	32
3.2.8 <i>In-vitro</i> mide-bağırsak sindirim sistemi.....	33
3.2.9 İstatistik analiz.....	34
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	35
4.1 Nem İçeriği.....	35
4.2 Toplam Fenolik Madde	35
4.3 Toplam Flavonoid Miktarı	39

4.4 Toplam Antioksidan Aktivitesi	42
4.4.1 DPPH radikal yakalama metodu.....	42
4.4.2 ABTS radikal yakalama metodu.....	44
4.4.3 CUPRAC (Bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi) metdou.....	46
4.4.4 FRAP (Demir indirgeyici antioksidan kapasitesi) metodu.....	48
4.4.5 Korelasyon katsayıları.....	51
4.5 Fenolik Madde Profili.....	51
4.6 In-vitro Mide-Bağırsak Sindirim Sistemi.....	54
5.SONUÇ.....	57
KAYNAKLAR.....	61
EKLER.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	79

KISALTMALAR

ABTS	: 2,2- azinobis 3-etilbenzothiazolin-6-sulfonik asit diammonium salt
ANOVA	: Varyans analizi
CUPRAC	: Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasitesi
DPPH	: 1,1-difenil-2- pikrilhidrazil
E	: Endivyen
FRAP	: Demir (III) indirgeyici antioksidan kapasitesi
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
KY	: Kırmızı yaprak
KÇ	: Kırmızı çıtır
PG	: Post gastric
RU	: Rutin eşdeğer antioksidan kapasitesi
SPSS	: Sosyal bilimler için istatistik programı
TEAC	: Troloks eşdeğer antioksidan kapasitesi
TF	: Toplam flavonoid madde
TP	: Toplam fenolik madde
UV-VIS	: Mor ötesi-görünür bölge
YÇ	: Yeşil Çıtır
YS	: Yeşil Salad

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bazı ülkelerde minimum işlenmiş sebzelerin tahmini satış değerleri.....	8
Çizelge 2.2 : Farklı marul çeşitlerinin kimyasal bileşenleri ve miktarları.....	14
Çizelge 2.3 : Dünya çapında marul üretim miktarları	15
Çizelge 2.4 : Türkiye’de üretilen yaprağı yenilebilen sebzelerin üretim miktarlar... ..	16
Çizelge 2.5 : Minimum işlenmiş sebzelerde yapılmış olan bazı çalışmalar	18
Çizelge 2.6 : Minimum işlenmiş meyvelerdeki C Vitamini, karetonoit ve fenolik bileşiklerin değişiminin incelenmesi	22
Çizelge 4.1 : Nem içeriği.....	35
Çizelge 4.2 : Örneklerin toplam fenolik miktarları.....	36
Çizelge 4.3 : Örneklerin toplam flavonoid miktarları.....	39
Çizelge 4.4 : Örneklerin DPPH metoduna göre antioksidan aktivitesi.....	42
Çizelge 4.5 : Örneklerin ABTS metoduna göre antioksidan aktivitesi... ..	45
Çizelge 4.6 : Örneklerin CUPRAC metoduna göre antioksidan aktivitesi.....	47
Çizelge 4.7 : Örneklerin FRAP metoduna göre antioksidan aktivitesi.....	49
Çizelge 4.8 : Toplam fenolik madde , toplam flavonoid maddeve toplam antioksidan kapasiteleri arasındaki korelasyon (R^2) sonuçları	51
Çizelge 4.9 : Bütün ve doğranmış haldeki marulların fenolik madde miktarları	53
Çizelge 4.10 : <i>In-vitro</i> sindirim sistemi sonrasında marullarda toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişimler.....	54
Çizelge 4.11 : <i>In-vitro</i> sindirim sistemi sonrasında marullarda toplam flavonoid madde miktarında meydana gelen değişimler.....	55
Çizelge 4.12 : <i>In-vitro</i> sindirim sistemi sonrasında marullarda toplam antioksidan kapasitesinde meydana gelen değişimler.....	56
Çizelge B.1: Yapılan analizlere ait istatistiksel analiz sonuçları	70

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 :	Taze kesilmiş meyve ve sebzelerin üretim akış şeması.....	5
Şekil 2.2 :	ABD’de taze kesilmiş ürünlerin sektörel satış yüzdesi.....	9
Şekil 2.3 :	Avrupa marketlerinde minmum işlenmiş meyve ve sebze trendi	10
Şekil 2.4 :	Kore’de minumum işlenmiş meyve ve sebzelerin satışa sunulduğu bir açık hava pazarı	11
Şekil 2.5 :	Kore’de minumum işlenmiş sebzelerin satın alınma miktarlarına göre dağılımı.....	12
Şekil 3.1 :	Analizlerde kullanılan marul çeşitleri	25
Şekil 3.2 :	Taze kesilmiş marulun üretim şeması	27
Şekil 3.3 :	IKA A11 marka sıvı azotla çalışan öğütücü.....	28
Şekil 3.4 :	(a)VWM marka ultrasonik banyo, (b) Universal 32R marka santrifüj	28
Şekil 3.5 :	Christ, Alpha 1-2LD marka liyafilizatör	29
Şekil 3.6 :	UV-Vis spektrofotometre	30
Şekil 3.7 :	Çalkalayıcı su banyosu.....	33
Şekil 4.2 :	Örneklerin toplam fenolik madde miktarları	37
Şekil 4.3 :	Örneklerin toplam flavonoid madde miktarları	40
Şekil 4.4 :	Örneklerin DPPH metoduna göre antioksidan aktivitesi	43
Şekil 4.5 :	Örneklerin ABTS metoduna göre antioksidan aktivitesi	46
Şekil 4.6 :	Örneklerin CUPRAC metoduna göre antioksidan aktivitesi.....	48
Şekil 4.7 :	Örneklerin FRAP metoduna göre antioksidan aktivitesi.....	50
Şekil A.1:	%0.1 formik asit içeren %75’lik su-metanol’deki toplam fenolik madde kalibrasyon eğrisi.....	65
Şekil A.2:	%0.1 formik asit içeren %75’lik su-metanol’deki toplam flavonoid madde kalibrasyon eğrisi.....	65
Şekil A.3:	%0.1 formik asit içeren %75’lik su-metanol’deki DPPH kalibrasyon eğrisi.....	66
Şekil A.4:	%0.1 formik asit içeren %75’lik su-metanol’deki ABTS kalibrasyon eğrisi.....	66
Şekil A.5:	%0.1 formik asit içeren %75’lik su-metanol’de FRAP kalibrasyon eğrisi.....	67

Şekil A.6:	%0.1 formik asit içeren %75'lik su-metanol'deki CUPRAC kalibrasyon eğrisi.....	67
Şekil A.7:	%100 metanol'deki toplam fenolik madde kalibrasyon eğrisi (IN, OUT ve PG fraksiyonları için)	68
Şekil A.7:	%100 metanol'deki toplam flavonoid madde kalibrasyon eğrisi (IN, OUT ve PG fraksiyonları için)	68
Şekil A.7:	%100 metanol'deki toplam CUPRAC kalibrasyon eğrisi (IN, OUT ve PG fraksiyonları için)	69
Şekil C.1:	Kırmızı yaprak cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı	71
Şekil C.2:	Kırmızı çıtır cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı.....	71
Şekil C.3:	Yeşil çıtır cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı	72
Şekil C.4:	Yeşil salad cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı	72
Şekil C.5:	Endivyen cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı.....	73
Şekil C.6:	Kırmızı yaprak (doğranmış) cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı	73
Şekil C.7:	Kırmızı çıtır (doğranmış) cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı	74
Şekil C.8:	Yeşil çıtır (doğranmış) cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı	74
Şekil C.9:	Yeşil salad (doğranmış) cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı	75
Şekil C.10:	Endivyen (doğranmış) cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı	75
Şekil C.11:	Kırmızı yaprak cinsi marulun 520 nm'deki kromatogramı.....	76
Şekil C.12:	Kırmızı çıtır cinsi marulun 520 nm'deki kromatogramı	76
Şekil C.13:	Kırmızı yaprak (doğranmış) cinsi marulun 520 nm'deki kromatogramı	77
Şekil C.14:	Kırmızı çıtır (doğranmış) cinsi marulun 520 nm'deki kromatogramı	77

MİNIMUM İŞLENMİŞ MARULLARDAKİ ANTIOKSİDATİF BİLEŞENLERİNİN DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Günümüz tüketicileri tarafından dilimlenmiş ürünler lezzetli, kullanışlı, sağlıklı, düşük kalorili ve taze olarak algılanması nedeniyle en çok tercih edilen gıdalardan biri haline gelmektedir. Özellikle yapraklı sebzeler beta karoten ve askorbik asit gibi antioksidanlarca zengindir ve bu ürünlerin tüketimi ile bazı kronik rahatsızlıklara yakalanma olasılığı azalmaktadır.

Günümüzde bazı meyve ve sebzelerin içerdiği antioksidan maddelerin kanser, kalp ve damar hastalıklarına karşı koruyucu etkisinin vurgulanması sayesinde artık tüketiciler antioksidan maddelerce zengin ürünleri tercih etmeye başlamışlardır; dolayısı ile ürünlerin antioksidan kapasiteleri onların kalite kriterleri arasına girmiştir.

Günümüzde ortaya çıkan yeni tüketici profili nakit açısından zengin, zaman açısından fakir terimleri ile ilişkilendirilmektedir ve bu tüketiciler yemeye hazır ürünlere artan bir talep göstermektedirler. İnsanlarda gelişen sağlık bilinci ile son zamanlarda meyve ve sebze tüketiminde artış görülmektedir. Bu nedenle minimum işlenmiş meyve ve sebze sektörü tüketici davranışlarındaki değişimlerin bir sonucu olarak son yıllarda hızla büyümektedir. Özellikle minimum işlenmiş meyve ve sebzeler diğer tüketime hazır ürünlerin arasında taze, sağlıklı ve orijinal aromaya sahip olma özelliği ile öne çıkmaktadır. Bu ürünlere ısıl işlem uygulanmaz veya tazelik durumları herhangi bir işlemle değiştirilemez sadece kesme, dilimleme, kabuklarını soyma, küp küp doğrama ve rendeleme işlemleri uygulanmaktadır.

Bu çalışmada, içerdiği antioksidan özellikteki bileşenler sayesinde sağlık üzerinde önemli etkileri olduğu tespit edilen marulun kesilmesinden sonra antioksidan kapasitesinde ve toplam fenolik ve flavonoid madde içeriğinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

İşlem uygulanmış örnekler arasında en yüksek fenolik madde içeriği Kırmızı Çıtır örneğinde (50.2 mg GAE/100g) bulunurken, en düşük fenolik madde içeriği Endivyen örneğinde (14.2 mg GAE/100 g kuru madde) tespit edilmiştir. Ayrıca işlem uygulanmamış örnekler arasında en yüksek fenolik madde içeriği Kırmızı Yaprak örneğinde (51.2 mg GAE/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük fenolik madde içeriği ise Yeşil Çıtır örneğinde (12 mg GAE/100 g kuru madde) tespit edilmiştir.

Kesme işlemi uygulanmış marul çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoid miktarı Kırmızı Çıtır çeşidinde (35.4 mg rutin/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük toplam flavonoid miktarı Endivyen marul çeşidinde (13.0 mg rutin/100 g kuru madde) bulunmuştur. İşlem görmemiş marul çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoid içeriğini Kırmızı Çıtır (34.9 mg rutin/100 g kuru madde) göstermiştir,

bunun yanı sıra en düşük toplam flavonoid içeriğini toplam fenolik madde analizi sonuçlarına benzer olarak Endivyen marul çeşidinde tespit edilmiştir.

Toplam antioksidan kapasitesini tespit etmek için dört farklı metot kullanılmıştır (DPPH, CUPRAC, FRAP, ABTS). DPPH sonuçlarına göre; kesme işlemi uygulanmış marul çeşitleri arasında en yüksek toplam antioksidan aktivitesi miktarı Kırmızı Çıtır çeşidinde (45.4 mg trolks/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük toplam flavonoid miktarı Yeşil Çıtır marul çeşidinde (4.1 mg trolks/100 g kuru madde) olarak bulunmuştur. İşlem görmemiş marul çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoid içeriğini Kırmızı Çıtır (42.6 mg trolks/100 g kuru madde) göstermiştir. ABTS analizi sonuçlarına göre; kesme işlemi uygulanmış marul çeşitleri arasında en yüksek antioksidan miktarı Kırmızı Çıtır çeşidinde (88.8 mg rutin/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük toplam flavonoid miktarı Endivyen marul çeşidinde (22.1 mg rutin/100 g kuru madde) bulunmuştur. İşlem görmemiş marul çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoid içeriğini Kırmızı Çıtır (91.8 mg rutin/100 g kuru madde) göstermiştir, bunun yanı sıra en düşük ABTS içeriği Yeşil Çıtır çeşidinde bulunmuştur. CUPRAC yönetimine göre antioksidan analizi sonuçları; kesme işlemi uygulanmış marul çeşitleri arasında en yüksek, Kırmızı Çıtır çeşidinde (261.6 mg rutin/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük toplam flavonoid miktarı Endivyen marul çeşidinde (75.7 mg rutin/100 g kuru madde) tespit edilmiştir. İşlem görmemiş marul çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoid içeriğini Kırmızı Çıtır (230.8 mg rutin/100 g kuru madde) göstermiştir, bunun yanı sıra en düşük CUPRAC içeriği Endivyen çeşidinde bulunmuştur. FRAP analizi sonuçlarına göre ise; kesme işlemi uygulanmış marul çeşitleri arasında en yüksek antioksidan miktarı Kırmızı Çıtır çeşidinde (56.6 mg rutin/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük toplam antioksidan miktarı Endivyen marul çeşidinde (11.9 mg rutin/100 g kuru madde) bulunmuştur. İşlem görmemiş marul çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoid içeriğini Kırmızı Çıtır (52.8 mg rutin/100 g kuru madde) göstermiştir, bunun yanı sıra en düşük antioksidan içeriği Endivyen çeşidinde bulunmuştur.

Yapılan analizler arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Buna göre, antioksidan analizleri arasından ABTS, toplam fenolik ve toplam flavonoid analizleriyle yüksek korelasyon göstermiştir (sırasıyla, $R^2=0.984$, $R^2=0.965$). Dört antioksidan analizi arasında en yüksek korelasyon ABTS ve FRAP arasındayken ($R^2=0.976$), en düşük korelasyon FRAP ve CUPRAC ($R^2=0.877$) arasında saptanmıştır. Yapılan tüm spektrofotometrik analizler arasında en yüksek korelasyon ABTS ve toplam fenolik ($R^2=0.984$) bulunurken en düşük korelasyon CUPRAC ve toplam fenolik ($R^2=0.868$) arasında bulunmuştur. DPPH ile ABTS metodlarının çalışma prensibi aynı olmasına rağmen yüksek bir korelasyon katsayısı elde edilememiştir.

Örneklerde kafeoltartarik asit, klorojenik asit, hidroksisinamik asit türevleri, chicoric asit, kuersetin türevleri, kaemferol türevleri ve siyanidin-3-O-glukozit tespit edilmiştir. Bütün haldeki marul cinslerinde ana fenolik bileşik klorojenik asit; Endivyen marul cinsinde ise chicoric asit olarak bulunmuştur. Klorojenik asit en yüksek miktarda Kırmızı Yaprak cinsinde (14.59 mg/100 g kuru madde) ve en düşük miktarda Endivyen cinsinde (1.48 mg/ 100 g kuru madde) bulunmuştur. Siyanidin-3-O-glukozit miktarı en yüksek Kırmızı Çıtır marul cinsinde bulunmuştur.

Doğranmış haldeki Kırmızı Yaprak, Kırmızı Çıtır, Yeşil Çıtır ve Yeşil Salad marul cinslerinde ana fenolik bileşik klorojenik asit; Endivyen marul cinsinde ise chicoric

asit olarak bulunmuştur. Klorojenik asit en yüksek miktarda Kırmızı Yaprak cinsinde (12.40 mg/100 g kuru madde) ve en düşük miktarda Endivyen cinsinde (1.72 mg/100 g kuru madde) bulunmuştur. Örneklerin bütün ve doğranmış hallerindeki klorojenik asit miktarları karşılaştırıldığında 3 cinsten (Kırmızı Yaprak %15, Kırmızı Çıtır %40, Yeşil Çıtır %20) azalış, iki cinsten (Yeşil Salad %58, Endivyen %16) artış görülmüştür. Örneklerin bütün ve doğranmış hallerindeki chicoric asit miktarları karşılaştırıldığında Kırmızı Yaprakta %127, Kırmızı Çıtırda %59, Yeşil Çıtırda %134, Yeşil Salad çeşidinde %27, Endivyende %17 oranında artış görülmüştür. Kırmızı renkli marulların bütün ve doğranmış hallerindeki antosiyanin miktarları karşılaştırıldığında Kırmızı Yaprak cinsinde %31 azalma, Kırmızı Çıtır cinsinde %10 artış tespit edilmiştir.

Mide-bağırsak sisteminin taklit edilmesi sonucunda PG, IN, OUT fraksiyonları elde edilerek; toplam fenolik madde, toplam flavonoid içeriği ve toplam antioksidan kapasitesi (CUPRAC) analizleri her bir fraksiyona uygulanmıştır. “Başlangıç” değeri sindirim öncesini, “PG (Post-gastric) mide çıkışı”, “IN” ince bağırsağa geçen kısmı, “OUT” kolona geçen kısmı ifade etmektedir. Her cinsin % geri kazanım değerleri toplam fenolik madde, toplam flavonoid içeriği ve toplam antioksidan kapasitesi analizleri sonuçlarına göre IN değerinin başlangıç değerine oranlanması ile hesaplanmıştır ($\text{Geri kazanım (\%)} = (\text{IN/Başlangıç}) \times 100$).

Toplam fenolik madde analizinin geri kazanım (%) sonuçlarına göre; Kırmızı Yaprak, Kırmızı Çıtır, Yeşil Çıtır, Yeşil Salad ve Endivyen örneklerin bütün halinde sırasıyla %12.98, %6.9, %18.1, %12.2, %19.0; doğranmış halinde sırasıyla %19.8, %12.7, %18.2, %15.5, %19.0 olarak bulunmuştur. Tüm örneklerde doğranmış haldeki % geri kazanım değeri, bütün haldeki değere göre daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni olarak kesme işlemi sonucunda hücre çeperinden fenolik maddelerin kolayca geçebilmesi ile fenolik madde miktarında artış meydana geldiği düşünülebilir. En fazla artış Kırmızı Yaprak cinsinde 1.8 kat olarak görülmüştür.

Toplam flavonoid madde analizinin geri kazanım (%) sonuçlarına göre; Kırmızı Yaprak, Kırmızı Çıtır, Yeşil Çıtır, Yeşil Salad ve Endivyen örneklerin bütün halinde sırasıyla %9.6, %3.7, %2.1, %1.6, %2.7; doğranmış halinde sırasıyla %13.5, %9.0, %7.0, %5.5, %6.2 olarak bulunmuştur. Tüm örneklerde doğranmış haldeki % geri kazanım değeri, bütün haldeki değere göre daha yüksek bulunmuştur. En fazla artış Yeşil Çıtır ve Yeşil Salad cinslerinde 3.3 kat, Kırmızı Çıtır cinsinde 2.4 kat, Endivyen cinsinde 2.3 kat ve Kırmızı Yaprak cinsinde 1.4 kat olarak hesaplanmıştır.

Toplam antioksidan kapasitesi analizinin geri kazanım (%) sonuçlarına göre; Kırmızı Yaprak, Kırmızı Çıtır, Yeşil Çıtır, Yeşil Salad ve Endivyen örneklerin bütün halinde sırasıyla %9.7, %3.3, %2.5, %2.3, %4.7; doğranmış halinde sırasıyla %18.8, %6.6, %5.1, %5.8, %6.2 olarak bulunmuştur. Tüm örneklerde doğranmış haldeki % geri kazanım değeri, bütün haldeki değere göre daha yüksek bulunmuştur. En fazla artış Yeşil Salad cinsinde 2.5 kat, en az artış ise Endivyen cinsinde 1.3 kat olarak görülmüştür.

Yapılan analizlerin sonucunda, beklenen sonuçların aksine, kesme işleminin antioksidan bileşenlerin miktarında artışa neden olduğu görülmüştür. Artışın olmadığı durumlarda bile genellikle sonuçlar benzer değerlerde gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalar elde edilen sonuçların marulların çeşidine, yetiştirme koşullarına, bileşimine, içerdiği antioksidan çeşitleri ve antioksidanların miktarlarına göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

INVESTIGATING THE CHANGES IN ANTIOXIDANT COMPONENTS OF FRESH-CUT LETTUCE

SUMMARY

Fruits and vegetables are rich in antioxidants, which protect against cell oxidation and compounds that prevent or delay oxidative deterioration of foods. Fruits and vegetables antioxidants are known to protect human tissues against stress and diseases. Recent studies show that; diets rich in fruits and vegetables help protect against cardiovascular diseases, cancer and age-related diseases as a result of containing various types of antioxidant compounds. The use of natural antioxidants from plant sources has become important in the treatment of these disorders.

Nowadays, in line with consumer demand, easy to use and eat minimally processed fruit and vegetables started to emerge in the market. These products stand out by virtue of being fresh with original aromas. Freshness of products will not be modified by any processes including heat treatment; only cutting, slicing, peeling shells, chopping and grating procedures are used.

Recent trends in consumer attitudes led to a rapid increase in the market sales of ready-to-use fresh vegetables, especially fresh-cut lettuce, due its widespread use in prepared salads. There is considerable evidence to support the prevention of the risks of several chronic diseases (i.e., cancer) by the consumption of vegetables, which has been attributed to the presence of antioxidants. Minimal processing techniques may provide some advantages in terms of protecting and improving the antioxidant status of food materials.

In recent years due to the positive effects on human health, antioxidants contained in fruits and vegetables have been studied extensively. However few studies are focused to the change in the amount of antioxidants as a result of the process. Analysing the results of studies conducted for the same product appears to be different from each other; therefore it is important to obtain clear information on the subject.

In this study, numerous types and colours of lettuce was studied, aimed to investigate the change in the amount of antioxidants as a result of the cutting process. Total phenolics, total flavonoids, total antioxidant activity in chopped and unchopped lettuces was determined. The alteration of quantities of the components in the products as a result of chopping process was observed. This study aims to contribute to the literature by providing new results for future work on the subject.

In this study, which used chopped and unchopped lettuces was provided by an agricultural firm from Antalya. Total phenolics, total flavonoids, total antioxidant activity in chopped and unchopped lettuces were measured by spectrophotometric analysis. In order to determine the antioxidants activity; DPPH (2,2-Diphenyl-1-Pikrilhidrazil), ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzthiazolin-6-sulfonic acid)), FRAP

(Feric Reducing Antioxidant Power) and CUPRAC (Copper Reducing Antioxidant Capacity) methods will be used. Total phenolics, anthocyanin and antioxidant content of lettuces will be analyzed by HPLC method. Changes and effects in the total amount of antioxidants as a result of the cutting process was observed.

Total phenolic content values indicated that in the indicated red leaf sample was significantly higher (51.2 mg GAE/100 g dry weight) compared to red crunchy (48.1 mg GAE/100 g dry weight), green oak leaf (17. mg GAE/100 g dry weight), endive (14.8 mg GAE/100 g dry weight) and green crunchy (12 mg GAE/100 g dry weight) ($p < 0.05$). Total phenolic content values indicated that fresh cut red crunchy sample was significantly higher (50.2 mg GAE/100 g dry weight) compared to red leaf (45 mg GAE/100 g dry weight), green oak leaf (19.5 mg GAE/100 g dry weight), green crunchy (15 mg GAE/100 g dry weight) and endive (14.2 mg GAE/100 g dry weight) ($p < 0.05$).

Total flavonoid contents of unchopped lettuce samples were measured; giving the highest value in red crunchy (34.9 mg RU/100 g dry weight), followed by red leaf (34.8 mg RU/100 g dry weight), green oak leaf (17.5 mg RU/100 g dry weight), green crunchy (15.4 mg RU/100 g dry weight) and endive (11.4 mg RU/100 g dry weight). Total flavonoid contents of fresh cut lettuce samples were measured to range between 13-35.4 mg RU/100 g dry weight; giving the highest value in red crunchy (35.4 mg RU/100 g dry weight), followed by red leaf (28 mg RU/100 g dry weight), green oak leaf (18.3 mg RU/100 g dry weight), green crunchy (14.6 mg RU/100 g dry weight) and endive (13 mg RU/100 g dry weight), respectively.

Among all four different antioxidant capacity methods performed in this study (ABTS, DPPH, FRAP and CUPRAC), CUPRAC assay provided the highest values for all lettuces samples. Total antioxidant capacity with DPPH method of unchopped lettuce samples were measured; giving the highest value in red crunchy (42.6 mg TEAC/100 g dry weight), followed by red leaf (38.7 mg TEAC/100 g dry weight), green crunchy (13.5 mg TEAC/100 g dry weight), green oak leaf (12.6 mg TEAC/100 g dry weight) and endive (11.1 mg TEAC/100 g dry weight). Total antioxidant capacity of fresh cut lettuce samples having highest value was red crunchy (45.4 mg TEAC/100 g dry weight), followed by red leaf (27.2 mg TEAC/100 g dry weight), green oak leaf (12.6 mg TEAC/100 g dry weight), endive (10.1 mg TEAC/100 g dry weight) and green crunchy (4.1 mg TEAC/100 g dry weight), respectively.

Total antioxidant capacity with ABTS method of unchopped lettuce samples were measured; giving the highest value in red crunchy (91.8 mg RU/100 g dry weight), followed by red leaf (80.7 mg RU/100 g dry weight), green oak leaf (24.1 mg RU/100 g dry weight), endive (23 mg RU/100 g dry weight) and green crunchy (22.3 mg RU/100 g dry weight). Total antioxidant capacity of fresh cut lettuce samples having highest value was red crunchy (88 mg RU/100 g dry weight), followed by red leaf (75.4 mg RU/100 g dry weight), green oak leaf (31.3 mg RU/100 g dry weight), endive (22.5 mg RU/100 g dry weight) and green crunchy (22 mg RU/100 g dry weight), respectively.

Total antioxidant capacity with CUPRAC method of unchopped lettuce samples were measured; giving the highest value in red crunchy (230.8 mg RU/100 g dry weight), followed by red leaf (203.1 mg RU/100 g dry weight), green oak leaf (100.4 mg RU/100 g dry weight), green crunchy (100 mg RU/100 g dry weight) and endive

(66 mg RU/100 g dry weight). Total antioxidant capacity of fresh cut lettuce samples having highest value was red crunchy (261.3 mg RU/100 g dry weight), followed by red leaf (121.7 mg RU/100 g dry weight), green oak leaf (115.5 mg RU/100 g dry weight), green crunchy (97.7 mg RU/100 g dry weight) and endive (75.7 mg RU/100 g dry weight), respectively.

Total antioxidant capacity with FRAP method of unchopped lettuce samples were measured; giving the highest value in red crunchy (52.8 mg RU/100 g dry weight), followed by red leaf (52.3 mg RU/100 g dry weight), green crunchy (16.4 mg RU/100 g dry weight), green oak leaf (15.9 mg RU/100 g dry weight) and endive (10.7 mg RU/100 g dry weight). Total antioxidant capacity of fresh cut lettuce samples having highest value was red crunchy (56.6 mg RU/100 g dry weight), followed by red leaf (47.3 mg RU/100 g dry weight), green oak leaf (20.7 mg RU/100 g dry weight), green crunchy (15.8 mg RU/100 g dry weight) and endive (11.9 mg RU/100 g dry weight), respectively.

In addition, ABTS method gave the highest linear correlations with total phenolic content ($R^2=0.984$) and total flavonoid content ($R^2=0.965$) methods, as well as with the other total antioxidant capacity methods applied (highest linear correlations $R^2=0.976$ for ABTS and FRAP, lowest linear correlations $R^2=0.877$ for CUPRAC and FRAP).

Eight phenolic compounds were identified in different lettuce samples in total (caffeoyltartaric acid, chlorogenic acid, dicaffeoyltartaric acid, chicoric acid, quercetin derivatives, kaempferol derivatives and cyanidin), having the chlorogenic acid and chicoric acid as the major ones in common. The unchopped lettuce samples were all found to be higher in contents of chlorogenic acid, the highest level 12.40 mg/100 g dry weight in red leaf, lowest level 1.72 mg/100 g dry weight in endive. Chlorogenic acid amount of unchopped and chopped lettuce samples was compared, having decrease red leaf %15, red crunchy %40 and green crunchy %20, having increase green oak leaf %58 and endive %16. Cyanidin amount of unchopped and chopped red lettuce samples was compared, having decrease red leaf %31, having increase red crunchy %10.

The other objective of this study was to evaluate the stability and the recovery of the lettuce antioxidants, in the intact and the fresh-cut leaves, during in vitro gastrointestinal (GI) digestion. For this purpose, the changes in the contents of total phenolics, total flavonoids, and the total antioxidant capacity were determined in the intact and the fresh-cut leaves of five different lettuce varieties, including green oak leaf, endive, green crunchy, red crunchy, and red leaf lettuce, using an in vitro digestion model. Samples were collected prior to digestion (initial), after gastric digestion (post-gastric, PG), and after intestinal digestion (serum-available, IN; non-serum- available, OUT) and analyzed using spectrophotometric assays. The percent recoveries were calculated as the proportions of the values obtained for IN fractions to the initial values. The results indicated that minimal processing led to an improved in vitro bioavailability of lettuce antioxidants, providing higher recoveries in total phenolic content, total flavonoid content, and total antioxidant capacity of fresh-cut leaves in comparison to their intact counterparts, within each variety. The highest increase in the recovery of total phenolic content was determined for the fresh-cut leaves of red crunchy lettuce (2.5-fold), whereas the fresh-cut leaves of green oak leaf lettuce were found to show the highest increases in the recoveries of total

flavonoid content (3.4-fold) and total antioxidant capacity (2.5-fold), compared to their intact leaves.

1. GİRİŞ

Günümüzde ortaya çıkan yeni tüketici profili nakit açısından zengin, zaman açısından fakir terimleri ile ilişkilendirilmektedir ve bu tüketiciler yemeye hazır ürünlere artan bir talep göstermektedirler. İnsanlarda gelişen sağlık bilinci ile son zamanlarda meyve ve sebze tüketiminde artış görülmektedir. Bu nedenle minimum işlenmiş meyve ve sebze sektörü tüketici davranışlarındaki değişimlerin bir sonucu olarak son yıllarda hızla büyümektedir (Martin-Diana ve diğ., 2008). Özellikle minimum işlenmiş meyve ve sebzeler diğer tüketime hazır ürünlerin arasında taze, sağlıklı ve orijinal aromaya sahip olma özelliği ile öne çıkmaktadır (Ergun ve diğ., 2008).

Minimum işlenmiş meyve ve sebzeler, herhangi bir yaş meyve ve sebzenin fiziksel olarak orijinal formdan (yıkılarak, kabukları soyularak, çekirdekleri ve çekirdek evleri çıkartılarak, doğranarak ve dilimlenerek) modifiye edilmiş %100 yenilebilir ürün haline dönüştürüldükten sonra ambalajlanması ve soğuk muhafaza edilmesi ile elde edilen üründür. Minimum işlenmiş ürünler, meyve ve sebzeler farklı kesim ve paketlenme yöntemleri ile her türlü meyve ve sebzeyi ve bunların karışımlarını içermektedir (Ergun ve Ergun 2007, Ergun ve diğ., 2008, Martin-Diana ve diğ., 2008, Rojas-Graü ve diğ., 2008). Dilimlenmiş meyve ve sebze üretmenin amacı, ürünlerin canlılığını, tadını ve tazeliğini koruyarak hazırlanması daha sonra ambalajlanması ve kullanışlı, güvenli ve yemeye hazır ürünler elde etmektir (Nicola ve diğ., 2009).

Kurutma veya konserve gibi gıda işleme tekniklerinin aksine, taze kesilmiş işlemin amacı raf ömrünü uzatmak veya ürünleri korumak değildir. Aslında taze kesilmiş ürünler, üretildikleri bütün haldeki ürünlere göre ısıya daha hassas ve daha çabuk bozulan yapıda olmaktadır. Taze kesilmiş ürünler işleme, dağıtım ve pazarlama sırasında sıcaklık 0 ve 5°C arasında tutulmalıdır. Eğer sıcaklık kontrol altında tutulmazsa, önemli kalite kayıpları ve hızlı mikrobiyolojik bozulmalar meydana gelir (Wiley, 1994).

Yapılan araştırmalar insanların beslenmesinde meyve ve sebze tüketimiyle kansere yakalanma riski arasında ters ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Steinmetz ve Potter, 1996; Kaur ve Kapoor, 2001). Bu sebeple meyve ve sebzelerin fitokimyasal profilinin yani kimyasal parmak izinin çıkarılması ve antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi bazı spesifik kanser türlerindeki klinik çalışmalara ışık tutması açısından önem arz etmektedir (zgen ve Scheerens, 2006).

Minimum işlenmiş meyve ve sebzeler, hazır ambalajlı salatalar, yerel olarak yetiştirilen ürünler ve egzotik ürünler gibi yeni yüzlerce çeşit ve minimum işlenmiş ürünler ile 1980’li yılların başından bu yana tanışılmaktadır ve gün geçtikçe ürün yelpazesi genişlemektedir. Süpermarket reyonlarında 1970’lerin ortalarında 150, 1980’lerin sonlarında 250 ve günümüzde 400 kadar ürün yer almaktadır. Ayrıca, taze kesilmiş ürünleri vurgulayan etnik, gurme ve doğal gıda mağazalarının sayısı artmaya devam etmektedir. Kolay tüketim ve tutarlı kalite özelliklerinden dolayı paketlenmiş salatalar en popüler taze kesilmiş ürün olmaya devam etmektedir. Günümüzde, paketlenmiş salata tüm reyonlardaki ürünlerin satışının yaklaşık %7’sini oluşturmaktadır. Örneğin Amerika’da paketlenmiş salatalar marketlerde şişelenmiş sudan sonra en hızlı satılan ikinci ürün haline gelmişti (Bhagwat, 2006; Garret, 2002).

Mevcut literatürde işlemenin antioksidanlar üzerindeki etkisine ilişkin oldukça farklı sonuçlara rastlamak mümkün olup, etkinin hala net olarak tespit edilemediği görülmektedir. Araştırma bulgularının, kullanılan meyve ve sebzelerin çeşidi veya cinsinden, işleme yönteminden ve ortam koşullarından etkilenmesi de durumu daha karmaşık hale getirmektedir. Bu çalışmada, içerdiği antioksidan özellikteki bileşenler sayesinde sağlık üzerinde önemli etkileri olduğu tespit edilen marulun kesilmesinden sonra antioksidan kapasitesinde ve toplam fenolik ve flavonoid madde içeriğinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR

2.1 Taze Kesilmiş Meyve ve Sebze

Günümüz tüketicileri tarafından dilimlenmiş ürünler lezzetli, kullanışlı, sağlıklı, düşük kalorili ve taze olarak algılanması nedeniyle en çok arzu edilen gıdalardan biri haline gelmektedir. Özellikle yapraklı sebzeler beta karoten ve askorbik asit gibi antioksidanların zengin kaynağıdır ve bu ürünlerin tüketimi ile bazı kronik rahatsızlıklara yakalanma olasılığını azalmaktadır (FDA, 2001; Ergun ve diğ, 2008; Martin-Belloso ve diğ, 2008; Rojas-Graü ve diğ, 2008). Bu özelliklerin tamamı, zamanı kısıtlı ve sağlık bilinci olan müşteriler için güçlü tercih nedeni olmaktadır. Minimum işlenmiş meyve ve sebze sektörü geçtiğimiz 20 yılda sağlam bir büyüme yaşamıştır, buna örnek olarak da artan tüketim, okul kantinlerinde, hastanelerde, süpermarketlerde ve restoranların menülerinde artan ayrılmış alan ve satış verileri gösterilmektedir (FDA, 2001).

Günümüzde bazı meyve ve sebzelerin içerdiği antioksidan maddelerin kanser, kalp ve damar hastalıklarına karşı koruyucu etkisinin vurgulanması sayesinde artık tüketiciler antioksidan maddelerce zengin ürünleri tercih etmeye başlamışlardır; dolayısı ile ürünlerin antioksidan kapasiteleri onların kalite kriterleri arasına girmiştir (Özgen ve Tokbaş, 2007).

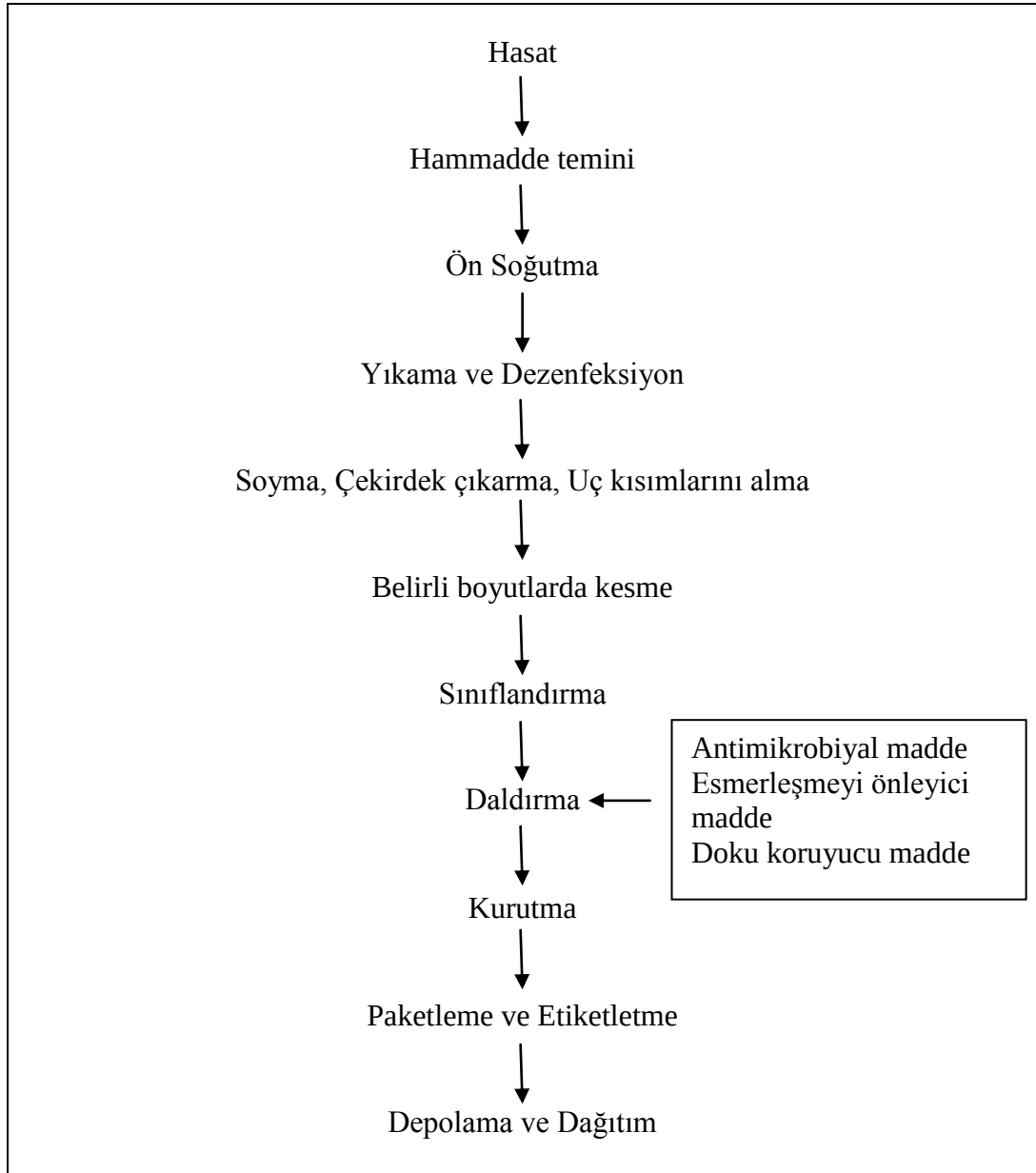
Öte yandan, tüketime hazır gıdalar ile beslenen tüketiciler için taze kesilmiş ürünler çok uygun bir tercihtir. Yıkanmış, uygun büyüklüklerde kesilmiş ve paketlenmiş taze meyve ve sebzeler, tüketicilere ayaküstü sağlıklı yemek yemeyi ve yemek hazırlamak için gereken zamandan tasarruf sağlar. Örneğin, okullarda ve işyerlerinde ki otomatlarda minimum işlenmiş meyvelerin kullanılabilirliği, obezite ve beslenme ile ilgili hastalıkların nüfusun büyük yüzdelerini ciddi şekilde etkilediği bu zamanlarda atıştırmalıkların besin kalitesini artırmak için mükemmel bir strateji oluşturacaktır (Olivas ve Barbosa-Canovas, 2005). Taze kesilmiş ürünlerin başarısının diğer nedenlerinden birisi de %100 tüketim malzemesi olup, atık kısmın olmamasıdır. Atık kısım soyulmuş kısım ve çekirdeklerden oluşmaktadır, geri

dönüşüm yapılabilir. Taze kesilmiş ürünler kullanılırken, evde hazırlanması için gerekli olan iş gücünden ve zamandan önemli ölçüde kazanç sağlanmaktadır (Garcia ve Barret, 2005).

Meyve ve sebzelerin taze durumda işleme fikri hazır salatalar ile başlamıştır ve şimdi dilimlenmiş meyve ve diğer sebzelerle ürün yelpazesi genişlemektedir. Taze dilimlenmiş meyve ve sebze sektörü, hammadde olarak meyveleri, sebzeleri, filizleri, mantarları ve otları içermektedir. Bu ürünlere ısı işlem uygulanmaz veya tazelik durumları herhangi bir işlemle değiştirilemez sadece kesme, dilimleme, kabuklarını soyma, küp küp doğrama ve rendeleme işlemleri uygulanmaktadır (Baldwin ve Bai, 2010).

Günümüzde piyasada bulunan taze kesilmiş tropikal meyveler; karpuz, kavun, mango, greyfurt, rambutan, jackfruit, papaya, ananas, şadok, durian ve meyve karışımlarını içermektedir. Piyasada bulunan taze kesilmiş salatalarda doğranmış yapraklı sebze ve karışımlarını içermektedir. Yemek pişirmek için hazırlanmış olan taze kesilmiş sebzeler ise soyulmuş mini (baby) havuçları, mini (baby) mısırları, brokoli ve karnabahar çiçekleri, kesilmiş kereviz sapları, doğranmış lahanayı, kesilmiş kuşkonmazı, kızartmalık karışımları ve kesilmiş patatesleri içermektedir. Taze kesilmiş otlar da yaygın olarak pazarlanmaktadır (James ve Ngarmak, 2010).

Meyve ve sebzelerin metabolizmaları hasat edildikten sonra da aktiftir; bu nedenle kolay bozulabilen gıdalardır. Tüketicilere sunulan meyve ve sebzelerin kalitesi; çeşidine, yetiştirme koşullarına, muhafazaya ve depolama koşullarına kadar çeşitli nedenlere bağlıdır. Taze dilimlenmiş meyve ve sebzeler işleme sırasında mekanik işlemlere uğradıkları için işlem görmeyen tam meyve ve sebzelere göre daha çabuk bozulabilmektedir (Ergun ve Ergun, 2007). Taze dilimlenmiş meyve ve sebze üretiminin akış şeması Şekil 1.1’de yer almaktadır.



Şekil 2.1 : Taze kesilmiş meyve ve sebzelerin üretim akış şeması

Dilimlenmiş meyve ve sebzelerin raf ömrü en az 4-7 gün olup piyasada 21 güne kadar uzayan raf ömrüne sahip olmaları tercih edilmektedir. Soyma, rendeleme ve kesme işlemleri sonrası nispeten kararlı yapısı bozulan ürünün raf ömrü birkaç hafta ya da ay azalmaktadır, çabuk bozulan ürünlerin raf ömrü ise soğuk depolanmasında bile 1-3 gün kadardır (Jongen, 2002).

Dilimlenmiş meyve ve sebzelerin raf ömrü süresinde yüzeyde kuruma ve nem kaybına bağlı olarak renk kalitesinde kayıp gözlenebilmektedir. Ayrıca işleme sırasında oluşan fizyolojik strese tepki olarak ürün solunumunu arttırmakta,

dokuların parçalanması ile enzim aktivitelerinde artış göstermektedir (Ayhan ve diğ., 2006, Küçükbaşmacı-Sabır, 2008).

Klimakterik özellik göstermeyen meyve sebzelerde düşük O₂ ve yüksek CO₂ kompozisyonuna bağlı olarak dokularda yumuşama ve renk kayıpları görülebilmektedir (Ayhan ve diğ., 2006). Dilimlenmiş meyve ve sebzelerde sertliğin korunması için kalsiyum çözeltilerine daldırılması en çok uygulanan yöntemdir. Bununla birlikte Modifiye Atmosfer Paketleme yöntemi, ürünlerde su kaybını, metabolik aktiviteyi, mikrobiyal gelişimi, etilen biyosentezini ve faaliyetini azaltarak raf ömrünü uzatmaya yardımcı olmaktadır (Küçükbaşmacı-Sabır, 2008).

Özellikle tropik ve subtropik meyveler için kısa raf ömrü ve dayanıksızlık, mikrobiyal gelişim ve besin kaybı gibi faktörler pazarlamada büyük problem teşkil etmektedir. Özellikle dilimleme aşamasında meydana gelecek olan doku zedelenmeleri ve yaralanmalar enzim ve substratların açığa çıkmasını sağlamakta ve enzimatik aktivite artışı ile kalite kayıplarına neden olmaktadır. Bu durumda dilimlerin iç ve dış yüzeylerinde esmerleşme, bozulma, yumuşama ve aroma kaybı gibi değişimler meydana gelmektedir. Meydana gelen değişimler sonucunda solunum hızı artmakta ve raf ömrü optimal şartlar altında bile 1-2 haftadan 1-3 güne kadar azalmakta, diğer ürünlerden daha hızlı bozulma gözlenmektedir (Erbay, 2007). Bununla birlikte sıcaklık kontrolü meyvelerin ve sebzelerin dilimlenmesi sonucu ortaya çıkan kalite kayıplarını en aza indiren ve en yaygın kullanılan önemli bir tekniktir, taze dilimlenmiş ürünlerde depolama sırasında 0°C'nin biraz üzerindeki sıcaklıklar kabul edilmektedir. Fakat çoğu ürün sevk edilirken ve marketlerde satılırken 5°C sıcaklıkta bulunmaktadır hatta bazen sıcaklık 10°C'lere kadar yükselmektedir. Aşırı dolu raflar hava akımını bloke ederek geri gönderir ve ürünün rafta durduğu pozisyon önemli ölçüde ürün sıcaklığını etkilemektedir (Martin-Belloso ve diğ., 2008).

Tüketiciler genellikle kolaylık, tazelik, sağlıklı beslenmek, güvenlik ve yemek deneyimi için taze kesilmiş ürünleri satın almaktadır. Bu nitelikler için artan tüketici talebi aslında, taze kesilmiş ürün sektöründe önemli yeniliklere ve ürün çeşitlendirilmesine yol açmıştır. Taze kesilmiş ürünün üretimi diğer ürünlerin üretimine göre daha az işlem ile ürünün üretimini sağlasa da, gereken teknolojik yatırımlar, ekipmanlar, yönetim sistemleri, gıda güvenliği ilkelerinin sıkı bir şekilde

uygulanması ve kaliteli ürün eldesini sağlamak için uygulamalar gibi üretim ihtiyaçları daha fazladır (James ve Ngarmak, 2010).

2.2 Minimum İşlem Görmüş Meyve ve Sebze Tüketici Eğilimleri ve Pazar Durumu

Çoğu meyve ve sebzeler, düşük düzeyde yağ ve yüksek düzeyde çoğu insan vücudu tarafından sentezlenemeyen bir dizi vitaminler, mineraller, lifler, biyoaktif bileşikler gibi beslenme açısından önemli bileşikleri içeren düşük fiyatlı yiyeceklerdir. Değişen beslenme alışkanlıkları örneğin; atıştırma alışkanlıkları, ürünün kullanılabilirliği ve vejetaryenlik yönünde artan bir eğilim ve sağlıklı beslenmede modern tüketicinin yaşam tarzına uyması bu ürünler için artan bir talep ortaya çıkarmıştır (Fontana ve diğ., 2009).

Günümüzde taze kesilmiş ürünler yeni bir ürün değildir, tüketiciler 1930'lardan beri bu ürünlere marketlerde ulaşabilmektedir. Fakat bu ürünlerin popülerliği son 10 yıl içerisinde katlanarak artmaktadır, bu da sektörün giderek büyümesine sebep olmaktadır. Tüketicilerin gelişen sağlık bilinçleri, artan kullanışlı ürün talepleri ve ambalaj teknolojisindeki gelişmeler taze kesilmiş ürün sektörünün genişlemesine sağlamaktadır (Çizelge 2.1). İlk olarak, hazır yemek servisi sektöründe genişleme olmuştur. 1980'li yıllarda, Mc Donalds ve Burger King gibi hızlı hazır yemek servisi yapan restoranların sayısında patlama yaşandı ve böylece bu restoranların salata barlarında ve hazır yemeklerinin içerisindeki kullanımlarından dolayı taze kesilmiş ürünlere gün geçtikçe artan bir talepleri oldu. Bu artan talep çiftçileri işleme tesislerine yatırım konusunda cezbetmiştir. Talepteki artış, taze kesilmiş sanayindeki; hammadde temini, paketleme teknolojisi, işleme ve soğutma ekipmanları ile ilgili sorunları gidermek için araştırma ve geliştirme yatırımlarını arttırmaya yol açmıştır. Fast food sektöründe popülerlik kazandıktan sonra taze kesilmiş ürünlerin, perakende satışına başlanmıştır.

Çizelge 2.1: Bazı ülkelerin minimum işlem görmüş sebzelerinin tahmini satış değerleri

Ülkeler/Bölgeler	Tahmini satış değerleri (milyar dolar) 2006-2008 yılları arasında	Kaynaklar
ABD	15.5	Cook, 2008
Avrupa	4.5	Palmer, 2009
İngiltere	1.5	Palmer, 2009
Fransa	0.8	Nielsen, 2007
İtalya	1.1	Nielsen, 2007
Avustralya	1.2	Avustralya Gıda İstatistikleri, 2007
Japonya ve Kore	3.7	Kim, 2007
Tayland	0.4	Kitikanya,2008

Uluslararası çalışmalar sonucunda geliştirilen taze ürün ambalajlarında özel bir film kullanılmış olup, bu ambalajlar yeşil salataların solunumunu düzenleyip ve ürünün bozulma hızını yavaşlatmaktaydı. Amerika’da Grimway Çiftliği ülke çapında süpermarketlere ve okul öğle yemeği programları için bu yeni ambalaj ile üretilmiş mini (baby) havuçların dağıtımını gerçekleştirmiştir. Bu iki öncü ürün taze kesilmiş ürünlerin perakende satışında başarılı olan ilk ürünlerdir. Endüstrinin genişlemesine yol açan bu ürünler, son zamanlarda meyveleri de kapsayarak hızlı servis yapan restoranlarda ve perakende mağazalarında daha fazla yer almaktadır (Marshall ve Mayen, 2005).

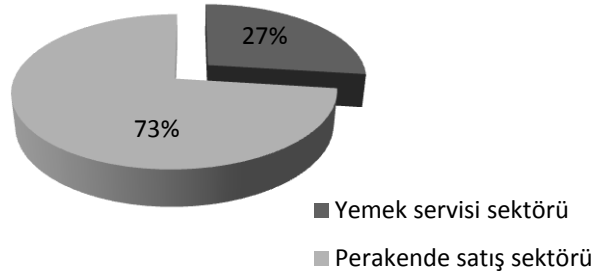
2.2.1 Amerikan Ülkeleri’nin tüketici eğilimleri ve pazar durumu

Son yıllarda Amerika’da minimum işlenmiş ürünlerin tüketiminde patlama yaşanmıştır, özellikle bu ürünlerin üretimi ve tüketimi Kuzey Amerikada gerçekleşmektedir. ABD bu konuda liderliği sağlamaktadır. ABD’de ilk taze kesilmiş ürünler piyasaya 1940 yılında çıkmıştır, fakat ürünler ikinci kalite ve şekilsiz üretilmiştir, ürünlerde kalite öngörülemez ve raf ömrü çok kısıtlı olmuştur. 1970’lerin ortalarında, fast food restoran zincirlerinde, taze kesilmiş marul ve doğranmış soğan kullanılmış; 1980’lerin ortalarında ise salata barlar açılmış ve taze kesilmiş ürünler konserve ürünlerin yerini almaya başlamıştır (Garret, 2002).

1980’lerde, ABD’de McDonald’s ve Burger King gibi fast food restoranları sektörlerinde patlama göstermişlerdir, bu yüzden taze kesilmiş ürünler restoranların salata barlarında ve hazır paketlenmiş salatalarda kullanılmaktadır, özellikle taze

kesilmiş marullar daha fazla kullanılmaktadır. Sonuç olarak, 2006 yılında ABD’de yalnızca McDonald’s 80 milyon pound (yaklaşık 36288 ton) salata yeşillikleri, sandviçlerin içinde kullanılan 100 milyon pound (yaklaşık 45360 ton) yaprak marul ve aysberg marul, 30 milyon pound (yaklaşık 13608 ton) domates, 54 milyon pound (yaklaşık 24494 ton) elma ve 6.5 milyon pound (yaklaşık 2722 ton) üzüm kullanmıştır (McDonald’s, 2006).

2006 yılında, ABD’de taze kesilmiş ürünlerin %27’si yemek servisi sektöründe satılmıştır, %73’ü ise perakende olarak satılmıştır (Şekil 2.1). Taze kesilmiş ürün satışları 1999 yılında 3.3 milyar dolar, 8 yıl içerisinde satışlar 15.5 milyara yükselmiştir. Taze kesilmiş sebze ve paketlenmiş salata satışları büyüyen bir trend göstermiştir, taze kesilmiş meyve satışları ise gerilemiştir (Cook, 2009).



Şekil 2.2 : ABD’de taze kesilmiş ürünlerin sektörel satış yüzdeleri (2006)

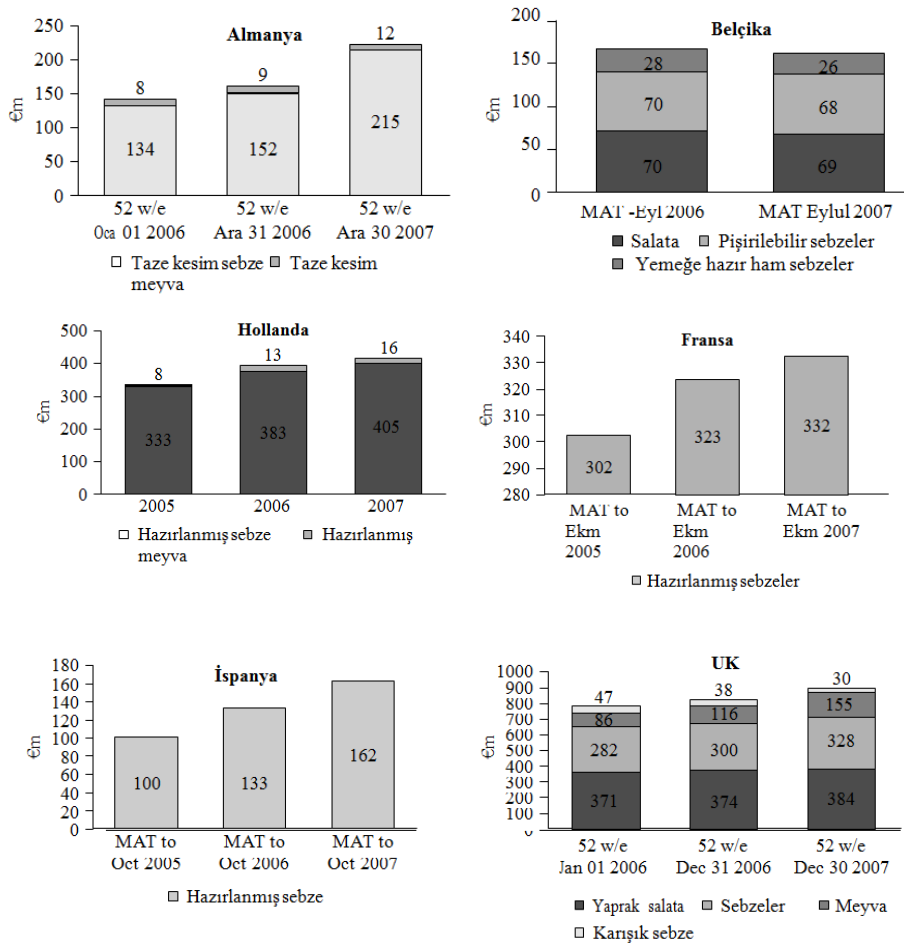
2011 yılında ulusal taze kesilmiş ürünün perakende satışı 11 milyar dolar, toplam perakende ürün satışının %16’sına eşittir ve taze kesilmiş ürün satışının %61’ini salatalar, %12’sini meyveler ve %27’sini sebzeler oluşturmaktadır. Yemek servisi satışlarının yaklaşık %60’ı taze kesilmiş ürünler oluşturmaktadır ve satış miktarı yaklaşık olarak 16 milyar dolardır. ABD’de toplam taze kesilmiş ürün satışı yaklaşık olarak 27 milyar dolardır (Cook, 2011).

2.2.2 Avrupa Ülkeleri’nin tüketici eğilimleri ve pazar durumu

Avrupa’da, taze kesilmiş ürünler Florette Grubu tarafından 1980’lerin başında Fransa’da tanıtılmıştır. Avrupa’daki ilk taze kesilmiş sebze üretiminden sonra İngiltere, İtalya ve İsviçre gibi diğer ülkelere ihracat için çeşitli faaliyetlere başlamıştır. Taze kesilmiş ürünler her ülkenin tüketici tercihlerine, üretimine, dağıtımına ve mevzuatına göre adapte edilmiştir. Taze kesilmiş meyve ve sebze

piyasası Avrupa ülkeleri arasında farklılık göstermektedir. Taze kesilmiş ürün sanayisi İngiltere, Fransa ve İtalya başta olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde hızla gelişmektedir. Son 10 yılda, yemeye hazır karışık paketlenmiş salatalar İngiltere gıda sektörünün en büyük başarılarından biri olmuştur (Garner, 2008).

İngiltere sektörde liderdir, 2004 yılında 120.000 ton taze kesilmiş salata tedarik etmiştir; Fransa 77.000 ton taze kesilmiş ve ızgara/haşlanmış sebze ile takip etmektedir. 2004 yılında İtalya’da ise satışlar 42.00 tonu aşmıştır (Nicola ve diğ., 2006). Günümüzde, taze kesilmiş meyve ve sebze piyasasında en büyük büyümeyi gösteren ülkeler Almanya, Hollanda ve İspanya’dır (Şekil 2.2) Avrupa’da yılda kişi başı ortalama 3 kg taze kesilmiş ürün tüketilmektedir. Örneğin, İngiltere’de bu oran 12 kg, Fransa’da 6 kg, İtalya’da 4kg civarındadır (Garner, 2008).



Şekil 2.3: Avrupa marketlerinde minimum işlenmiş meyve ve sebze trendi

2.2.3 Asya Ülkeleri'nin tüketici eğilimleri ve pazar durumu

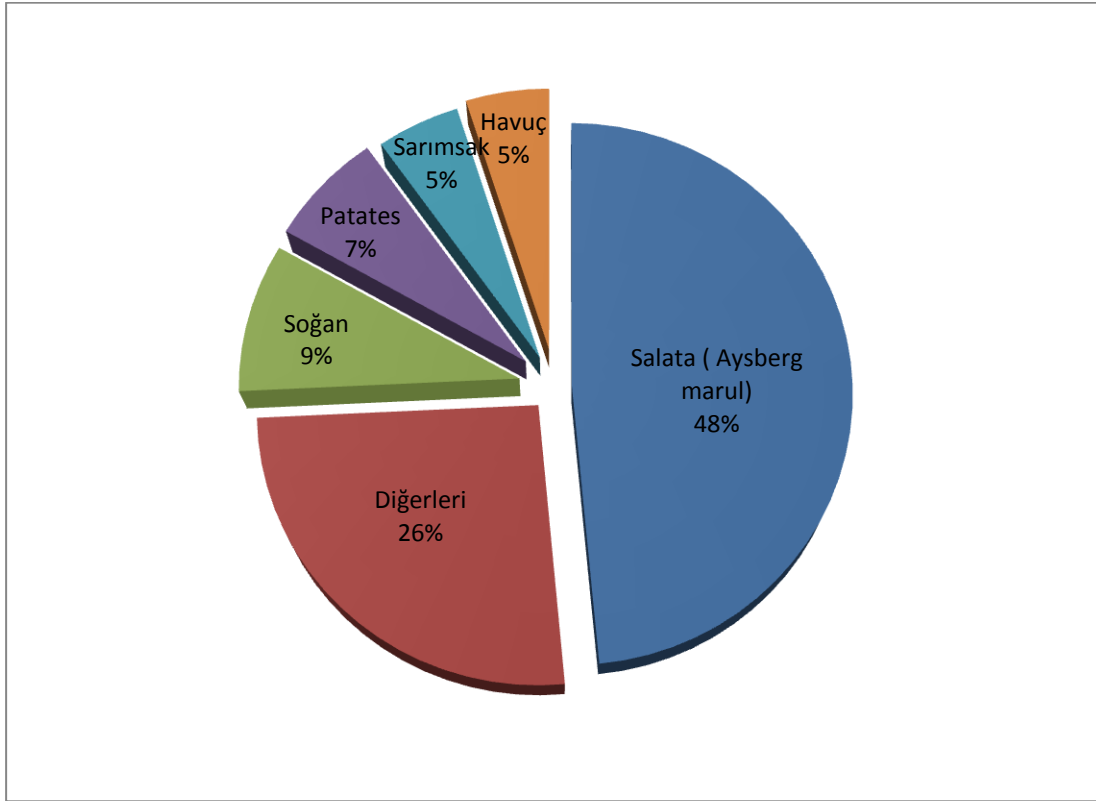
Birçok Asya ülkesinde taze kesilmiş ürünler açık hava pazarlarında ve gıda stantlarında satılmaktadır ve gün geçtikçe süpermarketlerde satışı artmaktadır. Taze kesilmiş meyveler özellikle kent merkezlerinde popülerlik kazanmıştır. Genellikle bu ürünler soğutma işlemi olmadan satılır ve raf ömürleri uzun değildir ve günün sonunda çoğunluğu bozulmaktadır (Sanguanpuag ve diğ., 2007).



Şekil 2.4 : Kore’ de minimum işlenmiş meyve ve sebzelerin satışa sunulduğu bir açık hava pazarı

Tayland’da taze kesilmiş sebzeler , taze kesilmiş meyvelere göre daha büyük bir pazar payına sahiptir. Taze kesilmiş ürünler için artan tüketici talepleri doğrultusunda Tayland’da sürekli büyüme trendi göstermektedir. Piyasada Kore Cumhuriyeti 1990’lı yıllardan ve Japonya 1980’lerin sonundan beri istikrarlı bir büyüme trendi göstermiştir (Kim, 2007).

Kore’de taze kesilmiş sebzeler arasında en popüler olan ürün taze kesilmiş marul salatasıdır, satın alınma yüzdesi %48.7’dir (Şekil 2.4). Japonya’da aysberg marul, soğan, lahana, turp, salatalık, tatlı biber, havuç, Çin lahanası, karpuz, ananas, ve kavun en popüler taze kesilmiş meyve ve sebzeler arasındadır. 2002 yılında, Japonya’ da taze kesilmiş sebze üretimine toplam ürün girişi 92.672 ton olduğu bildirilmiştir (Izumi, 2007).



Şekil 2.5 : Kore’de minimum işlenmiş sebzelerin satın alınma miktarına göre dağılımı (2005)

2.3 Marulun Kimyasal Kompozisyonu ve Yetiştirilme Koşulları

Marul bir yabancı ot olarak kabul edilen yabani maruldan (*Lactuca serriola*) türetilmiştir. Marul, papatyagiller familyasındandır. Latince adı *Lactuca sativa*’dır. Anavatanı Orta Asya ve Akdeniz’dir. Bitki türü ise yapraklı yıllık sebzedir. Marullar, örtü altında tohum yastıklarına, yetiştirme kaplarına/viyollere veya doğrudan toprağa ekilerek yetiştirilebilmektedir. Marul gruplarının sıcaklığa karşı duyarlılıkları farklılık gösterir. Sıcaklığa karşı baş salatalar orta derecede hassas, yaprak salatalar daha az

hassastır. Islah çalışmaları ile yüksek sıcaklıklara dayanıklı, çiçeklenmeyen yazlık çeşitler geliştirilmiştir (Anonim, 2012).

Marul pH değeri 5.5–7 olan topraklarda yetişir. Toprağın pH'sı 5.5'den daha düşük olduğu zaman marul iyi yetişmez; pH 7'den yüksek ve kalsiyumu fazla olduğunda mangan, potasyum, demir, fosfor, çinko, magnezyum, bor alımı engellenir. Topraktaki nemin kontrolü çok önemlidir. Şiddetli yağmurlar baş oluşumu evresinde yağarsa büyük fakat gevşek başlar oluşur. Marulun saçak kökleri toprağın 25-30 cm'lik kısmında bulunur. Bu nedenle bu kısımdaki toprak organik madde ve besin maddelerince zengin ve nemli olmalıdır. Marul toprak tuzluluğuna orta derecede hassastır. Suda 2-4 ppm bora dayanıklıdır. Tuz fazlalığı tohum çimlenmesinde olumsuz etki yaratmaktadır. Böyle durumlarda tohumlar çimlenmez veya çimlenenler büyüyemez, başlar küçük kalır. Marul, büyüme periyodu boyunca aynı miktarda toprak nemini, yetiştiği ortamda bulmak ister. Tarlaya dikimden sonra eğer yağış mevsimi değilse, en geç 12 gün içerisinde sulama yapılmalıdır. Baş bağlama devresinin başından hasat sonuna kadar sulama aralıkları 8 günden daha uzun olmamalıdır. Çok sıcak havalarda sulama, mutlaka sabah erken saatlerde yapılmalıdır. Aksi halde fizyolojik hastalıklara yakalanma olasılığı artar (Anonim, 2011).

Marullarda hasat yetiştirme dönemleri çeşitlere göre farklılık göstermektedir. Sonbahar yetiştirme döneminde vejetasyon dönemi biraz daha uzundur. Yaprak salatalar en erken hasada gelen salata tipidir. Kıvrıcık baş salatalarda dikim hasat arasındaki süre diğer tiplerden daha uzun sürmektedir. Kıvrıcık baş salatalar erken ilkbaharda dikim yapıldığında dikim hasat süresi çeşide göre 55–120 gün arasında değişirken, yağlı baş salatalar ve marullarda 55–80 gün, yaprak salatalarda 40–50 güne inmektedir. Ancak hava sıcaklığının fazla olması salata ve marullarda bu sürelerin kısalmasına neden olur. Sonbahar dönemlerinde bu süre açıkta 140 gün, örtü altında 120 güne kadar çıkabilmektedir (Anonim, 2011).

100 gr marulda yaklaşık 13-17 kalori, 0.90-1.36 gr protein, 0.14-0.30 gr yağ, 2.23-3.29 gr karbonhidrat, 94.61-95.64 gr su, 18-36 mg Ca, 0.41-1.24 mg Fe, 5-20 mg Na, 141-247 mg K, 502-7405 IU vitamin A, 0.042-0.090 mg B6 vitamini, 0.13-0.22 mg E vitamini, 0.123-0,375 mg niasin, 2.8-9.2 mg C vitamini bulunur. Çizelge 2.1'de marulun kimyasal kompozisyonu ve miktarları verilmiştir (USDA, 2013).

Çizelge 2.2 : Farklı marul çeşitlerinin kimyasal bileşimi ve miktarları (USDA, 2013)

Kimyasal Bileşenler	Birim	Marul Çeşitleri (100 gr)			
		Yeşil Yapraklı	Aysberg	Göbek	Yedikule
Su	g	94.98	95.64	95.63	94.61
Enerji	kalori	15	14	13	17
Protein	g	1.36	0.90	1.35	1.23
Yağ(toplam)	g	0.15	0.14	0.22	0.30
Karbonhidrat	g	2.87	2.97	2.23	3.29
Lif	g	1.3	1.2	1.1	2.1
Kalsiyum, Ca	mg	36	18	35	33
Demir, Fe	mg	0.86	0.41	1.24	0.97
Magnezyum, Mg	mg	13	7	13	14
Fosfor, P	mg	29	20	33	30
Potasyum, K	mg	194	141	238	247
Sodyum, Na	mg	28	10	5	8
Çinko, Zn	mg	0.18	0.15	0.20	0.23
Vitamin C	mg	9.2	2.8	3.7	4
Niacin	mg	0.375	0.123	0.357	0.313
Vitamin B1(Thiamin)	mg	0.070	0.041	0.057	0.072
Vitamin B2(Riboflavin)	mg	0.080	0.025	0.062	0.067
Vitamin B9(Folate)	µg	38	29	73	136
Vitamin B6	mg	0.090	0.042	0.082	0.074
Vitamin A	IU	7405	502	3312	8710
Vitamin E	mg	0.22	0.18	0.18	0.13
Vitamin K	µg	126.3	24.1	102.3	102.5
Toplam doymuş yağ asidi	g	0.020	0.018	0.029	0.039
Toplam doymamış yağ asidi	g	0.006	0.006	0.008	0.012
Çoklu doymamış yağ asidi	g	0.082	0.074	0.117	0.160

Marul (*Lactuca sativa*), dünyanın birçok yerinde en çok tüketilen sebzedir (Çizelge 2.3). Genellikle bütün olarak satılan ancak hazır yemek sektörüne olan talep artışı nedeniyle taze kesilmiş marulların üretiminde büyük bir gelişme gözlenmiştir (Llorach ve diğ., 2004).

Çizelge 2.3 : Dünya çapında marul üretim miktarları (ton) (Anonim, 2011)

Bölgeler	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Amerika	5,254,327.00	5,009,834.00	4,711,941.00	4,629,189.10	4,887,045.65	4,882,906.05
Asya	14,224,063.00	14,640,571.00	15,118,966.00	15,643,121.40	15,905,989.89	16,495,949.00
Avusturalya	162,832.00	271,251.00	168,707.00	164,543.00	166,100.00	144,637.00
Çin	11,605,250.00	12,005,500.00	12,505,000.00	12,855,099.00	13,004,977.00	13,434,500.00
Avrupa	3,476,105.00	3,433,952.00	3,415,027.00	3,160,985.90	3,076,918.00	2,677,084.00
Fransa	465,353.00	457,864.00	426,723.00	342,746.90	326,985.00	314,041.00
Almanya	303,362.00	311,859.00	316,741.00	346,562.00	308,341.00	340,487.00
Japonya	545,400.00	543,700.00	544,300.00	549,800.00	537,900.00	542,400.00
Kore	160,284.00	154,799.00	138,098.00	146,061.00	141,259.00	116,808.00
İspanya	987,331.00	947,612.00	1,002,800.00	852,988.00	809,390.00	868,436.00
Türkiye	390,659.00	428,059.00	439,641.00	438,038.00	419,298.00	424,252.00
İngiltere	132,600.00	116,100.00	124,170.00	134,300.00	133,900.00	132,500.00
ABD	4,640,749.00	4,360,066.00	4,014,590.00	3,827,390.00	4,105,580.00	4,070,780.00
Dünya	23,406,344.00	23,652,198.00	23,731,640.00	23,871,940.40	24,334,332.54	24,489,059.05

Türkiye’de üretimi yapılan yaprağı yenilebilen sebzeler arasında lahana (beyaz, kırmızı, yaprak, brüksel), marul (kıvırcık, göbekli, aysberg), ıspanak, pazı, semizotu, maydanoz, roka, tere,nane, dereotu gibi sebzeler bulunmaktadır (Çizelge 2.4). 2012 yılında üretimde birinci sırada beyaz lahana (481.511 ton) yer almaktadır, göbek ıspanak (222.225 ton) ve marul (205.463 ton) onu takip etmektedir (TÜİK, 2013).

Çizelge 2.4 : Türkiye’de üretilen yaprağı yenilebilen sebzelerin üretim miktarları (2005-2012) (TÜİK, 2013)

	Yaprağı yenilebilen sebzeler (Ton)														
	Lahana				Marul										
	Beyaz	Kırmızı	Yaprak	Brüksel	Kıvırcık	Göbek	Aysberg								
								Ispanak	Pazı	Semizotu	Maydanoz	Roka	Tere	Nane	Dereotu
2005	492 000	91 000	92 000	900	168 000	204 000	52 000	238 000	6 500	2 750	57 000	2 750	1 600	7 750	2 000
2006	502 081	103 137	80 981	913	151 164	239 495	50 583	242 231	6 110	4 232	53 189	2 497	1 924	9 591	2 456
2007	464 645	101 149	80 490	1 394	140 808	226 723	60 528	235 731	6 497	3 311	48 972	2 557	1 952	9 376	2 637
2008	487 744	104 583	80 825	1 465	144 498	233 424	61 719	225 746	6 480	3 815	52 346	2 940	1 922	9 824	2 677
2009	507 655	114 209	83 487	1 504	141 569	233 552	62 917	225 343	6 396	3 690	58 145	3 592	2 143	10 998	2 837
2010	491 228	118 170	81 953	1 651	131 952	226 144	61 202	218 291	5 211	4 936	56 332	4 058	2 380	11 772	2 978
2011	498 073	121 824	88 466	1 693	138 466	217 378	68 408	221 632	5 184	5 501	54 956	4 524	2 750	12 160	2 836
2012	481 511	133 234	85 023	1 697	145 019	205 463	68 584	222 225	5 953	6 945	56 614	7 689	4 476	12 598	2 901

2.4 Kesme İşleminin Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

“Antioksidan” terimi uluslararası kabul edilmiş herhangi bir tanım ile sınırlanmamıştır. Gıdalardaki antioksidanlar “yağlar gibi kolaylıkla okside olabilen materyallerin oksidasyonunu önleyebilen veya geciktirebilen küçük miktardaki maddeler” olarak tanımlanmıştır. Lipidlerin yanı sıra protein, DNA ve karbonhidrat gibi okside olabilen diğer tüm bileşikleri de içeren diğer bir tanım “okside olabilen substratlara kıyasla düşük konsantrasyonlarda bulunan ve substratların oksidasyonunu önleyen veya geciktiren maddeler” şeklindedir (Becker, 2004).

İnsan vücudunu serbest oksijen radikallerine karşı korumada doğal ve fenolik bileşiklerce zengin meyve ve sebzelerin yararlı olduğu bilinmektedir. Yapılan epidemiyolojik çalışmalarla reaktif oksijen türlerine karşı bitkisel kaynaklardaki fitonutrientlerin yararlı olduğu; meyve ve sebzelerin koruyucu etkilerinin içerdikleri askorbik asit (C vitamini), α -tokoferol (E vitamini), karotenoidler, glutatyon, flavonoidler ve fenolik asitler gibi doğal bileşiklerden dolayı olduğu bildirilmiştir (Halvorsen ve diğ, 2002). Vücudun endojen savunma sisteminin düzenli ve dengeli bir diyetle alınacak antioksidan bileşikler ile desteklenmesi gerekmektedir. Bu yüzden diyetle antioksidan alımında artma veya antioksidanlarla zenginleştirilmiş gıdalar giderek önem kazanmaktadır (Senem, 2008).

Antioksidan terimi genel bir ifade olup, gıdaların antioksidan içerikleri ve antioksidanların biyoyararlanımları gıda maddesinin cinsine, hasat zamanı ve hasat yöntemlerine, iklime, depolama ve muhafaza ortamının ısisına, nemine, ışığına, gıdanın hazırlanması, hatta kişi ve toplumların tüketim alışkanlıklarına göre de değişebilmektedir (Yılmaz, 2010).

Gıdaya ve uygulanan işlemlere bağlı olarak gıda prosesleri gıdanın antioksidan özelliklerini arttırabilir, azaltabilir ya da hiç değişikliğe neden olmayabilir. Yapılan çalışmalar sonucunda antioksidan miktarında meydana gelen değişimlerin uygulanan proseslere (dondurma, pişirme, haşlama, konserve yapılması gibi) bağlı olduğunu göstermektedir. Kabuk soyma, kesme, dilimleme ve doğrama gibi minimal proses işlemlerinin etkileri hakkında ise daha az şey bilinmektedir (Lana, 2008). Son zamanlarda yapılan çalışmalar sayesinde her ne kadar ürüne sonradan doğal

antioksidan ilavesi yapılsa da bunun sadece raf ömrünün artmasına yardımcı olduğu, sağlık yönünden yararlı bir etkisinin bulunmadığı gözlemlenmiştir. Bu açıdan gıdadaki antioksidan kayıplarını minimuma indirmek ayrıca önem taşımaktadır (Nicole ve diğ., 1999).

Taze kesilmiş gıdalarda abiyotik stresin etkileri renk bozulmaları, tat kaybı, yapı bozuklukları, istenmeyen koku oluşumu, doku yumuşaması, membran ve doku bozulmaları ile birlikte oksidatif reaksiyonlara neden olmaktadır. Berelenme diye adlandırılan durum, dilimleme, doğrama, kabuk soyma, çekirdek çıkarma ve rendeleme gibi işlemlere maruz kalma ve stres oluşması olarak tanımlanmaktadır. Gıdanın cinsi ve olgunluğu, kesme koşulları, depolama ve işlem sıcaklıkları ve CO₂–O₂ seviyeleri berelenme stresi üzerine etki etmektedir. Aynı zamanda taze kesilmiş ürünlerde kesme şekilleri de önem taşımaktadır (Anese ve diğ., 1999).

Taze kesilmiş meyve ve sebzelerde dokularda meydana gelen berelenme stresi nedeniyle antioksidan kapasitesinin işlenmiş meyve ve sebzelerde işlem görmemiş olanlara göre daha düşük olacağı düşünülse de yapılan araştırmalar sonucunda bu durumun her zaman geçerli olmadığı, bunun ürüne ve hangi sınıf antioksidandan bahsedildiğine göre değiştiği rapor edilmiştir (Çizelge 2.5) (Lana, 2008).

Çizelge 2.5 : Minimum işlenmiş sebzelerde yapılmış olan bazı çalışmalar (Lana, 2008)

Taze Kesilmiş Ürün	Ekstraksiyon Çözgeni	Analiz Metodu	Antioksidan Değişimi	Referans
Domates	Na-Fosfat etil asit	ABTS	Yok	Lana ve Tijkens, 2006
Patates, Kırmızı lahana	Metanol	DPPH	Azalış	Reyes ve diğ., 2007
Tatlı patates, beyaz lahana, havuç	Metanol	DPPH	Artış	Reyes ve diğ., 2007
Aysberg marul	Metanol, fosfat tamponu	DPPH, FRAP	Artış	Kang ve Saltveit, 2002
Limon	Metanol	DPPH	Yok	Artes-Hernandez ve diğ., 2007
Ispanak	Metanol	DPPH	Azalış	Gil ve diğ., 1999

Yapılan bir çalışmada taze kesilmiş domateslerde likopen, C vitamini, fenolik bileşikler ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisi altı farklı tür domates kullanılarak araştırılmıştır. Domateslerin antioksidan kapasitesi DPPH metodu ile incelenmiştir. Sonuç olarak taze kesilmiş domates ile taze bütün domates arasında antioksidan kapasitesi açısından bir farklılık bulunmamıştır, ancak likopen, C vitamini ve fenolik bileşiklerin miktarlarında azalma gözlemlenmiştir (Odriozalla-Serrano ve diğ., 2008).

Domateslerle ilgili yapılan bir başka çalışmada ise taze kesilmiş domateslerde kesme ve olgunluğun antioksidan kapasitesi üzerine etkilerini incelenmiştir. Çalışmada domatesler olgunluk evrelerine göre üç sınıfa ayrıldıktan sonra dilimlenmişlerdir. Antioksidan aktivitesi ABTS yöntemi ile belirlenmiştir. Toplam antioksidan aktivitesi değeri hidrofilik antioksidan aktivitesi (HAA) ve lipofilik antioksidan aktivitesi (LAA) değerlerinin toplamı şeklinde bulunmaktadır. Deney sonucunda kesme işleminin HAA seviyesinde azalmalara neden olduğu; LAA derecesinde ise önemli bir etkisinin bulunmadığı gözlemlenmiştir. Hem lipofilik hem hipofilik antioksidan aktivitesinin olgun meyvelerde daha yüksek olduğu ve depolama sırasında olgunlaşmanın HAA’da değişiklik bulunmaz iken LAA’da artışa neden olduğu bulunmuştur (Lana ve Tijkens, 2006).

Marullar üzerine yapılmış olan bir çalışmada, göbek ve normal çeşit marul üzerine berelenme stresinin etkileri incelenmiştir. Fenolik madde konsantrasyonu Folin-Ciocalteu yöntemi ile belirlenmiştir. Örnekler 45°C’lik suda 2.5 dakika şok sıcaklığa maruz bırakılmış ardından elde edilen berelenmemiş örnek değerleri ve şok sıcaklık uygulanmayan örneklerin değerleri karşılaştırılmıştır. Antioksidan kapasitesi DPPH ve FRAP yöntemi ile ölçülmüştür. Sonuçlara göre, göbek marulunun fenolik madde içeriği %330 ve %225 oranında arttığı bulunmuştur. Aynı zamanda şok sıcaklık uygulamasının da berelenme kaynaklı artışlarda azalmaya neden olduğu ama bu uygulamanın geç gerçekleşmesinin azalma miktarını düşürdüğü saptanmıştır (Kang ve Saltveit, 2002).

Doğranmış soğanda yapılan bir çalışmada, doğranmanın antioksidan özelliği gösteren kuersetin flavonoidi üzerindeki etkisi incelenmiştir. 4°C’de 11 gün depolanan doğranmış ve bütün haldeki soğanlarda kuersetin miktarında bir değişim olmadığı görülmüştür. 11-30 gün arası bekleme sonrası kuersetin miktarında %19.5-22

oranında artış olduğu görülmüştür. Bu çalışmaya göre soğanda minimal prosesin kuersetin üzerine doğrudan önemli bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir (Martinez ve diğ., 2005).

Soğan üzerine yapılan bir başka çalışmada ise soğanların doğranması ve kaynatılması gibi ev tipi proseslerin flavonol bileşikleri ve antioksidan kapasitesi miktarı üzerindeki etkisini inceleyen bir araştırma yapılmıştır. Doğrama ve maserasyon işlemlerinin glukozit ve kuersetin üzerine çok az etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ancak bunun büyük ihtimalle sürenin kısıtlılığı ile ilgili olduğu düşünülmüştür, çünkü soğan maserasyonunun 5 saati geçmesi sonunda kuersetin miktarının önemli ölçüde azaldığını gösteren çalışmalarda bulunmaktadır. Benzer şekilde gerçekleştirilen bir başka çalışmada kuşkonmaz ile yapılmıştır. Kuşkonmazın antioksidan kapasitesinde %18.5 oranında bir azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Ancak soğanda kuersetin 3-4-diglukozit ve kuersetin 4-glukozit miktarları üzerine etkisi bulunmazken, toplam kuersetin miktarında ise %1 oranında azalmaya neden olduğu görülmüştür. Doğramanın antioksidan kapasitesi üzerine olan etkisi flavonoidlerde değişim olmamasına bağlanarak, değişim önemli düzeyde değildir (Makris ve Rossiter, 2001).

Kesme, dilimleme gibi minimal proses işlemlerinin oluşturduğu berelenme stresinin patatesler üzerinde oluşturduğu etki üzerine ilgili çalışmalar mevcuttur. Reyes ve Cisneros-Zevallos (2003) tarafından bu amaçla gerçekleştirilen bir çalışmada berelenme stresi, etilen, sıcaklık ve benzeri abiyotik streslerin patatesteki fenolik madde miktarını etkilemediği bulunmuştur. Bununla birlikte, berelenmenin kontrol değerlerine kıyasla dilimlenmiş dokularda fenolik madde miktarını yaklaşık %60 oranın antioksidan aktivitesini ise %85 oranında arttırdığı bulunmuştur. 80 gr kabuksuz, 20 gr kabuk yapıdan oluşan 100 gr örnekte toplam fenolik madde miktarında sırasıyla %61 ve %41 oranında artış sağladığı belirlenmiştir. Fenolik maddenin antioksidan kapasitesi ise 527 µg Trolox/mg fenolik madde olarak bulunmuştur.

Berelenmiş mor patateslerin incelendiği bir çalışmada ise fenolik madde miktarı bütün olarak dilimlendiği durumda %60 oranında artış göstermiştir. Bu aynı zamanda antioksidan kapasite üzerinde %49-107 oranında artışa neden olmuştur. Klorojenik asidin patatesteki ana fenolik bileşik olması ve bunun berelenme ve berenin

iyileşmesi sırasında sentezlenen ana fenolik madde olması, antioksidan kapasitesindeki artışı açıklamaktadır (Cisneros-Zevalles ve Reyes, 2003).

Karetonoitler açısından zengin olan havuç üzerinede çalışmalar yapılmıştır. Farklı kabuk soyma yöntemleri sonucunda antioksidan bileşiklerinin değişimi ile ilgili yapılan bu çalışmada, havuç kaba zımpara ve ev tipi elle tutulan kabuk soyucular kullanılarak kabuklarından ayrılmıştır. Diskler halinde kesilip 4°C’de 8 gün bekletilirken her gün toplam fenolik madde, toplam karetonoit ve toplam antioksidan kapasitesi değerleri kaydedilmiştir. Makina ile soyma fenolik madde miktarında daha iyi sonuçlar elde edilmiş ve elle soyulan havuç disklerine kıyasla daha yüksek toplam antioksidan aktivitesi içerdiği gözlemlenmiştir. Kabuk soyma yönteminin çeşitliliği ilk başta farklılık göstermesine rağmen, depolama süresi sonunda bir farklılık gözlemlenmemiştir. Toplam karetonoitler açısından bakıldığında, depolama süresi boyunca örnekler incelendiğinde, el ile kabukları soyulan örneklerde çok daha yüksek seviyelerde sonuçlar elde edilmiştir (Kenny ve O’Beirne, 2010).

Turunçgiller ile ilgili olarak, üretilen meyve sularında ve turunçgil parçalarında minimal proseslerin C vitamini, flavonoidler ve antioksidan aktivitesi üzerine etkilerini araştıran bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada antioksidan aktivitesi değerleri DPPH ve TEAC metotlarıyla belirlenmiştir. Çeşitli portakal, mandalin ve greyluft örnekleri üzerinde yapılan çalışma sonucunda minimal proseslerin antioksidan aktivitesi değerleri üzerine önemli bir etkisi olmadığı ancak Salustiana portakalı ve Minneola greyluftunda askorbik asit değerinin büyük ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir. Parçalarda flavonoid içeriği açısından, özellikle hesperidin miktarında artış gözlenirken, meyve sularında flavonoid içeriği azalmıştır (Del Caro ve diğ., 2004).

Yapılan bir başka çalışmada ise portakalda minimal prosesin buzdolabında depolanma koşullarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Portakal örnekleri bütün, elle soyulmuş ve dilimlenmiş olarak normal atmosfer koşulları altında paketlenip 4°C’de 12 gün depolanmıştır. Bu deneyin sonunda karetonitler, flavononlar ve C vitamini ile antioksidan aktivitesi değişimi incelenmiştir. Bütün haldeki örnekte toplam karetonoit içeriği depolama sırasında önemli ölçüde artış gösterirken, kabuğu soyulmuş ve dilimlenmiş örneklerde bariz bir farklılık görülmemiştir. A vitamini miktarında da bir farklılık gözlenmemiştir. Flavanon

içeriğinde ise soğuk stresine rağmen artış meydana gelmiştir. Son olarak DPPH metoduyla antioksidan aktiviteleri ölçülerek değişim olmadığı gözlemlenmiştir (Plaza ve diğ., 2011).

Meyvelerde antioksidan kapasitesi ve antioksidan aktiviteleri ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada kesme işleminin meyvenin biyoaktif bileşenlerine olan etkisi incelenmiştir. Taze kesilmiş ananas, mango, kavun, karpuz, kivi ve çilek örnekleri ile kesilmemiş bütün haldeki örnekler 5°C’de 9 gün boyunca depolandıktan sonra, kesme işlemi sonrası canlılığın kivi örneklerinde 6 günden diğerleri için ise 9 günden az olduğu kaydedilmiştir. Daha sonra meyve örnekleri HPLC ile incelenerek bileşenlerin miktarlarındaki değişimler belirlenmiştir (Çizelge 2.6). Taze kesilmiş meyvelerle birlikte aynı şartlar altında depolanan bütün haldeki meyvelerde raf ömrünün kesilmiş örneklerden daha yüksek olması dışında benzer değerler gözlemlenmiştir. Bu çalışma sayesinde kesme işleminin bu meyvelerdeki antioksidan içeriğini etkilemediği ama raf ömrünü kısalttığı sonucuna varılmıştır (Gil ve diğ., 2006).

Çizelge 2.6: Minimum işlenmiş meyvelerdeki C vitamini, karotenoid ve fenolik bileşiklerin değişimin incelenmesi (Gil ve diğ., 2006)

Meyve	Toplam C vitamini	Karotenoid	Fenolik Bileşikler
Kavun	% 25 azalış	%10-15 azalış	değişim yok
Karpuz	≤ % 5 azalış	değişim yok	değişim yok
Çilek	≤ % 5 azalış	%10-15 azalış	değişim yok
Kivi	% 12 azalış	değişim yok	değişim yok
Ananas	% 10 azalış	% 25 azalış	değişim yok
Mango	≤ % 5 azalış	% 10-15 azalış	değişim yok

İncelenen çalışmalar sonucunda beklenildiğinin aksine kesme, parçalama, dilimleme, doğrama ve kabuk soyma işlemlerinin antioksidan bileşenlerin miktarında artış da oluşturabileceği görülmüştür. Artışın olmadığı durumlarda bile genellikle sonuçlar yakın değerlerde gözlemlenmiştir. Ancak depolama süresi arttıkça antioksidan bileşenlerin miktarında azalma görülmüştür. Bu açıdan kesme ve parçalama gibi işlemlerin oluşturduğu berelenmelerin olumlu etkilerine karşılık saklama/depolama süreleri kısa tutulmalı, ürün çabuk tüketilmelidir. Ayrıca yapılan çalışmalar elde

edilen sonuçların gıda çeşidine, yetiştirme koşullarına, bileşimine, içerdiği antioksidanlara göre büyük farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

2.5 Biyoyararlılık

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi'nin tanımına göre biyoyararlılık, bir ilaç içinde bulunan aktif bileşenlerin veya tedavi edici maddelerin emilim hızı ve aktivite göstereceği bölgedeki yararlılık derecesidir. Bu tanım, aynı zamanda gıdalarda bulunan aktif maddeleri de kapsamaktadır. Bir diğer ifadeyle, biyoyararlılık, alınan besinin normal fizyolojik fonksiyonlarda kullanılmak ve depolanmak için erişilebilir durumdaki kısmıdır (Capanoglu ve diğ., 2010; Parada ve diğ., 2007). Herhangi bir fitokimyasalın biyoyararlılığının değerlendirilmesi için absorpsiyonu, metabolizması, doku ve organlarda dağılımı ve boşaltımı gibi konularda verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan bu tür çalışmalar, hem karmaşık ve pahalı olmaları, hem de ahlaki ve etik soruları gündeme getirmeleri nedeniyle tercih edilmemektedir. Biyoyararlılık çalışmalarında karşılaşılan bir diğer problem de emilimin etkinliği ve alınan besinlerin metabolik kullanımı gibi konuların netlik kazanmamış olmasıdır (Capanoglu ve diğ., 2010).

Günlük yediğimiz yiyeceklerle birlikte aldığımız biyoaktif bileşiklerin ne kadarının vücudumuz tarafından absorbalanıp ne kadarının sağlığımız için faydalı olup olmadığı bilinmemektedir. Bununla ilgili olarakta literatürde oldukça sınırlı sayıda bilgi mevcuttur (Liang ve diğ., 2012). McDougall ve diğ. (2005) *in vitro* sindirim metodunun taze ve işlenmiş gıdalarda fitokimyasalların biyoyararlılığın tespiti için basit ve hızlı bir yöntem olduğunu rapor etmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Bitki Materyali

Çalışmada kullanılan işlem görmemiş ve doğranmış marul örnekleri ERÜST TARIM (Antalya, Türkiye) firmasından temin edilmiştir. Örnekler taze olarak toplanmış ve günlük olarak işlenerek paketlenmiştir. Kırmızı yaprak (Red leaf), Yeşil salad (Green oak leaf), Endivyen (Endive), Yeşil çıtır (Green crunchy lettuce) ve Kırmızı çıtır (Red crunchy lettuce) olmak üzere 5 çeşit marul (Şekil 3.1) ve içerisinde her bir cinsin bulunduğu karışık salata, üretim öncesi ve sonrasında her birinden 3 tekrarlı olacak şekilde, toplamda 33 örnek temin edilmiştir.



Şekil 3.1 : Analizlerde kullanılan marul çeşitleri (1) Endivyen (E), (2) Yeşil salad (YS), (3) Yeşil çıtır (YÇ), (4) Kırmızı yaprak (KY), (5) Kırmızı çıtır (KÇ)

3.1.2 Kullanılan Ekipmanlar ve Kimyasallar

Çalışmada sartorius TE2145 marka hassas terazi, Universal 32R marka santrifüj, Shimadzu UV-1700 spektrofotometre, Grant-SS40-D marka çalkalayıcı, su banyosu, Azaklı ultrasonik banyo, Hevdolph MR3001 marka ısıtıcılı manyetik karıştırıcı, Biohit proline marka otomatik pipet, IKA MSI marka vorteks, kullanılmıştır. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi olarak ise (Kolon: Supelcosil C18, 5 µm, (25 x 4,6 mm) waters 2695 ayırma modülü ve 2996 fotodiyot dizin dedektör kullanılmıştır.

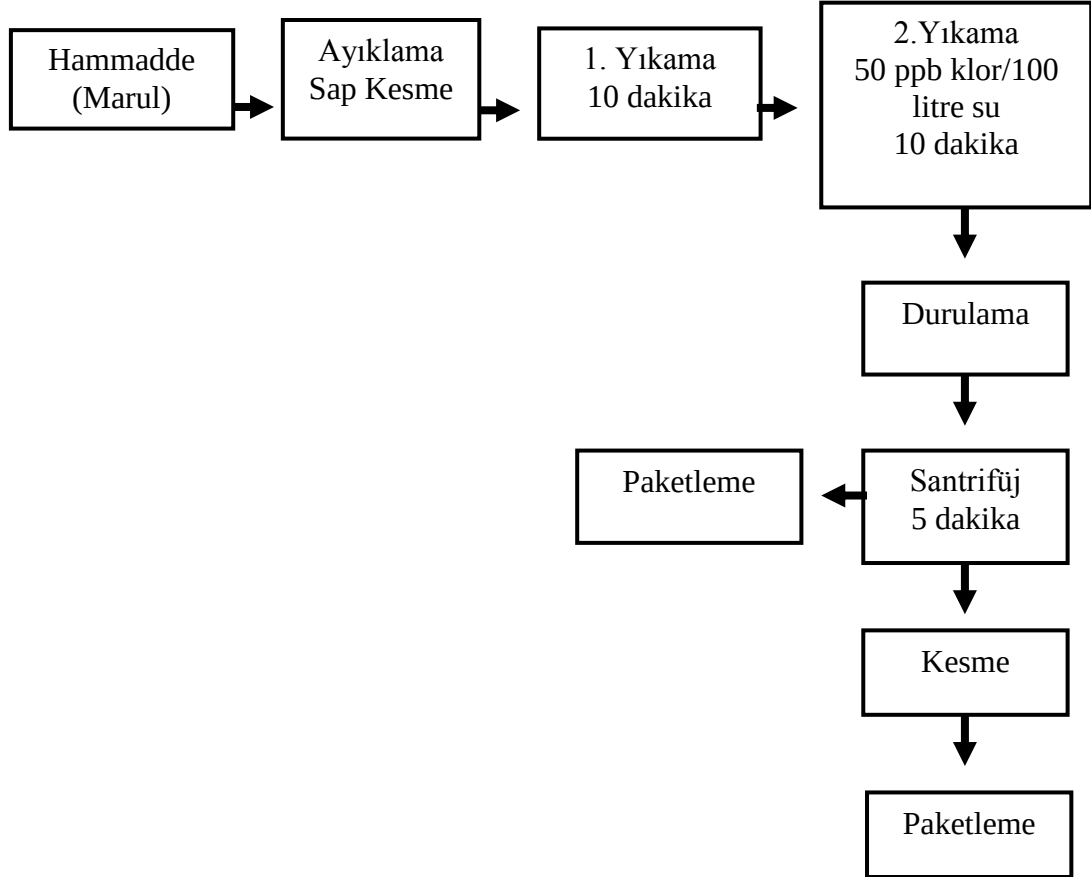
Analizlerde kullanılan gallik asit ($\geq 98\%$), kuersetin ($\geq 98\%$), etanol ($\geq 99.8\%$), Folin-Ciocalteu fenol reaktifi, 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH), potasyum disulfit ($K_2S_2O_5$), ve neocuproin (Nc), metanol ($\geq 99.9\%$), formik asit ($\geq 98\%$), hidroklorik asit ($\geq 37\%$), sodyum karbonat (Na_2CO_3), sodyum nitrit ($NaNO_2$), sodium hidroksit ($NaOH$), sodyum asetat trihidrat ($CH_3COONa.3H_2O$), dipotasyum hidrojen fosfat (K_2HPO_4), potasyum dihidrojen fosfat (KH_2PO_4), bakır (II) klorür ($CuCl_2$) ve amonyum asetat (NH_4Ac), 6-hydroxy-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit (Troloks) ve alüminyum klorür ($AlCl_3$), potasyum klorür (KCl) Sigma-Aldrich Chemie GmbH (Steinheim, Germany) ve Merck KGaA (Darmstadt, Germany) firmalarından temin edilmiştir. Fenolik asit, antosiyanin, flavonoid profillerini belirlemek için kullanılan standartlar: gallik asit ($\geq 99\%$), siyanidin 3-O-glukozit ($\geq 96\%$), siyanidin 3-O-rutinozit ($\geq 96\%$), kafeik asit ($\geq 98\%$), klorojenik asit (5-caffeoylquinic acid, $\geq 98\%$), kuersetin-3-O-glukozit ($\geq 98\%$) Fluka'dan; neoklorojenik asit ($\geq 98\%$), siyringik asit ($\geq 95\%$), 2,5-Dihidroksibenzoik asit ($\geq 99.5\%$), Kaempferol 3-O-β-rutinozit ($\geq 98.0\%$), 3,4-Dihidroksibenzoik asit ($\geq 97\%$), rutin ($\geq 95\%$), kuromanin klorür ($\geq 95\%$), kallistephin klorür ($\geq 97\%$), trifluoroasetik asit (TFA, $\geq 99\%$) ve asetonitril ($\geq 99.8\%$) Sigma-Aldrich'den temin edilmiştir. Tüm analizlerde distile su cihazından elde edilen distile su kullanılmıştır (TKA GenPure).

3.2 Metotlar

3.2.1 Örneklerin hazırlanması

Ham madde olan marullar ilk olarak ayıklama ve sap kesme işlemine tabi tutulur sonrasında taş, kum, çöp vb. yabancı maddelerden arındırılmak için tekneye konularak su içerisinde 10 dakika bekletilir. Daha sonra 2. yıkamaya geçilir, tekneye 50 ppb klor/100 litre su oranında karışım hazırlanır ve 10 dakika marullar tekrar

tekneye alınır. Durulama işlemi uygulanan marullara 5 dakika santrifüj yapılır. Son olarak marullar kesilir ve paketlenir. Doğranmış marulun üretim şeması Şekil 3.2 'de örnek alınan noktalar ile beraber gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Taze kesilmiş marulun üretim şeması

Alınan örnekler doğrudan sıvı azot ile dondurularak, önceden soğutulmuş IKA A11 öğütücü (Şekil 3.3) içinde ince toz haline kadar öğütülmüştür. Örnekler analize kadar -80°C'deki dondurucularda saklanmıştır.



Şekil 3.3 : IKA A11 marka sıvı azotla çalışan öğütücü

3.2.2 Ekstrakt hazırlama

Antioksidan aktivitesini belirlemek amacı ile örneklerin içeriğindeki fenolik bileşiklerin eldesinde metanol çözgeni seçilmiştir. Alınan her bir örnek homojen bir şekilde öğütülmüş ve Çapanoğlu ve dig. (2008)'nin metoduna göre 1 ± 0.01 g tartılarak, 5 ml %75 metanolde (%0.1 formik asit içeren) ekstrakte edilmiştir. 15 dakika ultrasonik banyoda (Azakli, Turkey) tutulan örnekler, 5000 rpm'de 20 dakika santrifüjlenmiştir (Hettich Zentrifugen Universal 320R, Tuttlingen, Germany) (Şekil 3.4). Üst faz yeni bir falkon tüpüne alınırken kalan kalıntıya yeniden 5 ml %75 metanol ilave edilerek işlem tekrarlanmıştır. Toplamda 2 sefer olacak şekilde işlem tüm örnekler için uygulanmış ve yaklaşık 10ml ekstrakt elde edilmiştir. Hazırlanan ekstraktlar analizlenene kadar -20°C 'de saklanmıştır.



Şekil 3.4 : (a) VWM marka ultrasonik banyo , (b) Universal 32R marka santrifüj

3.2.3 Nem içeriğinin belirlenmesi

Marul örneklerinin nem içeriği liyofilizasyon prosesi yardımıyla belirlenmiştir. Liyofilizasyon; dondurulmuş fazdan (buz) süblimasyon yoluyla suyun uzaklaştırılmasıdır. Bu işlemde, gıda önce dondurulur ve sonra yüksek vakuma maruz bırakılarak çözünme olmadan buzun buharlaşması sağlanır. Çok düşük sıcaklıkta açığa çıkan su buharı kondansatör yüzeyinde yoğunlaştırılır. Belirli miktarda alınan örnekler önceden tartılmış petri kaplarında konulur ve tartılır. Tüm örneklerdeki nem içeriği -70°C 'de ve 0.010 mbar'da (Christ, Alpha 1-2 LD, Germany) (Şekil 3.5) liyofilizasyon işlemi ile uzaklaştırılır ve bu işlem örnekler denge nem içeriğine ulaşana kadar devam eder (24 saat). Liyofilizasyon işleminden sonra, liyofilize edilen örnekleri içeren petri kapları tekrar tartılır. Tüm örneklerde analizler üç tekrarlı yapılmıştır.



Şekil 3.5 : Christ, Alpha 1-2 LD marka liyofilizatör

3.2.4 Toplam fenolik madde (TP) analizi

Toplam fenolik madde analizi yaygın bir metot olan Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır. Deneyde Toor ve Savage (2006)'in uyguladığı Folin-Ciocalteu metodunda bazı değişiklikler yapılarak fenolik madde tayini yapılmıştır. Standart olarak gallik asit kullanılmıştır. Bu yöntemle göre uygun oranlarda seyreltilmiş 200 μl

ekstrakt çözeltisi ve 1,5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi (10 kat seyreltilmiş olarak) karıştırılmıştır. %7.5 (w/v)'lik sodyum karbonat çözeltisinden 1,2 ml eklendikten sonra tüpler vortekste karıştırılmıştır ve 25°C'de karanlık ortamda 90 dakika bekletildikten sonra UV-Vis spektrofotometrede (Şekil 3.6) 765 nm'de absorbans ölçülmüştür. Toplam fenol içeriği gallik asit kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak gallik asit eşdeğeri olarak verilmiştir. Deneyler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Kalibrasyon eğrisi Ekler A, Şekil A.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.5 : UV-Vis spektrofotometre

3.2.5 Toplam flavonoid (TF) analizi

Toplam flavonoid analizi kolorimetrik olarak Dewanto ve diğ. (2002)' nin yöntemine göre yapılmıştır. Standart olarak rutin kullanılmıştır. Bu yöntemle göre uygun oranlarda seyreltilmiş 0,25 ml ekstrakt çözeltisi ve 1,25 ml saf su karıştırılmıştır. Kronometre ile süre başlatılmış ve sırasıyla 75 µl %5'lik NaNO₂ (t=0 dk anında), 150 µl %10'luk AlCl₃.6H₂O (t=6dk anında) ve 0,5 ml 1M NaOH (t=11 dk anında) ilave edilmiştir. En son 2,4 ml su ilave edilerek 10 saniye vortekste karıştırılmış ve 510 nm'de absorbans okunmuştur. Toplam flavonoid içeriği rutin kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak rutin eşdeğeri olarak verilmiştir. Deneyler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Kalibrasyon eğrisi Ekler A, Şekil A.2'de gösterilmektedir.

3.2.6 Toplam antioksidan kapasitesinin tayini

Meyve ve sebzelerde başarılı sonuçlar verdiği bilinen dört farklı metot kullanılarak her bir örneğin toplam antioksidan aktivitesi ölçülmüştür. Deneyler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçların ortalaması alınarak rapor edilmiştir. Sonuçlar, Troloks eşdeğeri (TE) cinsinden ifade edilmiştir. Kalibrasyon eğrisi Ekler, Şekil A.3-A.4-A.5-A.6' da gösterilmektedir.

3.2.6.1 DPPH (1,1-difenil-2- pikrilhidrazil)radikal yakalama yöntemi

Ekstraktların antioksidan aktivitesi hidrojen bağlama kabiliyeti ya da başka bir deyişle DPPH radikalini yakalama kabiliyetine dayanılarak ölçülmüştür. Analiz, Kumaran ve diğ. (2006)'nin uyguladığı metoda göre yapılmıştır. Bu yönteme göre, belli bir konsantrasyon aralığındaki uygun oranda seyreltilmiş örnek ekstraktlarından ve standart madde Troloksan 100 µl alınmış ve üzerine 2 ml 0,1 mM DPPH metanol solüsyonu ilave edildikten sonra vortekste karıştırılıp, oda sıcaklığında karanlık ortamda 30 dk bekletilmiştir. Reaksiyon sonucunda oluşan rengin absorbansı, spektrofotometrede 517 nm'de ölçülmüştür.

3.2.6.2 ABTS (2,2- azinobis 3-etilbenzothiazolin-6-sülfonik asit diamonyum tuzu) radikal yakalama yöntemi

Ekstraktların antioksidan kapasite, ABTS radikal yakalama kabiliyetine dayanılarak ölçülmüştür. Bu metotta ABTS, peroksil veya diğer oksidanlara okside olur ve ABTS radikali oluşur.

Analiz Miller & Rice-Evans ve diğ. (1997); Toor ve diğ. (2006)'nın uyguladığı yöntemler temel alınarak uygulanmıştır. Bu metoda göre ABTS radikali, ABTS çözeltisinin persülfat ile oksidasyonu sonucunda oluşturulmuştur. 220 mg ABTS suda çözölmüş ve 38 mg potasyum persülfat suda çözölmüş ile muamele edilmiştir. Karışım daha sonra oda sıcaklığında karanlık ortamda bir gece koyu mavi renk oluşana kadar bekletilmiştir. Koyu mavi renkli bu çözelti, tampon çözelti (pH 7.4) ile absorbans 734 nm de 0,9 olana kadar seyreltilmiştir. Daha sonra bu seyreltilmiş çözeltiden 1 ml (ABTS çözeltisi) alınarak 100 µl uygun oranlarda seyreltilmiş örnek ekstraktı ile karıştırılmış ve 1 dk bekletildikten sonra absorbans değeri spektrofotometrede 734 nm'de ölçölmüştür.

3.2.6.3 CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi) metodu

Analiz, Apak ve diğ. (2005)'nin uyguladığı metoda göre yapılmıştır. Bu metotta, polifenollerin çözeltide bulunan bakır iyonunu azaltma kabiliyeti ölçülerek toplam antioksidan aktivitesi belirlenmiştir. Bu yöntemle göre uygun oranlarda seyreltilmiş örnekten 100 µl alınarak; 1 ml 10-2 mM Copper (II) chloride çözeltisi, 1 ml 7.5×10^{-3} Neocuproine çözeltisi, 1 ml 1 M amonyum asetat (pH 7) tampon çözeltisi, 1 ml saf su ile karıştırılmış ve 1 saat bekletildikten sonra absorbans değeri spektrofotometrede 450 nm'de ölçülmüştür.

3.2.6.4 FRAP (Demir İndirgeyici Antioksidan Gücü) metodu

Antioksidan aktivite belirleme yöntemlerinden biri olan indirgeme gücü Benzie ve Strain, (1996)'nın uyguladıkları yöntem temel alınarak belirlenmiştir. Örnek çözeltinin antioksidan kapasitesi (Fe^{+3})'ün (Fe^{+2})'ye indirgeme kabiliyeti ile tespit edilir. FRAP reaktifi; 300 mM sodyum asetat çözeltisi, 10 mM TPTZ çözeltisi ve 20 mM demir klorür çözeltisinin karışımı ile elde edilmektedir. Analize başlanılmadan önce, çözeltiler sırasıyla 10:1:1 hacim oranında karıştırılarak FRAP reaktifi taze olarak elde edilmiştir. Hazırlanan reaktif stabilitesini oda sıcaklığında 2 saat korumaktır. 100 µl uygun oranlarda seyreltilmiş örnek ekstraktı ile 900 µl FRAP reaktifi karıştırılmış ve 4 dk bekletildikten sonra absorbans değeri 593 nm'de ölçülmüştür.

3.2.7 HPLC ile fenolik madde profilinin belirlenmesi

Örneklerdeki fenolik madde Çapanoğlu ve diğ. (2008)'nin metoduna göre analizlenmiştir. Her örnek için hazırlanan ekstraktlar 0.45 µm'lik filtrelerden süzildükten sonra HPLC sistemine verilmiştir. HPLC sistemi Waters 600 kontrol birimi, Waters 996 fotodiyot dizin (PDA) dedektör ve 40 °C'deki kolon inkübatöründen oluşmaktadır. Kullanılan kolon, Nucleosil 3 µ C18 (2) 150x4.60 mm'dir. Çözgen sistemi olarak A (%0.1 trifluoroasetik asit ile asitlendirilmiş su) ve B (%0.1 trifluoroasetik asit içeren asetonitril) kullanılmıştır. Akış hızı dakikada 1 ml şeklinde ayarlanmış ve ekstrakttaki bileşenlerin ayrılması, %5'den %75'e kadar çıkan lineer asetonitril gradiyenti kullanılarak 50 dakikalık analiz süresince gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 280, 312, 360 ve 512 nm'de gerçekleştirilmiştir. Deneyler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçların ortalaması alınarak rapor

edilmiştir. Fenolik bileşenlerin tanımlanmasında fenolik madde standartlarından (örn. klorojenik asit) ve literatürde marul çeşitleri için fenolik madde profili belirlemiş olan çalışmalardan yararlanılmıştır.

3.2.8 *In-vitro* mide-bağırsak sindirim sistemi metodu

McDougall ve diğ. (2005) sindirim sistemi metodu birkaç değişiklik yapılarak uygulanmıştır. Metot iki ana basamaktan oluşmaktadır: hazırlanan örnekler başlangıç olarak gastrik koşulları taklit etmek için (37°C’de 2 saat boyunca) mide çözeltisi, ardından bağırsak koşullarını taklit etmek için (37°C’de 2 saat boyunca) safra tuzları/ pankreatin çözeltisi ile muamele edilir.

Mide çözeltisinin hazırlanışı: 7.5 ml pepsin ve 0.2 g NaCl 100 ml distile su içerisinde çözüldükten sonra 5 M HCl ile pH 2.0’a ayarlanmıştır. Örneklerin hazırlanması aşamasında 5 gr örnek 250 ml’lik behere tartılmış ve üzerine 20 ml mide çözeltisi eklenmiştir. Karışım homojen oluncaya dek karıştırılmış ve tekrar pH 2,0’a ayarlanmıştır. Daha sonra çalkalayıcı su banyosunda (Nürnberg, Germany) (Şekil 3.7) 2 saat süreyle 100 rpm karıştırma hızıyla 37°C’de bekletildikten sonra 2 ml mide çıkışı olarak kabul edilen PG (Post Gastric) kodu verilen örnek alınmıştır.



Şekil 3.7 : Çalkalayıcı su banyosu

Bağırsak ortamını sağlamak için beherdeki örnekler pankreatin (4 mg/ml) ve safra tuzları (25 mg/ml) karıştırılarak 4.5 ml ilave edilmiştir. Diyaliz poşetinin içine 20 ml sodyum bikarbonat eklenmiş ve iki ucu bağlanarak beherin içine bırakılmıştır.

Bağırsak sistemini taklit etmek üzere çalkalayıcı su banyosunda (Nürnberg, Germany) (Şekil 3.7) 2 saat süreyle 100 rpm karıştırma hızıyla 37°C’de bekletilmiştir. Diyaliz tüpünün içindeki kısım IN (serum), beherde kalan diyaliz tüpünün dışındaki kısım ise OUT (kolondan ayrılan) olarak ayrılmıştır. Analizler için PG, IN ve OUT örnekleri -20° C’de saklanmıştır.

Ependorf tüplerinde 4°C’de 18000 rpm’de santrifüjlenerek (Hettich Zentrifugen Universal 32R) ayrılan numunelere daha sonra toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antioksidan aktivitesi analiz yöntemlerinden CUPRAC metodu uygulanmıştır. Deneyler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçların ortalaması alınarak rapor edilmiştir. Toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antioksidan aktivitesi analizi kalibrasyon eğrileri Ek D, Şekil D.1-D.3’de gösterilmiştir.

3.2.9 İstatistiksel Analiz

Her örnek çeşidinin toplam fenolik madde, flavonoid madde ve antosiyanin madde içerikleri "SPSS 21.0" programı ile karşılaştırılmıştır. Varyans analizi (ANOVA) Çizelgesi oluşturulmuş, genel lineer modelleme yapılmıştır ve verilerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı incelenmiştir. Model anlamlı bulunduğunda, Tukey Karşılaştırma testiyle % 95 önem düzeyinde ikili karşılaştırmalar yapılarak, örnekler arasındaki farklılık incelenmiştir. Analizler her bir örnek için üç kez tekrarlanmış ve sonuçlar “ortalama değer $\pm$ standart sapma” olarak verilmiştir. İstatistik çizelgesi, Ekler B, Çizelge B.1’de gösterilmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Nem İçeriği

Örneklerin içerdikleri nem miktarı Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. En yüksek nem içeriği YÇ cinsi marulda (%93.8); sırasıyla KY (%93.0), KÇ (% 93.0), YS (% 93) ve E (%92.8) cinsi marullarda bulunmuştur.

Çizelge 4.1 : Marul örneklerinin nem içeriği

Örnek	Nem Miktarı (%)
KY (bütün)	93.0 ± 0.0
KY (doğranmış)	92.8 ± 0.1
KÇ (bütün)	93.0 ± 0.0
KÇ (doğranmış)	93. ± 0.0
YÇ (bütün)	93.8 ± 0.1
YÇ (doğranmış)	94.1 ± 0.0
YS (bütün)	93.0 ± 1.6
YS (doğranmış)	94.0 ± 0.1
E (bütün)	92.8 ± 0.5
E (doğranmış)	92.5 ± 0.1

4.2 Toplam Fenolik Madde Analizi

Analizlenen örneklerin içerdiği fenolik bileşiklerin, antioksidan aktivitesinde belirleyici grup olmalarından dolayı, örneklerle ilk olarak toplam fenolik madde ve daha sonra ise bu bileşiklerin alt grubu olan toplam flavonoid miktarı ve DPPH, ABTS, CUPRAC, FRAP analizleri yapılmıştır.

Toplam fenolik madde tayini (TF) analizinde, örneklerin toplam fenolik madde miktarı mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g kuru madde olarak verilmiştir. Bu

amaçla öncelikle gallik asit kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Gallik asidin metanolik çözeltisi hazırlanmış ve kalibrasyon eğrisinin çizilmesinde 0.01-0.1 mg/ml konsantrasyon aralığındaki gallik asit çözeltisi kullanılmıştır. Gallik asit kalibrasyon eğrisi Ek A, Şekil A.2’de gösterilmiştir.

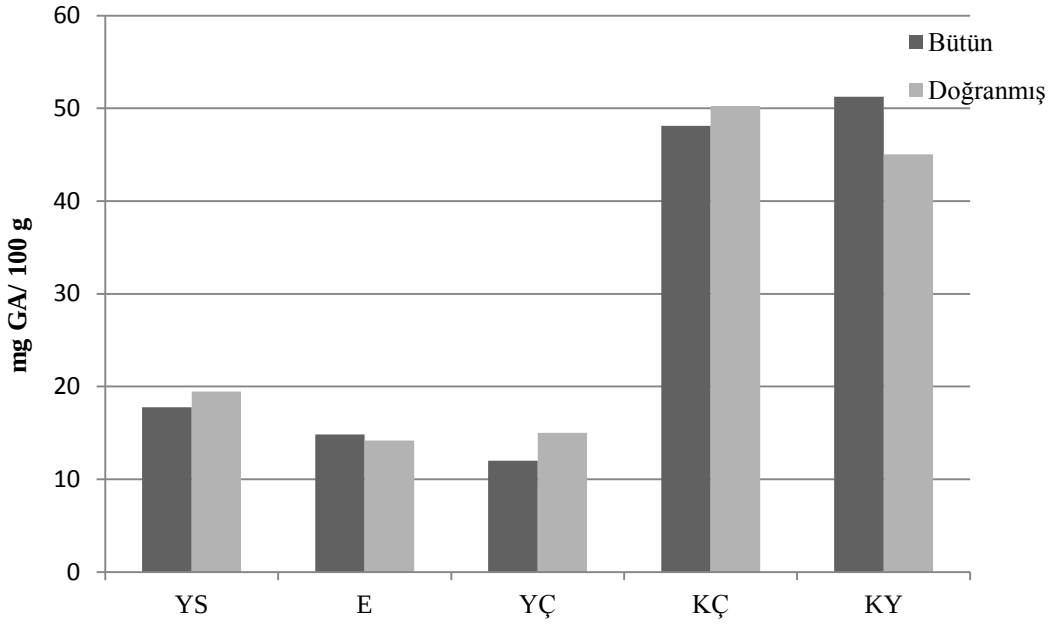
Gallik asit kalibrasyon eğrisi çizildikten sonra örnek konsantrasyonlarının absorbansı bu kalibrasyon eğrisinin içinde okunacak şekilde belirlenmiştir. Toplam fenolik madde analizi gallik asit kalibrasyon denkleminde yararlanılarak hesaplanmıştır. 3 tekrar yapılmış ve ortalama alınmıştır.

Çizelge 4.2 : Örneklerin Toplam Fenolik Madde Miktarları¹

Örnek	Miktar (mg GAE/ 100 g kuru madde)
YS (bütün)	17.7 ± 1.5 bc
YS (doğranmış)	19.5 ± 4.4 b
E (bütün)	14.8 ± 0.9 bc
E (doğranmış)	14.2 ± 0.4 bc
YÇ (bütün)	12.0 ± 0.8 c
YÇ (doğranmış)	15.0 ± 0.8 bc
KÇ (bütün)	48.1 ± 2.4 a
KÇ (doğranmış)	50.2 ± 1.7 a
KY (bütün)	51.2 ± 4.4 a
KY (doğranmış)	45.0 ± 1.1 a

¹Veriler 3 ayrı işlem tekrar sonucunda elde edilen ortalama ± standart sapmayı temsil etmektedir. Her özellik için kolonlarda farklı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık vardır (P<0.05).

Tüm örneklerin fenolik madde içeriği 100 gram kuru maddede mg GAE olarak belirlenmiştir. Bulunan tüm değerler Çizelge 4.2 ve karşılaştırma yapılarak Şekil 4.2’de gösterilmiştir. İşlem uygulanmış örnekler arasında en yüksek fenolik madde içeriği KÇ örneğinde (50.2 mg GAE/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük fenolik madde içeriği E örneğinde (14.2 mg GAE/100 g kuru madde) tespit edilmiştir. Ayrıca işlem uygulanmamış örnekler arasında en yüksek fenolik madde içeriği KY örneğinde (51.2 mg GAE/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük fenolik madde içeriği ise YÇ örneğinde (12 mg GAE/100 g kuru madde) tespit edilmiştir.



Şekil 4.1: Örneklerin toplam fenolik madde miktarları

Tukey testi ile kesme işleminin fenolik bileşikler üzerindeki etkisi incelendiğinde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P < 0,05$). Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, toplam fenolik yönteminin kesme işlemi sırasında fenolik maddelerdeki değişiklikleri yansıtmaya yeteneğinin olmadığı belirlenmiştir. Bu duruma göre, toplam fenolik, tek bir yöntem olarak kesme işlemi sırasında fenolik bileşiklerde değişiklikleri belirlemek için tavsiye edilemez. Bu yüzden, daha hassas sonuçlar elde etmek için, fenolik bileşiklerinde HPLC analizi yapılmalıdır. Varyans analiz sonuçları ve Tukey testinin detaylı sonuçları EK B’de Çizelge B.1 verilmiştir.

Kang ve Saltveit (2002), doğranmış marullar üzerine yaptıkları çalışmada (aysberg ve yedikule cinsi) şok sıcaklık uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin toplam fenolik madde miktarlarını karşılaştırmıştır. Berelenme etkisiyle iki cins marulda da toplam fenolik madde miktarı (aysberg marul %280, yedikule %290) artış göstermiştir. Şok sıcaklık uygulanmış berelenmemiş örneklerde toplam fenolik madde miktarı (aysberg %76, yedikule %45) artış göstermiştir.

Yapılan bir çalışmada, kabukları soyulmuş frenk yemişi paketlenildikten sonra 4°C’de 9 gün depolanmıştır. Örneklerde Folin-Ciocalteu metodu ile toplam fenolik madde miktarı ve askorbik asit miktarı analiz edilmiştir (0, 3, 6 ve 9 gün depolama). Askorbik asit değerlerinde (sırasıyla 1.82, 1.78, 1.67, 1.85 mg/g kuru madde) istatistiksel olarak önemli bir değişim görülmemiştir. Fakat toplam fenolik madde

miktarında depolamanın 6. gününde istatistiksel olarak önemli bir azalış tespit edilmiştir (Agabbio ve diğ., 2003).

Farklı çeşit mandalinalarda (mandarin ve satsuma) yapılan bir çalışmada, mandalinalar dilimlenerek paketlenildikten sonra 4°C’de 12 gün depolanmıştır. Başlangıçta toplam fenolik madde miktarları mandarin cinsinde 2.78 mg/g kuru madde, satsuma cinsinde ise 3.67 mg/g kuru madde bulunmuştur. Mandarin cinsinde sadece 8. günde önemli bir azalış görülmüştür, satsuma cinsinde ise depolama süresi boyunca önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir (Agabbio ve diğ., 2001).

Başka bir çalışmada, kesilmiş kereviz örnekleri farklı sıcaklık değerlerinde depolanarak toplam fenolik madde miktarındaki değişimleri incelenmiştir. Analiz süresince (0, 2, 4, 6, 24 saat) 0°C’de ki sonuçlar stabil bulunmuştur. 10°C ve 20°’de sırasıyla ilk 2 saatin sonunda %26 artış ve %9 artış görülmüştür. Fakat istatistiksel olarak bu artış miktarları önemli bulunmamıştır (Chaves ve diğ., 2007).

Alasalvar ve diğ. (2005) tarafından yapılan çalışmada, dilimlenen turuncu ve mor havuçlar modifiye atmosfer ile paketlenerek dondurulduktan sonra 13 gün boyunca depolanmıştır. Mor havuçların toplam antioksidan aktivitesi, karotenoid ve toplam fenolik madde miktarı turuncu havuçlara göre sırasıyla 2.8, 2.3 ve 2.9 kat daha fazla bulunmuştur. Depolama sonrasında mor havuçlarda turuncu havuçlara göre toplam fenolik madde miktarında daha yüksek miktarda artış görülmüştür. Turuncu havuç örneklerinde toplam antioksidan kapasitesinde depolama sonrasında bir değişiklik görülmemiştir, fakat mor havuç örneklerinde istatistiksel olarak önemli miktarda bir azalma görülmüştür.

Yapılan bir çalışmada taze kesilmiş domateslerde likopen, C vitamini, fenolik bileşikler ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisi altı farklı tür domates (Rambo, Durinta, Bodar, Pitenza, Cencara ve Bola) kullanılarak araştırılmıştır. Örneklerin toplam antioksidan kapasitesinde bir değişim gözlenmemiştir. Ancak likopen, C vitamini ve fenolik bileşiklerin miktarlarında azalma gözlemlenmiştir, istatistiksel olarak bu değişimler önemsiz bulunmuştur (Odriozalla-Serrano ve diğ., 2008).

Farklı kabuk soyma yöntemlerinin etkisiyle antioksidan bileşenlerin değişimi ile ilgili yapılan bir çalışmada, havuç kaba zımpara ve ev tipi elle tutulan kabuk soyucular kullanılarak kabuklarından ayrılmıştır. Diskler hlinde kesilip 4°C’de 8 gün bekletilirken her gün toplam fenolik madde, toplam karotenoid ve toplam antioksidan

kapasitesi değerleri kaydedilmiştir. Makina ile soyma fenolik madde miktarında daha iyi sonuçlar elde edilmiş ve elle soyulan havuç disklerine kıyasla daha yüksek toplam antioksidan aktivitesi içerdiği gözlemlenmiştir. Kabuk soyma yönteminin çeşitliliği ilk başta farklılık göstermesine rağmen, depolama süresi sonunda bir farklılık gözlemlenmemiştir. Depolama süresi boyunca örnekler incelendiğinde, el ile kabukları soyulan örneklerde çok daha yüksek seviyelerde toplam karetonoid miktarları elde edilmiştir (Kenny ve O’Beirne, 2010).

4.3 Toplam Flavonoid Analizi

Toplam flavonoid analizinde örneklerin flavonoid madde miktarı rutin eşdeğeri olarak verilmiştir. Bu amaçla öncelikle rutin kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Rutinin metanolik çözeltisi hazırlanmış ve kalibrasyon eğrisinin çizilmesinde 0,01-0,8 mg/ml konsantrasyon aralığındaki rutin çözeltisi kullanılmıştır. Rutin kalibrasyon eğrisi EK A, şekil A.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 : Örneklerin toplam flavonoid miktarları¹

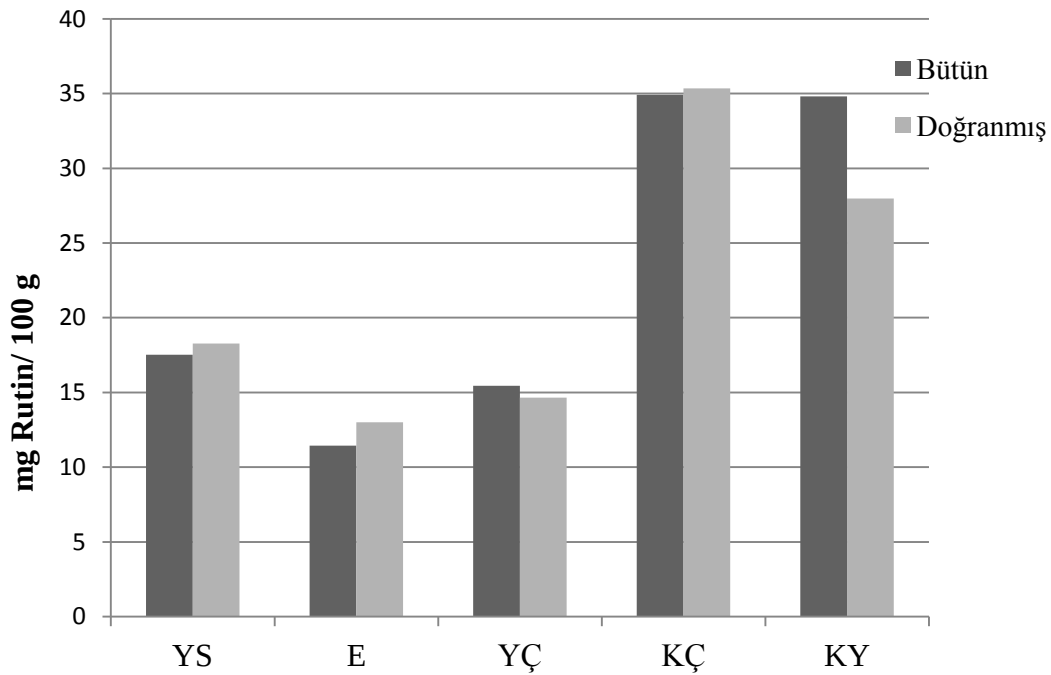
rnek	Miktar (mg Rutin/ 100 g kuru madde)
YS (bütün)	17.5 $\pm$ 2.4 cd
YS (doğranmış)	18.3 $\pm$ 3.2 c
E (bütün)	11.4 $\pm$ 1.3 d
E (doğranmış)	13.0 $\pm$ 2.8 cd
Y (bütün)	15.4 $\pm$ 0.1 cd
Y (doğranmış)	14.6 $\pm$ 0.5 cd
K (bütün)	34.9 $\pm$ 2.3 a
K (doğranmış)	35.4 $\pm$ 3.1 a
KY (bütün)	34.8 $\pm$ 3.3a
KY (doğranmış)	28.0 $\pm$ 2.1 b

¹Veriler 3 ayrı işlem tekrar sonucunda elde edilen ortalama $\pm$ standart sapmayı temsil etmektedir. Her zellik için kolonlarda farklı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık vardır (P<0.05).

Toplam flavonoid madde tayininde rutin kalibrasyon denkleminde yararlanılmış ve 3 paralelli olarak çalışılan örnekler için elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır.

Tüm örneklerin flavonoid madde içeriği 100 gram ekstrakta mg Rutin olarak belirlenmiştir. Bulunan tüm değerler Çizelge 4.2 ve karşılaştırma yapılarak Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

Kesme işlemi uygulanmış marul çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoid miktarı KÇ çeşidinde (35.4 mg rutin/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük toplam flavonoid miktarı E marul çeşidinde (13.0 mg rutin/100 g kuru madde) bulunmuştur. İşlem görmemiş marul çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoid içeriğini KÇ (34.9 mg rutin/100 g kuru madde) göstermiştir, bunun yanı sıra en düşük toplam flavonoid içeriğini toplam fenolik içeriği sonuçlarına benzer olarak E marul çeşidinde tespit edilmiştir.



Şekil 4.2: Örneklerin toplam flavonoid miktarları

Doğranmamış marullardan en yüksek flavonoid içeriği 34.9 mg rutin/100 g kuru madde KÇ cinsinde görülmüştür, bunu sırasıyla KY, YS, YÇ ve E örnekleri izlemiştir. Tukey testi ile örnekler arasındaki kesme işlemi farklılığı incelendiğinde

ise YS, E, YÇ, KÇ örnekleri arasında kesme işleminin flavonoid bileşikler üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken kesme işleminin flavonoid bileşikler üzerindeki etkisi K. Yaprak örneğinde istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Varyans analiz sonuçları ve Tukey testinin detaylı sonuçları EK B’de Çizelge B.1’de verilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, kesilmiş kereviz örnekleri 0°C ’de 24 saat depolanmıştır. Toplam flavonoid miktarında %38 oranında azalış tespit edilirken, istatistiksel olarak bu azalış miktarı önemli bulunmamıştır (Chaves ve diğ., 2007).

Turunçgil meyvelerinde (Shamouti portakal, Palazzelli mandalina, Minneola mandalina, Salustiana portakal yapılan bir çalışmada, dilimlenen örnekler 4°C ’de depolanmıştır. Örneklerin depolama sonrasında toplam flavonoid miktarında (özellikle hesperidin miktarında) önemli düzeyde artış tespit edilmiştir, sadece Salustiana cinsi portakalda önemli miktarda azalış tespit edilmiştir (Agabbio ve diğ., 2004).

Yapılan bir diğer çalışmada, soğan ve kuşkonmaz örneklerine doğrama ve haşlama işlemleri uygulandıktan sonra toplam flavonoid analizi yapılmıştır. Doğrama işlemi sonucunda, kuşkonmaz örneklerinde istatistiksel olarak önemli miktarda azalma (%18.5) tespit edilmiş olup, soğan örneklerinde bir değişim görülmemiştir. Haşlama işlemi ise kuşkonmazda %20.6 ve soğanda % 43.9 oranında azalma bulunmuştur (Makris ve Rossiter, 2001).

Doğranmış soğanda yapılan bir başka çalışmada, doğramanın antioksidan özelliği gösteren kuersetin flavonoidi üzerindeki etkisi incelenmiştir. 4°C ’de 11 gün depolanan doğranmış ve bütün haldeki soğanlarda kuersetin miktarında bir değişim olmadığı görülmüştür. 11-30 gün arası bekleme sonrası kuersetin miktarında %19.5-22 oranında artış olduğu görülmüştür. Bu çalışmaya göre soğanda minimal prosesin kuersetin üzerine doğrudan önemli bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir (Martinez ve diğ., 2005).

4.4 Toplam Antioksidan Aktivite Analizleri

Örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri 4 farklı metot ile ölçülmüştür ve sonuçlar kuru madde olarak ifade edilmiş olup doğranmamış ve doğranmış örnekler arasındaki değişim gösterilmektedir. ABTS, CUPRAC, DPPH ve FRAP metotları ile elde edilen tüm sonuçlar birbirine paralellik göstermektedir.

4.4.1 DPPH radikal yakalama metodu

DPPH radikal yakalama analizinde örneklerin toplam antioksidan aktivitesi troloks eşdeğeri olarak verilmiştir. Bu amaçla öncelikle troloks kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Troloks metanolik çözeltisi hazırlanmış ve kalibrasyon eğrisinin çizilmesinde 0,01-0,1 mg/ml konsantrasyon aralığındaki troloks çözeltisi kullanılmıştır. Troloks kalibrasyon eğrisi EK A , Şekil A.3’de gösterilmiştir.

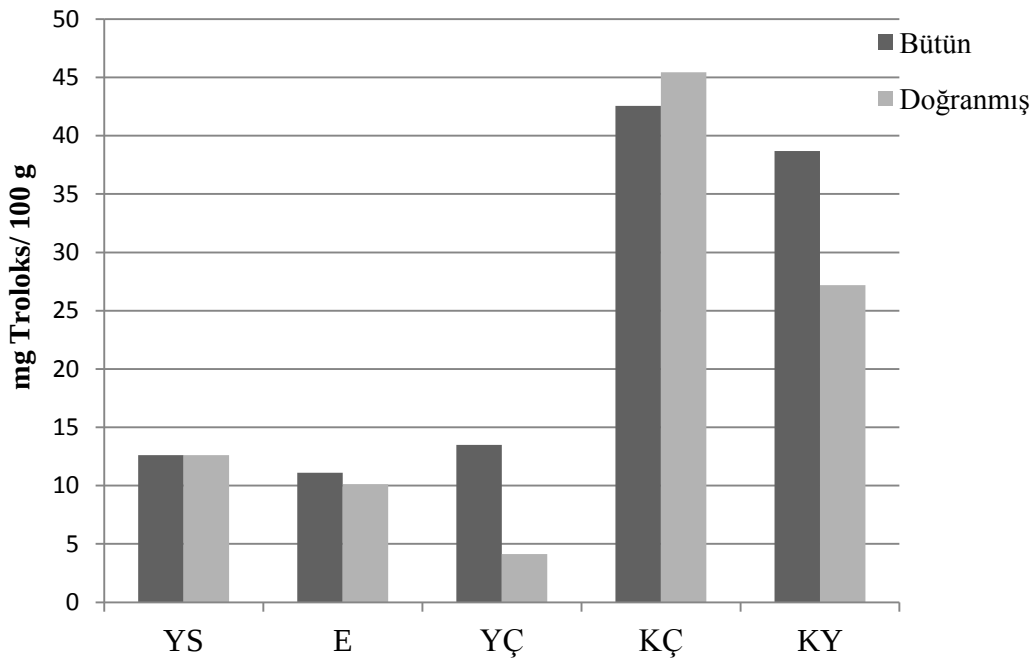
Analiz sonuçlarına göre toplam antioksidan aktivitesi, troloks kalibrasyon denkleminde yararlanılarak hesaplanmıştır. Analizler 3 tekrarlı olarak yapılmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır.

Çizelge 4.4 : Örneklerin DPPH metoduna göre antioksidan aktiviteleri¹

Örnek	Antioksidan aktivite (mg Troloks/ 100 g kuru madde)
YS (bütün)	12.6 ± 2.3 c
YS (doğranmış)	12.6 ± 1.3 c
E (bütün)	11.1 ± 0.4 c
E (doğranmış)	10.1 ± 0.2 cd
YÇ (bütün)	13.5 ± 0.9 c
YÇ (doğranmış)	4.1 ± 0.5 d
KÇ (bütün)	42.6 ± 3.4 a
KÇ (doğranmış)	45.4 ± 2.7 a
KY (bütün)	38.7 ± 4.5 a
KY (doğranmış)	27.2 ± 5.4 b

¹Veriler 3 ayrı işlem tekrar sonucunda elde edilen ortalama ± standart sapmayı temsil etmektedir. Her özellik için kolonlarda farklı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık vardır (P<0.05).

Tüm örneklerin toplam antioksidan aktivitesi gram ekstraktta mg Troloks olarak belirlenmiştir. Kesme işlemi uygulanmış marul örnekleri arasında en yüksek toplam antioksidan kapasite KÇ çeşidinde (45.4 mg troloks/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük toplam antioksidan kapasite YÇ marul çeşidinde (4.1 mg troloks/100 g kuru madde) bulunmuştur. İşlem görmemiş marul örnekleri arasında en yüksek toplam antioksidan kapasite içeriğini KÇ (42.6 mg troloks/100 g kuru madde) göstermiştir. Bulunan tüm değerler Çizelge 4.4 ve karşılaştırma yapılarak Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : Örneklerin DPPH metoduna göre antioksidan aktiviteleri

Doğranmamış marullardan DPPH miktarı en yüksek olarak KÇ cinsinde görülmüştür, sırasıyla KY, YÇ, YS, Endivyen bunu izlemiştir (Şekil 4.3). KY, YÇ marul çeşitlerindeki kesme işleminin antioksidan bileşenleri üzerine etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde önemli ölçüde farklı olduğu, kesme işleminin bu marul çeşitlerinde antioksidan kapasitesinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Diğer marul çeşitlerindeki kesme işleminin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Varyans analiz sonuçları ve Tukey testinin detaylı sonuçları EK B’de Çizelge B.1’de verilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, kabukları soyulmuş frenk yemişi paketlenildikten sonra 4°C’de 9 gün depolanmıştır. Örneklerin toplam antioksidan kapasiteleri DPPH metodu ile belirlenmiştir (0, 3, 6 ve 9 gün depolama). Toplam antioksidan kapasitesi miktarında (sırasıyla 2.26, 2.18, 2.24, 2.30 g kuru madde) istatistiksel olarak önemli bir değişim görülmemiştir (Agabbio ve diğ., 2003).

Yapılan başka bir çalışmada ise kesme işleminin domateslerde toplam antioksidan kapasitesi üzerine etkisi altı farklı tür domates (Rambo, Durinta, Bodar, Pitenza, Cencara ve Bola) kullanılarak araştırılmıştır. İncelenen örneklerde toplam antioksidan kapasitesi açısından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunamamıştır (Odriozalla-Serrano ve diğ., 2008).

Chaves ve Vina (2008), minimum işlenmiş kereviz ile yaptıkları çalışmada toplam antioksidan kapasitesini DPPH metodu ile analiz etmişlerdir. 0°C’de 24 saat süreyle depolanan örneklerin toplam antioksidan kapasitesi miktarlarında (başlangıç 4.6 g, 24 saat depolama 4.3 g) önemli düzeyde bir değişim gözlenmemiştir.

Agabbio ve diğ. (2004), dilimlenmiş turuncgil meyveleri 4°C’de 8 gün depolanmıştır. Toplam antioksidan kapasitesi DPPH metodu ile tespit edilmiştir. Shamouti cinsi portakal ve Palazzelli cinsi mandalina örneklerinde az miktarda bir azalış görülürken, Minneola cinsi mandalina örneğinde önemli miktarda bir azalış tespit edilmiştir. Depolama süresi sonunda sadece Salustiana cinsi portakal örneklerinde toplam antioksidan kapasitesi miktarında artış görülmüştür.

4.4.2 ABTS radikal yakalama yöntemi

ABTS radikal yakalama analizinde örneklerin toplam antioksidan aktivitesi troloks eşdeğeri olarak verilmiştir. Bu amaçla öncelikle troloks kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Troloksun metanolik çözeltisi hazırlanmış ve kalibrasyon eğrisinin çizilmesinde 0,01-0,08 mg/ml konsantrasyon aralığındaki troloks çözeltisi kullanılmıştır. Troloks kalibrasyon eğrisi EK A, Şekil A.4’de gösterilmiştir.

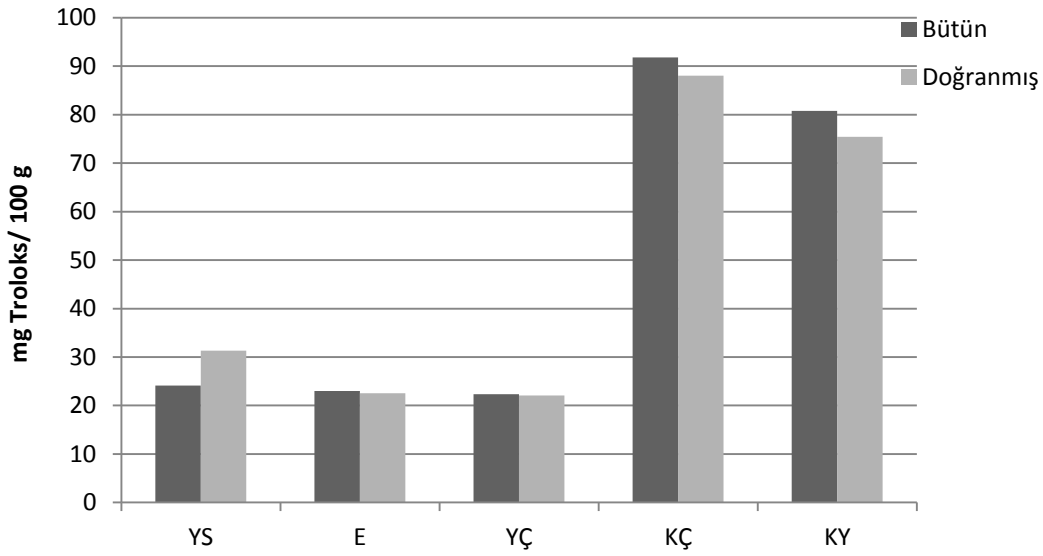
Örneklerin ABTS analizi sonuçlarına göre toplam antioksidan aktivitesi troloks kalibrasyon denkleminde yararlanılarak hesaplanmıştır. 3 paralel yapılmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır.

Çizelge 4.5: Örneklerin ABTS metoduna göre antioksidan aktiviteleri¹

Örnek	Antioksidan aktivite (mg Troloks/ 100 g kuru madde)
YS (bütün)	24.1 ± 2.7 d
YS (doğranmış)	31.3 ± 4.1 c
E (bütün)	23.0 ± 2.4 d
E (doğranmış)	22.5 ± 0.4 d
YÇ (bütün)	22.3 ± 1.7 d
YÇ (doğranmış)	22.0 ± 1.0 d
KÇ (bütün)	91.8 ± 2.3 a
KÇ (doğranmış)	88.0 ± 16 a
KY (bütün)	80.7 ± 0.8 b
KY (doğranmış)	75.4 ± 2.8 b

¹Veriler 3 ayrı işlem tekrar sonucunda elde edilen ortalama ± standart sapmayı temsil etmektedir. Her özellik için kolonlarda farklı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık vardır (P<0.05).

Yapılan ABTS analizi sonucunda tüm örneklerin toplam antioksidan aktivitesi 100 gram ekstrakta mg Troloks olarak belirlenmiştir. Kesme işlemi uygulanmış marul çeşitleri arasında en yüksek toplam antioksidan kapasite KÇ çeşidinde (88.8 mg/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük toplam antioksidan kapasite flavonoid E marul çeşidinde (22.1 mg/100 g kuru madde) bulunmuştur. İşlem görmemiş marul çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoid içeriğini KÇ (91.8 mg rutin/100 g kuru madde) göstermiştir, bunun yanı sıra en düşük antioksidan kapasitesi YÇ çeşidinde bulunmuştur. Bulunan tüm değerler Çizelge 4.5 ve karşılaştırma yapılarak Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 : Örneklerin ABTS metoduna göre antioksidan aktiviteleri

Doğranmamış marullardan ABTS metoduna göre antioksidan aktivitesi en yüksek olarak KÇ cinsi tespit edilmiştir, sırasıyla KY, YÇ, YS, E bunu izlemiştir (Şekil 4.5). YS marul çeşidinde kesme işleminin antioksidan bileşenleri üzerine etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde önemli ölçüde farklı olduğu, kesme işleminin bu marul çeşitlerinde antioksidan kapasitesinde artmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Diğer marul çeşitlerindeki kesme işleminin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Varyans analiz sonuçları ve Tukey testinin detaylı sonuçları EK B’de, Çizelge B.1’de verilmiştir.

4.4.3. CUPRAC (Bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi) metodu

Polifenollerin bakır iyonunu azaltma kabiliyetine dayanarak toplam antioksidan aktivitesini belirlemeye yarayan bu yöntemde toplam antioksidan aktivitesi troloks eşdeğeri olarak verilmiştir. Bu amaçla öncelikle troloks kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Troloksun metanolik çözeltisi hazırlanmış ve kalibrasyon eğrisinin çizilmesinde 0,02-0,8mg/ml konsantrasyon aralığındaki rutin çözeltisi kullanılmıştır. Troloks kalibrasyon eğrisi EK A, Şekil A.5’de gösterilmiştir.

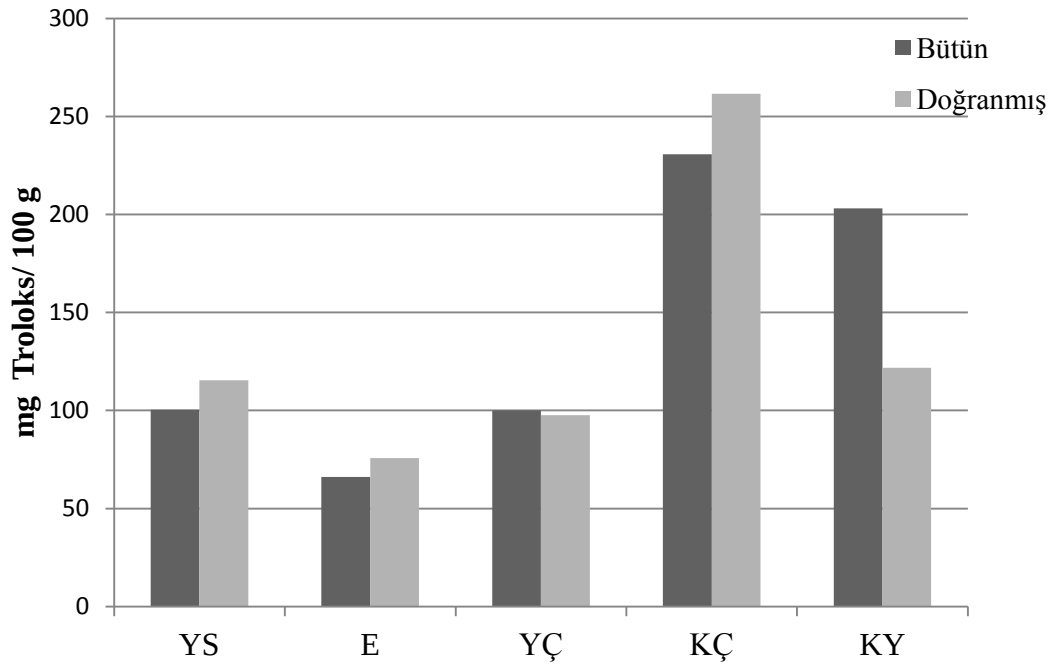
Örneklerin CUPRAC analizi sonuçları troloks kalibrasyon denkleminde yararlanılarak hesaplanmıştır. 3 tekrar yapılmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır.

Çizelge 4.6 : Örneklerin CUPRAC metoduna göre antioksidan aktiviteleri¹

Örnek	Antioksidan aktivite (mg Troloks/ 100 g kuru madde)
YS (bütün)	100.4 ± 19.5 cde
YS (doğranmış)	115.5 ± 22.5 cd
E (bütün)	66.0 ± 6.2 e
E (doğranmış)	75.7 ± 4.0 de
YÇ (bütün)	100 ± 1.7 cde
YÇ (doğranmış)	97.7 ± 3.4 cde
KÇ (bütün)	230.8 ± 28.3 ab
K.Ç (doğranmış)	261.6 ± 11.4 a
KY (bütün)	203.1 ± 20.5 b
KY (doğranmış)	121.7 ± 31.3 c

¹Veriler 3 ayrı işlem tekrar sonucunda elde edilen ortalama ± standart sapmayı temsil etmektedir. Her özellik için kolonlarda farklı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık vardır (P<0.05).

Yapılan CUPRAC analizi sonucunda tüm örneklerin toplam antioksidan aktivitesi 100 gram ekstrakta mg Troloks olarak belirlenmiştir. Kesme işlemi uygulanmış marul çeşitleri arasında en yüksek antioksidan içeriği KÇ çeşidinde (261.6 mg rutin/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük toplam antioksidan içeriği E marul çeşidinde (75.7 mg rutin/100 g kuru madde) olarak bulunmuştur. İşlem görmemiş marul çeşitleri arasında en yüksek toplam antioksida içeriğini KÇ (230.8 mg rutin/100 g kuru madde) göstermiştir, bunun yanı sıra en düşük CUPRAC içeriği Endivyen çeşidinde bulunmuştur. Bulunan tüm değerler Çizelge 4.5 ve karşılaştırma yapılarak Şekil 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5 : Örneklerin CUPRAC metoduna göre antioksidan aktiviteleri

Doğranmamış marullardan CUPRAC miktarı en yüksek olarak KÇ cinsinde görülmüştür, sırasıyla KY, YS, YÇ, E bunu izlemiştir (Şekil 4.5). Kesme işleminin marulun antioksidan kapasitesine etkisi CUPRAC yöntemiyle istatistiksel olarak incelendiğinde, KY çeşidinde kesme işleminin etkisinin önemli ölçüde olduğu ve antioksidan kapasitesinde azalma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, diğer marul çeşitlerinin antioksidan özelliklerinde önemli ölçüde bir farklılık gözlemlenmemiştir. Varyans analiz sonuçları ve Tukey testinin detaylı sonuçları EK B’de, Çizelge B.1’de verilmiştir.

4.4.4. FRAP (Demir indirgeyici antioksidan kapasitesi) metodu

Örneklerin demir (III) iyonlarını indirgeme gücüne dayanarak antioksidan aktivitesi belirlemeye dayanan bu yöntemde örneklerin toplam antioksidan aktivitesi troloks eşdeğeri olarak verilmiştir. Bu amaçla öncelikle troloks kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Troloksun metanolik çözeltisi hazırlanmış ve kalibrasyon eğrisinin çizilmesinde 0,01-0,08 mg/ml konsantrasyon aralığındaki troloks çözeltisi kullanılmıştır. Troloks kalibrasyon eğrisi EK A, Şekil A.6’de gösterilmiştir.

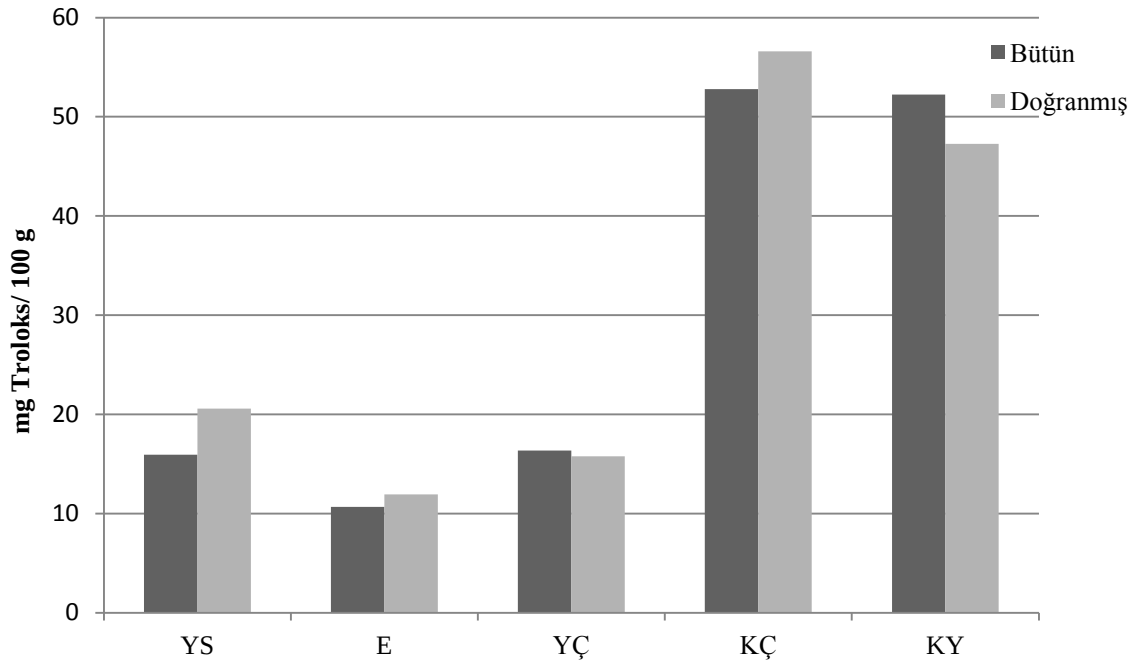
FRAP analizi sonucunda toplam antioksidan aktivitesi troloks kalibrasyon denkleminde yararlanılarak hesaplanmıştır. Analizler 3 tekrarlı olarak yapılmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır.

Çizelge 4.7: Örneklerin FRAP metoduna göre antioksidan aktiviteleri¹

Örnek	Antioksidan aktivite (mg Troloks/ 100 g kuru madde)
YS (bütün)	15.9 ± 1.7 b
YS (doğranmış)	20.6 ± 3.3 b
E (bütün)	10.7 ± 1.6 b
E (doğranmış)	11.9 ± 1.8 b
YÇ (bütün)	16.4 ± 0.1 b
YÇ (doğranmış)	15.8 ± 0.9 b
KÇ (bütün)	52.8 ± 6.5 a
KÇ (doğranmış)	56.6 ± 9.0 a
KY (bütün)	52.3 ± 1.0 a
KY (doğranmış)	47.3 ± 5.2 a

¹Veriler 3 ayrı işlem tekrar sonucunda elde edilen ortalama ± standart sapmayı temsil etmektedir. Her özellik için kolonlarda farklı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık vardır (P<0.05).

Yapılan FRAP analizi sonucunda tüm örneklerin toplam antioksidan aktivitesi 100 gram ekstrakta mg Troloks olarak belirlenmiştir. Kesme işlemi uygulanmış marul çeşitleri arasında en yüksek FRAP miktarı KÇ çeşidinde (56.6 mg rutin/100 g kuru madde) bulunurken, en düşük toplam FRAP miktarı E marul çeşidinde (11.9 mg rutin/100 g kuru madde) olarak bulunmuştur. İşlem görmemiş marul çeşitleri arasında en yüksek toplam antioksidan içeriğini KÇ (52.8 mg rutin/100 g kuru madde) göstermiştir, bunun yanı sıra en düşük FRAP içeriği Endivyen çeşidinde bulunmuştur. Bulunan tüm değerler Çizelge 4.6 ve karşılaştırma yapılarak Şekil 4.6'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6 : Örneklerin FRAP metoduna göre antioksidan aktiviteleri

Doğranmamış marullardan FRAP miktarı en yüksek olarak KÇ cinsinde görülmüştür, sırasıyla KY, YÇ, YS, E bunu izlemiştir (Şekil 4.6). Tukey testi ile örnekler arasındaki farklılık incelendiğinde örneklerin hepsinde kesme işleminin antioksidan kapasitesine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken diğer tüm örneklerin birbiri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0,05$). Varyans analiz sonuçları ve Tukey testinin detaylı sonuçları EK B’de Çizelge B.1’de verilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, elmalar çekirdek evleri çıkartılarak dilimlenmiştir, örnekler 4°C ve 12°C’de 1 hafta depolanmıştır. Toplam fenolik madde Folin-Ciocalteu metodu ile; toplam antioksidan kapasitesi FRAP metodu ile ölçülmüştür. Depolama süresinde toplam antioksidan kapasitesinde ve toplam fenolik madde miktarında artış görülmüştür. Depolama sıcaklığının toplam antioksidan kapasitesi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Toplam antioksidan kapasitesi 4°C’de 4. günde başlangıç değerine benzer, 7. günde ise 4°C’de bulunan değer 12°C’de depolanan örneklerin değerinden daha yüksek bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarı üzerinde depolama sıcaklığının önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Ancak

12°C’de depolanan örneklerin 4°C’de depolanan örneklere göre daha yüksek toplam fenolik madde içerdiği bulunmuştur (Pimsaga ve diğ., 2011).

4.4.5 Korelasyon katsayıları

Doğrusal korelasyon katsayıları toplam fenolik, toplam flavonoid ve toplam antioksidan analizlerine göre hesaplanmıştır. Bu sonuçlar Çizelge 4.7’da gösterilmiştir. Antioksidan analizleri arasından ABTS, toplam fenolik ve toplam flavonoid analizleriyle yüksek korelasyon göstermiştir (ABTS-TP $R^2 = 0.984$, ABTS-TF $R^2=0.965$). Dört antioksidan analizi arasında en yüksek korelasyon ABTS ve FRAP arasındayken ($R^2=0.976$) , en düşük korelasyon FRAP ve CUPRAC ($R^2=0.877$) arasında saptanmıştır. Yapılan tüm spektrofotometrik analizler arasında en yüksek korelasyon ABTS ve TP ($R^2 = 0.984$) bulunurken en düşük korelasyon CUPRAC ve TP ($R^2 = 0.868$) arasında bulunmuştur. DPPH ile ABTS metodlarının çalışma prensibi aynı olmasına rağmen en yüksek korelasyon verimi elde edilememiştir.

Çizelge 4.8 : Toplam fenolik, tolam flavonoid ve toplam antioksidan kapasiteleri (CUPRAC, DPPH, FRAP, ABTS) arasındaki korelasyon (R^2) sonuçları

	TF	TP	CUPRAC	ABTS	DPPH	FRAP
TF	1					
TP	0.969**	1				
CUPRAC	0.919**	0.868**	1			
ABTS	0.965**	0.984**	0.887**	1		
DPPH	0.952**	0.941**	0.932**	0.960**	1	
FRAP	0.951**	0.967**	0.887**	0.976**	0.934**	1

**Önem düzeyi 0.01

4.5 Fenolik Madde Profili

Örneklerin bütün hallerindeki fenolik madde miktarları Çizelge 4.9 gösterilmektedir. Örneklerde kafeoltartarik asit, klorojenik asit, hidroksisinamik asit türevleri, chicoric

asit, kuersetin türevleri, kaemferol türevleri ve siyanidin-3-O-glukozit tespit edilmiştir. Bütün haldeki KY, KÇ, YÇ ve YS marul cinslerinde ana fenolik bileşik klorojenik asit; E marul cinsinde ise chicoric asit olarak bulunmuştur. Klorojenik asit en yüksek miktarda KY cinsinde (14.59 mg/100 g kuru madde) ve en düşük miktarda E cinsinde (1.48 mg/ 100 g kuru madde) bulunmuştur. Siyanidin-3-O-glukozit miktarı en yüksek KÇ marul cinsinde bulunmuştur.

Yapılan bir çalışmada örnek olarak 3 farklı marul cinsi (baby, yedikule ve aysberg) ve endivyen cinsi kullanılmıştır. Örneklerde benzer fenolik bileşenler görülmüş olup, marullarda %85.6, endivyende ise %54.8 oranında hidroksisinnamik asit türevleri tespit edilmiştir. Hidroksisinnamik asit türevlerinde ana bileşenler chicoric asit ve klorojenik asit olarak tanımlanmıştır (Ferrerres ve diğ., 2004)

Kırmızı kıvırcık marulda (Lollo Rosso) yapılan bir çalışmada ise ana fenolik bileşen isoklorojenik asit; ikinci ana fenolik bileşik olarak chicoric asit bulunmuştur (Castaner ve diğ., 1997). Farklı 6 cins marulun (2 yağlı marul, 2 kıvırcık marul, yeşil salad ve kırmızı salad) incelendiği bir diğer çalışmada, chicoric asit (%55) ana fenolik bileşen olarak tespit edilmiştir. Chicoric asit miktarları; yağlı marullarda 5.20 - 7.66 mg/g kuru madde, kıvırcık marullarda 5 – 5.77 mg/g kuru madde, yeşil salad 5.58 mg/g kuru madde, kırmızı salad 11.20 mg/g kuru madde bulunmuştur (Amouroux ve diğ., 2004).

Aynı cinsin farklı renkleri olan KÇ ve YÇ marulları karşılaştırıldığında kırmızı renkli olan KÇ'nin 4.9 kat daha fazla klorojenik asit ve 4 kat daha fazla chicoric asit içerdiği tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada ise YS cinsi marulun iki farklı rengi (kırmızı-yeşil) karşılaştırılmıştır. Kırmızı renkli olan YS'nin 2 kat daha fazla chicoric asit ve 10 kat daha fazla klorojenik asit içerdiği bulunmuştur (Amouroux ve diğ., 2004).

Doğranmış haldeki KY, KÇ, YÇ ve YS marul cinslerinde ana fenolik bileşik klorojenik asit; E marul cinsinde ise chicoric asit olarak bulunmuştur. Klorojenik asit en yüksek miktarda KY cinsinde (12.40 mg/100 g kuru madde) ve en düşük miktarda E cinsinde (1.72 mg/ 100 g kuru madde) bulunmuştur.

Örneklerin bütün ve doğranmış hallerindeki klorojenik asit miktarları karşılaştırıldığında 3 cinsten (KY %15, KÇ %40, YÇ %20) azalış, 2 cinsten (YS %58, E %16) artış görülmüştür.

Örneklerin bütün ve doğranmış hallerindeki chicoric asit miktarları karşılaştırıldığında KY %127, KÇ %59, YÇ %134, YS %27, E %17 oranında artış görülmüştür. Kırmızı renkli marulların bütün ve doğranmış hallerindeki antosiyanin miktarları karşılaştırıldığında KY cinsinde %31 azalma, KÇ cinsinde %10 artış bulunmuştur.

Çizelge 4.9: Bütün ve doğranmış haldeki marulların fenolik madde miktarları (mg/100 g kuru madde)

	Kırmızı Yaprak		Kırmızı Çıtır		Yeşil Çıtır		Yeşil Salad		Endiviyen	
	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D
Kafeoltartarik asit (pik 1)	0.25	0.62	0.20	0.45	0.18	0.39	0.42	0.39	0.19	0.28
Klorojenik asit (pik 2)	14.59	12.40	13.04	7.76	2.65	2.11	5.65	8.97	1.48	1.72
Hidroksisinamik asit türevleri (pik 3)	1.11	1.16	0.87	0.69	0.61	0.99	0.87	1.10	0.09	0.16
Chicoric asit (pik 4)	4.83	11.00	4.33	6.90	1.07	2.51	2.71	3.45	2.82	3.32
Kuersetin türevleri (pik 5)	7.28	11.45	6.27	7.48	0.91	1.86	1.92	2.60	1.43	2.35
Kuersetin türevleri (pik 6)	0.24	0.36	0.39	0.24	-	-	-	-	-	-
Kaemferol türevleri (pik 7)	-	-	-	-	-	-	-	-	1.19	0.99
Siyanidin-3-O-glukozit (pik 8)	4.47	3.07	5.02	5.53	-	-	-	-	-	-

4.6 In-vitro Mide-Bağırsak (GI) Sindirim Sistemi

Mide-bağırsak sisteminin taklit edilmesi sonucunda PG, IN, OUT fraksiyonları elde edilerek; toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antioksidan kapasitesi (CUPRAC) analizi her bir fraksiyona uygulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.10-4.12’de gösterilmektedir. Şekillerdeki “Başlangıç” değeri sindirim öncesini, “PG (Post-gastric) mide çıkışı”, “IN” ince bağırsağa geçen kısmı, “OUT” kolona geçen kısmı ifade etmektedir. Her cinsin % geri kazanım değerleri toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antioksidan kapasitesi analizleri sonuçlarına göre IN değerinin başlangıç değerine oranlanması ile hesaplanmıştır (Geri kazanım(%)=(IN/Başlangıç)x100).

Toplam fenolik madde analizinin geri kazanım (%) sonuçlarına göre; KY, KÇ, YÇ, YS ve E örneklerin bütün halinde sırasıyla %12.98, %6.94, %18.11, %12.18, %18.96; doğranmış halinde sırasıyla %19.78, %12.68, %18.24, %15.48, %19.03 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.10). Tüm örneklerde doğranmış haldeki % geri kazanım değeri, bütün haldeki değere göre daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni olarak kesme işlemi sonucunda hücre çeperinden fenolik maddelerin kolayca geçebilmesi ile fenolik madde miktarında artış meydana geldiği düşünülebilir. En fazla artış KY cinsinde 1.8 kat olarak görülmüştür.

Çizelge 4.10: *In vitro* mide-bağırsak sindirim sistemi sonrasında marullarda toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişimler

	Toplam Fenolik Madde (mg /100 g kuru madde)									
	KY		KÇ		YÇ		YS		E	
	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D
Başlangıç	3.54	3.22	2.45	3.31	0.77	0.87	1.23	1.16	1.05	1.05
PG	2.16	0.55	1.19	1.17	0.47	0.49	0.5	0.73	0.51	0.6
IN	1.36	0.64	0.17	0.42	0.14	0.16	0.15	0.18	0.2	0.2
OUT	7.09	2.78	2.5	2.1	1.07	0.91	1.09	0.95	1.11	1.07
Geri kazanım (%)	12.98	19.78	6.94	12.68	18.11	18.24	12.18	15.48	18.96	19.03

Toplam flavonoid madde analizinin geri kazanım (%) sonuçlarına göre; KY, KÇ, YÇ, YS ve E örneklerin bütün halinde sırasıyla %9.56, %3.73, %2.10, %1.64, %2.66; doğranmış halinde sırasıyla %13.47, %9.01, %7.01, %5.50, %6.22 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.11). Tüm örneklerde doğranmış haldeki % geri kazanım değeri, bütün haldeki değere göre daha yüksek bulunmuştur. En fazla artış YÇ ve YS cinslerinde 3.3 kat, KÇ cinsinde 2.4 kat, E cinsinde 2.3 kat ve KY cinsinde 1.4 kat olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.11 : *In vitro* mide-bağırsak sindirim sistemi sonrasında marullarda toplam flavonoid madde miktarında meydana gelen değişimler

	Toplam Flavonoid Madde (mg /100 g kuru madde)									
	KY		KÇ		YÇ		YS		E	
	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D
Başlangıç	2.4	2	2.41	2.33	0.95	0.85	1.21	1.09	0.8	0.9
PG	1.18	0.38	1.99	2.16	0.18	0.17	0.2	0.17	0.09	0.15
IN	0.23	0.27	0.09	0.21	0.02	0.06	0.02	0.06	0.02	0.06
OUT	1.81	2.48	2.88	2.07	0.57	0.52	0.6	0.61	0.47	0.57
Geri kazanım (%)	9.56	13.47	3.73	9.01	2.10	7.01	1.64	5.50	2.66	6.22

Toplam antioksidan kapasitesi analizinin geri kazanım (%) sonuçlarına göre; KY, KÇ, YÇ, YS ve E örneklerin bütün halinde sırasıyla %9.69, %3.33, %2.47, %2.30, %4.69; doğranmış halinde sırasıyla %18.80, %6.55, %5.08, %5.80, %6.24 olarak

bulunmuştur (Çizelge 4.12). Tüm örneklerde doğranmış haldeki % geri kazanım değeri, bütün haldeki değere göre daha yüksek bulunmuştur En fazla artış YS cinsinde 2.5 kat, en az artış ise E cinsinde 1.3 kat olarak görülmüştür.

Çizelge 4.12: *In vitro* mide-bağırsak sindirim sistemi sonrasında marullarda toplam antioksidan kapasitesinde meydana gelen değişimler

	Toplam Antioksidan Kapasitesi (mg /100 g kuru madde)									
	KY		KÇ		YÇ		YS		E	
	B	D	B	D	B	D	B	D	B	D
Başlangıç	14.04	8.72	14.09	17.24	6.07	5.7	6.94	6.89	4.69	5.61
PG	8.12	10.93	8.57	9.36	2.42	2.6	2	2.63	2.7	3.01
IN	1.36	1.64	0.47	1.13	0.15	0.29	0.16	0.4	0.22	0.35
OUT	7.09	1.98	4.3	9.53	1.02	1.01	1.05	1.87	0.67	1.11
Geri kazanım (%)	9.69	18.80	3.33	6.55	2.47	5.08	2.30	5.80	4.69	6.24

Toplam fenolik ve flavonoid madde analizlerinde PG fraksiyonunun OUT fraksiyonundan düşük çıkmasının nedeni mide fazında bulunan enzim miktarının az olması ve inkübasyon süresinin yeterli gelmemesi sonucunda sindirim işleminin tam olarak sağlanamadığından kaynaklanmış olabilir (Bouayed ve diğ., 2011). Buna ek olarak, toplam antioksidan kapasitesi analizinde OUT fraksiyonu başlangıç ve PG fraksiyonundan yüksek bulunmuştur. Literatürde polifenollerin radikal toplayıcı aktivitesinin pH değerine bağımlı oldukları ve pH değerinde görülen artışın kapasiteyi önemli ölçüde arttırdığı belirtilmiştir (Tagliazucchi ve diğ., 2010). Farklı cinsteki marulların biyoyararlılıklarının farklı bulunmasının sebebi, bu çeşitlerde bulunan fenolik maddelerin çeşitlerinin ve miktarlarının birbirinden farklı olmasıdır.

5 SONUÇ

Taze olarak tüketim süresi oldukça kısıtlı olan marulun kesme işlemi sonrasında, içerdiği antioksidan bileşen miktarlarındaki değişimin belirlenmesi, taze kesilmiş ürünlerin üretiminde, depolanmasında ve satışında önem taşımaktadır. Bu çalışmada, 5 farklı marul çeşidi için bütün ve doğrama işlemine maruz kalmış yapraklar ile çalışılarak, doğrama işleminin antioksidan bileşenler üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Herbir marul çeşidi için doğranmış ve bütün haldeki yaprakların toplam fenolik madde içeriği karşılaştırıldığında, Yeşil Salad, Yeşil Çıtır ve Kırmızı Çıtır cinslerinin doğranmış hallerinde, bütün yapraklara oranla, artış; Endivyen ve Kırmızı Yaprak cinslerinin doğranmış hallerinde ise azalış tespit edilmiştir. Ancak bu artış ve azalış oranları istatistiksel olarak incelendiğinde önemsiz bulunmuştur. Doğranmış örnekler arasında en yüksek toplam fenolik madde içeriği Kırmızı Çıtır cinsinde bulunurken, bunu sırasıyla Kırmızı Yaprak, Yeşil Salad, Yeşil Çıtır ve Endivyen izlemiştir. Bütün haldeki örnekler arasında en yüksek toplam fenolik madde içeriği Kırmızı Yaprak cinsinde bulunurken, sırasıyla Kırmızı Çıtır, Yeşil Salad, Endivyen ve Yeşil Çıtır cinsinde tespit edilmiştir.

Kırmızı Yaprak cinsi marulda kesilmenin etkisi ile toplam flavonoid madde miktarında azalış görülmektedir, ve bu azalış istatistiksel olarak incelendiğinde önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Analiz edilen diğer marul cinslerinde de düşük düzeyde değişimler tespit edilmiştir; fakat bu değişimler istatistiksel olarak önemsiz düzeydedir.

Kesme işlemi uygulanmış marul çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoid miktarı Kırmızı Çıtır çeşidinde bulunurken, en düşük toplam flavonoid miktarı Endivyen marul çeşidinde olarak bulunmuştur. Bütün haldeki marul çeşitleri arasında en yüksek toplam flavonoid içeriğini Kırmızı Çıtır göstermiştir, bunun yanı sıra en düşük toplam flavonoid içeriğini toplam fenolik içeriği sonuçlarına benzer olarak Endivyen marul çeşidinde tespit edilmiştir.

Toplam antioksidan aktivitesi analizlerinin (DPPH, CUPRAC, ABTS, FRAP) sonuçları incelendiği zaman; Yeşil Çıtır cinsi marulların doğranmış örneklerinde azalış tespit edilmiştir, ancak istatistiksel olarak incelendiğinde sadece DPPH analizi sonucundaki değişim önemli bulunmuştur. Endivyen cinsi marullarda ise doğranmış örneklerin DPPH ve ABTS analizleri sonuçlarında azalış, CUPRAC ve FRAP analizleri sonuçlarında artış görülmüştür. Fakat bu değişimler yapılan istatistik sonucunda önemsiz bulunmuştur. Yeşil Salad cinsinde CUPRAC, ABTS ve FRAP analizleri sonuçlarında artış görülürken, DPPH analizi sonucunda ise bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Bu değişimler istatistiksel olarak incelendiğinde önemli ölçüde bir farklılık gözlemlenmemiştir. Kırmızı Çıtır cinsinde DPPH, CUPRAC ve FRAP analizleri sonucunda azalış; ABTS analizi sonucunda ise artış görülmüştür. İstatistiksel olarak CUPRAC analizinde görülen değişimler önemli bulunmuştur. Kırmızı Yaprak cinsinde toplam antioksidan aktivitesi analizlerinin sonuçlarında azalış görülmüştür; DPPH ve CUPRAC analizlerinin sonuçlarında önemli ölçüde bir farklılık gözlemlenmiştir.

Örneklerde kafeoltartarik asit, klorojenik asit, hidrokisisinamik asit türevleri, chicoric asit, kuersetin türevleri, kaemferol türevleri ve siyanidin-3-O-glukozit tespit edilmiştir. Bütün haldeki Kırmızı Yaprak, Kırmızı Çıtır, Yeşil Çıtır ve Yeşil Salad marul cinslerinde ana fenolik bileşik klorojenik asit; Endivyen marul cinsinde ise chicoric asit olarak bulunmuştur. Klorojenik asit en yüksek miktarda Kırmızı Yaprak cinsinde ve en düşük miktarda Endivyen cinsinde bulunmuştur. Siyanidin-3-O-glukozit miktarı en yüksek Kırmızı Çıtır marul cinsinde bulunmuştur.

Doğranmış haldeki Kırmızı Yaprak, Kırmızı Çıtır, Yeşil Çıtır ve Yeşil Salad marul cinslerinde ana fenolik bileşik klorojenik asit; Endivyen marul cinsinde ise chicoric asit olarak bulunmuştur. Klorojenik asit en yüksek miktarda Kırmızı Yaprak cinsinde ve en düşük miktarda Endivyen cinsinde bulunmuştur. Örneklerin bütün ve doğranmış hallerindeki klorojenik asit miktarları karşılaştırıldığında 3 cinsten (Kırmızı Yaprak %15, Kırmızı Çıtır %40, Yeşil Çıtır %20) azalış, 2 cinsten (Yeşil Salad %58, Endivyen %16) artış görülmüştür. Örneklerin bütün ve doğranmış hallerindeki chicoric asit miktarları karşılaştırıldığında Kırmızı Yaprak %127, Kırmızı Çıtır %59, Yeşil Çıtır %134, Yeşil Salad %27, Endivyen %17 oranında artış görülmüştür. Kırmızı renkli marulların bütün ve doğranmış hallerindeki antosiyanin miktarları

karşılaştırıldığında Kırmızı Yaprak cinsinde %31 azalma, Kırmızı Çıtır cinsinde %10 artış bulunmuştur.

Toplam fenolik madde analizinin geri kazanım (%) sonuçlarına göre; Kırmızı Yaprak, Kırmızı Çıtır, Yeşil Çıtır, Yeşil Salad ve Endivyen örneklerin bütün halinde sırasıyla %13.0, %6.9, %18.1, %12.2, %19.0; doğranmış halinde sırasıyla %19.8, %12.7, %18.2, %15.5, %19.0 olarak bulunmuştur . Tüm örneklerde doğranmış haldeki % geri kazanım değeri, bütün haldeki değere göre daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni olarak kesme işlemi sonucunda hücre çeperinden fenolik maddelerin kolayca geçebilmesi ile fenolik madde miktarında artış meydana geldiği düşünülebilir. En fazla artış Kırmızı Yaprak cinsinde 1.8 kat olarak görülmüştür.

Toplam flavonoid madde analizinin geri kazanım (%) sonuçlarına göre; Kırmızı Yaprak, Kırmızı Çıtır, Yeşil Çıtır, Yeşil Salad ve Endivyen örneklerin bütün halinde sırasıyla %9.6, %3.7, %2.1, %1.6, %2.7; doğranmış halinde sırasıyla %13.5, %9.0, %7.0, %5.5, %6.2 olarak bulunmuştur . Tüm örneklerde doğranmış haldeki % geri kazanım değeri, bütün haldeki değere göre daha yüksek bulunmuştur. En fazla artış Yeşil Çıtır ve Yeşil Salad cinslerinde 3.3 kat, Kırmızı Çıtır cinsinde 2.4 kat, Endivyen cinsinde 2.3 kat ve Kırmızı Yaprak cinsinde 1.4 kat olarak hesaplanmıştır.

Toplam antioksidan kapasitesi analizinin geri kazanım (%) sonuçlarına göre; Kırmızı Yaprak, Kırmızı Çıtır, Yeşil Çıtır, Yeşil Salad ve Endivyen örneklerin bütün halinde sırasıyla %9.69, %3.33, %2.47, %2.30, %4.69; doğranmış halinde sırasıyla %18.80, %6.55, %5.08, %5.80, %6.24 olarak bulunmuştur. Tüm örneklerde doğranmış haldeki % geri kazanım değeri, bütün haldeki değere göre daha yüksek bulunmuştur. En fazla artış Yeşil Salad cinsinde 2.5 kat, en az artış ise Endivyen cinsinde 1.3 kat olarak görülmüştür.

Yapılan analizlerin sonucunda beklenildiğinin aksine kesme işleminin antioksidan bileşenlerin miktarında artış da oluşturabileceği görülmüştür. Artışın olmadığı durumlarda bile genellikle sonuçlar yakın sonuçlar vermiştir. Ayrıca, yapılan çalışmalar elde edilen sonuçların marulların çeşidine, yetiştirme koşullarına, bileşimine, içerdiği antioksidanların çeşit ve miktarına göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Türkiye’de yaş meyve ve sebze üretiminin yalnızca %5’i ihraç edilmektedir. Üretilen yaş meyve ve sebzelerin %95’i ülke içinde kalmakta, bu miktarının %25-30’u ise

tüketim merkezlerine ulaşamadan çürümektedir. Ayrıca tüketiciye ulaşan ürünlerin bir kısmı da bozularak atılmaktadır. Fakat minimum işlem görmüş meyve ve sebzelerin kullanılması, ürünün hasattan tüketiciye ulaşmaya kadar geçen süreyi kısaltmakta ve ürün kayıplarını en aza indirmektedir. Türkiye’de bu konuda yeterli araştırma yapılmamıştır. Alternatif ürün arayışı içinde olan çiftçimiz veya sanayicimiz için bu yeni işleme tekniği iyi bir seçenek olabilir. Bu yeni işleme tekniği sayesinde tüketimi fazla olmayan ve sadece yerel bölgelerde yetiştirilen meyve ve sebzelerin pazarlanması mümkün olabilecektir. Ayrıca standart dışı, mekanik olarak zararlanmış meyve ve sebzelerin bu yöntemle değerlendirilmesi de mümkün olabilecektir. Özellikle büyük bir meyve sebze üreticisi olan ülkemizde modifiye atmosfer paketlenme ve yenilebilir film kaplamanın değişik ürünler için deneysel analizleri yapılmalıdır. Uygun kesim sonrası koşullar ve raf ömürleri bu konu üzerine bilimsel çalışmalar yapılarak belirlenmelidir. Böylece şu anda kullanılmayan meyve ve sebzelerin Türkiye’de üretimi ve satışı gerçekleştirilebilir. Ayrıca, Avrupa ülkelerinde bu tür ürünlere olan talepteki artış ülkemiz için yeni bir ihracat kapısının açılmasına neden olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Anese, M., Nicole, M. C., ve Parpinel, M.,** 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends Food Sci. Tech.* 10:94-100
- Ayhan, Z., Eştürk, O.,ve Taş, E.,** 2008. Effect of map on the quality and shelf life of minimally processed carrots. *Turk J Agric For* 32, 57-64 Tubitak
- Baldwin E.A. ve Bai J.,** 2010. Physiology Of Fresh Cut Fruits And Vegetables, *Advances In Fresh Fruits And Vegetables Processing*, 4: 87-115
- Becker, E.M., Nissen, L.S., ve Skibsted L.H.,** 2004. Antioxidant evaluation protocols: Food quality or health effects. *European Food Research and Techonology*, 10.107/s00217-004-1012-4.
- Bhagwat, A.A.,** 2006. Microbiological safety of fresh-cut produce: where are we now? In: *Microbiology of fresh produce*, Washington, pp.121–166.
- Bouayed, J., Hoffmann, L., & Bohn, T.** 2011. Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. *Food Chemistry*, 128(1), 14–21.
- Capanoglu, E., Otkun, G.T., Boyacıoglu, D.** 2010 . Flavonoidlerin biyoyararlılığını etkileyen faktörler. *GIDA*. 35 (5): 387-394.
- Cook, R.** 2008. The dynamic U.S. fresh produce industry: an industry in transition. *Fresh fruit and Vegetable Marketing and Trade Information*, University of California, Davis.
- Cook, R.** 2009. *Trends in the marketing of fresh produce and fresh-cut products*. <http://www.agecon.ucdavis.edu/people/faculty/facultydocs/Cook/Articles/freshcut2009Cook090922.pdf>
- Cornelli, U.** 2009. Antioxidant use in nutraceuticals. *Clin Dermatol*, 27: 175–94.
- Del caro, A., piga, A. ve Agabbio, M. V. V.** 2004 Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. *Food Chemistry*. 84:99-105
- Erbay, B.,** 2007. Taze Kesilmiş Elma Dilimlerinde Renk Değişiminin Bilgisayarlı Görüntüleme Sistemi İle İncelenmesi.
- Ergun M., Ergun N., ve Sütyemez M.,** 2008. Bazı Kiraz Çeşitlerinin Taze Kesme İşlemine Uygunluğu. *Ksü Fen Ve Mühendislik Dergisi* 11 (2), 92-96.

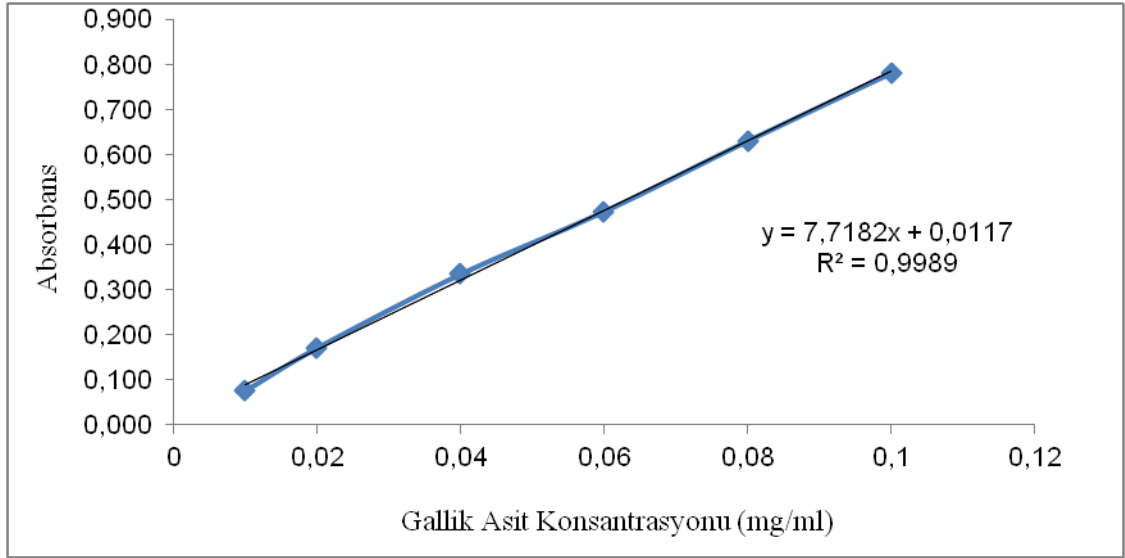
- Ergun M., ve Ergun N.** 2007. Dilimlenmiş Hıyarın Raf Ömrünün Modifiye Atmosfer Paketlemesi Ve Kalsiyum Laktat Uygulaması İle Uzatılması. *Ksü Fen Ve Mühendislik Dergisi* 10(2), 94-99.
- Garcia, E., and D.M. Barrett.** 2005. Fresh-cut fruits. In: *Processing fruits science and technology*. 53–72.
- Garner, E.** 2008. European trends in fresh-cut convenience. Conference presented at the Freshconex, Berlin, Germany.
- Garrett, E.H.,** 2002. Fresh-cut produce: tracks and trends. In: *Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology and market*. pp. 1–10.
- Gil, M. I., Aguayo E., Kader, A. A.,** 2006. Quality changes and nutrient retention in fresh cut versus whole fruits during storage. *Journal of Food science and Technology*. 54:4284-4296
- Halvorsen Bl., Holte K., Myhrstad Mcw., Barigmo I., Hvattum E., Remberg S. F.,** 2002. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants.” *The Journal of Nutrition*, 132(3), 461-471
- Izumi, H.,** 2007. Current status of the fresh-cut produce industry and sanitizing technologies in Japan. *Acta Horticulturae* 746: 45–52.
- James, J. B. ve Ngarmak, T.,** 2010. Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: A technical guide
- Jongen W. M. F.,** 2002. Fruit And Vegetable Processing Improving Quality. DA, 2001.
- Kang, H. M. ve Saltveit, M.E.,** 2002. Antioxidant capacity of lettuce leaf tissue increases after wounding. *Journey Food Science and Technology*. 50:7536-7541
- Kenny, O. ve O’Beirne, D.** 2010 antioxidant phytochemicals in fresh cut carrot disks as affected by peeling method. *Postharvest Biology and Technology*, 58(3): 247-253
- Kim, J.G.** 2007. Fresh-cut market potential and challenges in Far-East Asia. *Acta. Hort.* 746, 53-60.
- Lana, M. M.** 2008. Tomatoes and tomato products: nutritional, medicinal and therapeutic properties, eds. Victor R. Preedy and Ronald R. Watson, pp 345-375
- Lana, M. M. ve Tijssens, I. M. M.** 2006. Effects of cutting and maturity on antioxidant activity of fresh cut tomatoes. *Food Chemistry*, 97:203-2011

- Liang, L., Wu, W., Zhao, T., Zhao, J., Li, F., Zou, Y., 2012.** In vitro bioaccessibility and antioxidant activity of anthocyanins from mulberry (*Morus atropurpurea* Roxb.) following simulated gastro-intestinal digestion. *Food Research International*, 46,76–82.
- Llorach, R., Tomás-Barberán, F.A., Ferreres, F., 2004.** Lettuce and chicory byproducts as a source of antioxidant phenolic extracts. *J. Agric. Food Chem.* 52,5109–5116
- Makris, D. P. ve Rossiter, J. T. 2001.** Domestic processing of onion bulbs (*Allium cepa*) and Asparagus Spears (*Asparagus officinalis*). *J. Agric. Food Chem.*, 49(7), pp 3216-3222
- Martin – Diana A.B., Rico D., Frias J.M., Barat J.M., Henahan, G.T.M., Barry-Ryan C., 2008.** Calcium For Extending The Shelf Life Of Fresh Whole And Minimally Processed Fruits And Vegetables. *Trends in Food Science And Technology* 18, 210-218
- Martinez, J. A., S. Sgroppo, C. Sanchez-Moreno, B. De Ancos, ve M. P. Cano. 2005.** Effects of processing and storage of fresh cut onion on quercetin. *Acta. Hort.* 682:1889-1894
- Mayen, C., ve Marshall, I. M. 2005.** Opportunities in the fresh cut fruit sector for India melon growers, *Purdue New Ventures*, EC-732
- McDougall, G.J., Dobson, P., Smith, P., Blake, A. and Stewart, D. 2005a.** Assessing potential bioavailability of raspberry anthocyanins using an in vitro digestion system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 5896-5904.
- McDougall, G.J., Dobson, P., Smith, P., Blake, A. and Stewart, D. 2005b.** Assessing potential bioavailability of raspberry anthocyanins using an in vitro digestion system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 5896-5904.
- McDonald's. 2006.** Food quality at McDonald's. Fact sheet.<http://www.mcdonalds.com/corp/about/factsheets.pdf> (accessed September 12, 2012).
- Montero-Calderon, M., Rojas-Graü, M.A., Martin- Belloso, O. 2008.** Effect Of Packing Conditions On Quality And Shelf Life Pineapple(*Ananas Comosus*). *Postharvest Biology And Tecchnology* 50, 182-189.
- Moure, A. Cruz, J. M, ve Franco, J. D., 2000.** Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, 172: 145–71.
- Nicola S., Tibaldi, G. ve Fontana E., 2009.** Fresh Cut Produce Quality: Implications For A Systems Approach
- Nicola, S., E. Fontana, C. Torassa, and J. Hoeberechts. 2006.** Fresh-cut produce: postharvest critical issues. *Acta Horticulturae* 712: 223–230.

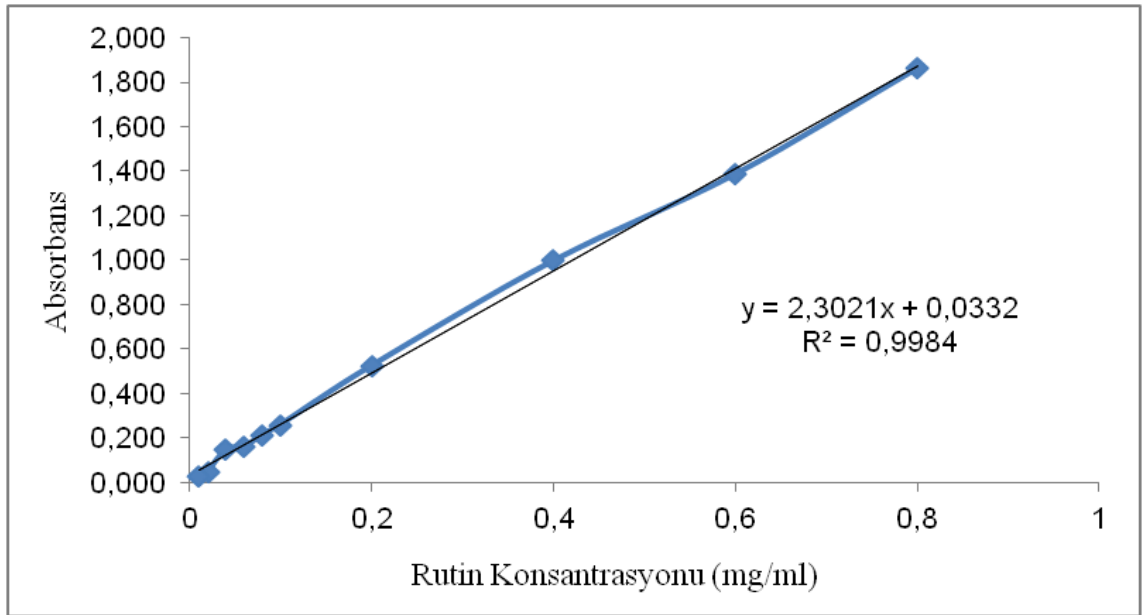
- Özgen, M., ve Scheerens, J.C.,** 2006. Bazı Kırmızı Ve Siyah Ahududu Çeşitlerinin Antioksidan Kapasitelerinin Modifiye Edilmiş Teac Yöntemi İle Saptanması Ve Antikanser Özelliklerinin Tartışılması. II. Üzümsü Meyveler Sempozyumu, Tokat, 2006.
- Özgen, M., ve Tokbaş, H.,** 2007. Işıklanma ve Meyve Dokusunun Amasya Ve Fuji Elmalarında Antioksidan Kapasitesine Etkisi. Gopü Ziraat Fakültesi Dergisi, 24(2), 1-5.
- Parada J, Aguliera J.M.** 2007. Food Microstructure Affects the Bioavailability of Several Nutrients. *J Food Sci*, 72 (2), 21-32.
- Plaza, L., Crespo I., de Pascual-Teresa, S., de Ancaoss, B., Sanchez-Moreno, C., Munoz, M. ve Cano M. P.,** 2011. Impact of minimal processing on orange bioactive compounds during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 124: 646-651
- Reyes, L. F. And L. Cisneros-Zevallos.** 2003. Wounding stress increases the phenolic content and antioxidant capacity of purple-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51:5296-5300
- Sabır-Küçükbasmacı F.,** 2008. Bütün ve Taze Doğranmış Domateslerde Farklı Derim Sonrası Uygulamaların Muhafaza Süresi Ve Kalite Üzerine Etkileri
- Sanguanpuag, K., Kanlayanarat, S. ve Tanprasert, K.** 2007. Trends of fresh-cut produce in Thai retail markets for identification of packaging for shredded green papaya. *Acta Horticulturae*, 746: 481-483.
- Senem İşbilir, Ş.,** 2008. Yaprakları salata- baharat olarak tüketilen bazı bitkilerin antioksidan aktivitelerinin incelenmesi. Doktora tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, ss 4-35
- Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., Bertolini, D. and Conte, A.** 2010. In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chemistry*, 120, 599-606.
- Url-1** < <http://www.organikoop.com/salata-%28lectuca-sativa%29#>>, alındığı tarih: 29.10.20013.
- Url-2** < http://www.kupat.com.tr/uretim_iceberg.html>, alındığı tarih: 10.10.2013.
- Url-3** < <http://hobibahcemiz.net/viewtopic.php?f=57&t=8717>>, alındığı tarih: 17.10.2013.
- Yılmaz, D.** 2001. Fitokimyasallar ve sağlıklı yaşam. *The Medical Journal of Kocatepe*:131-138

EK

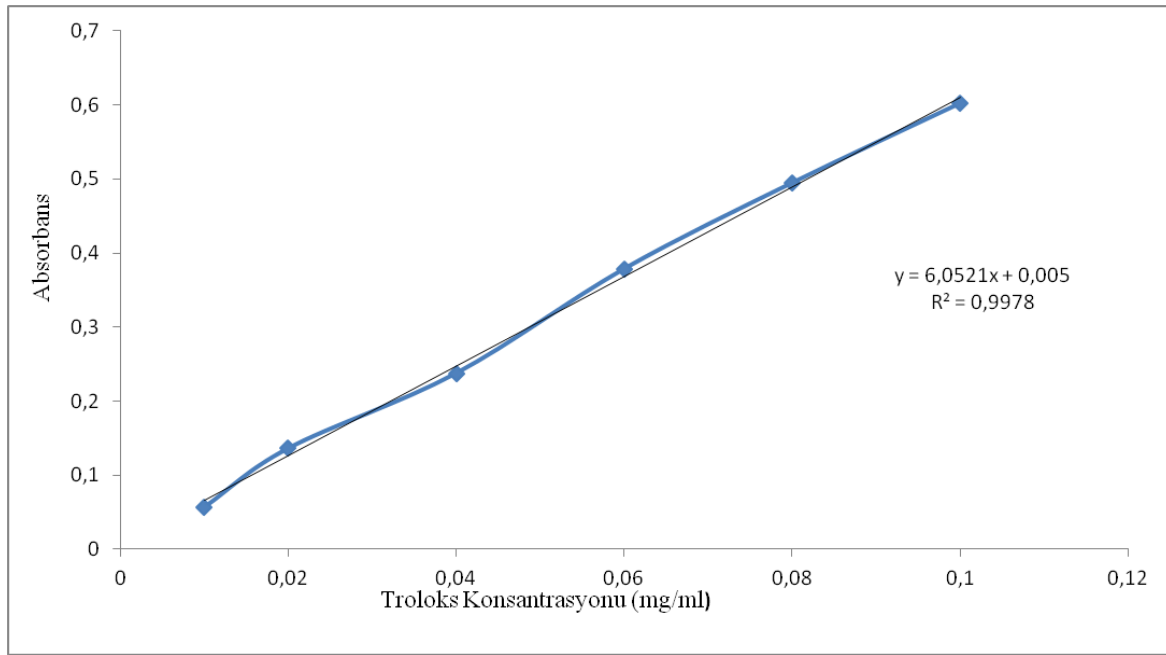
EK A: KALİBRASYON EĞRİLERİ



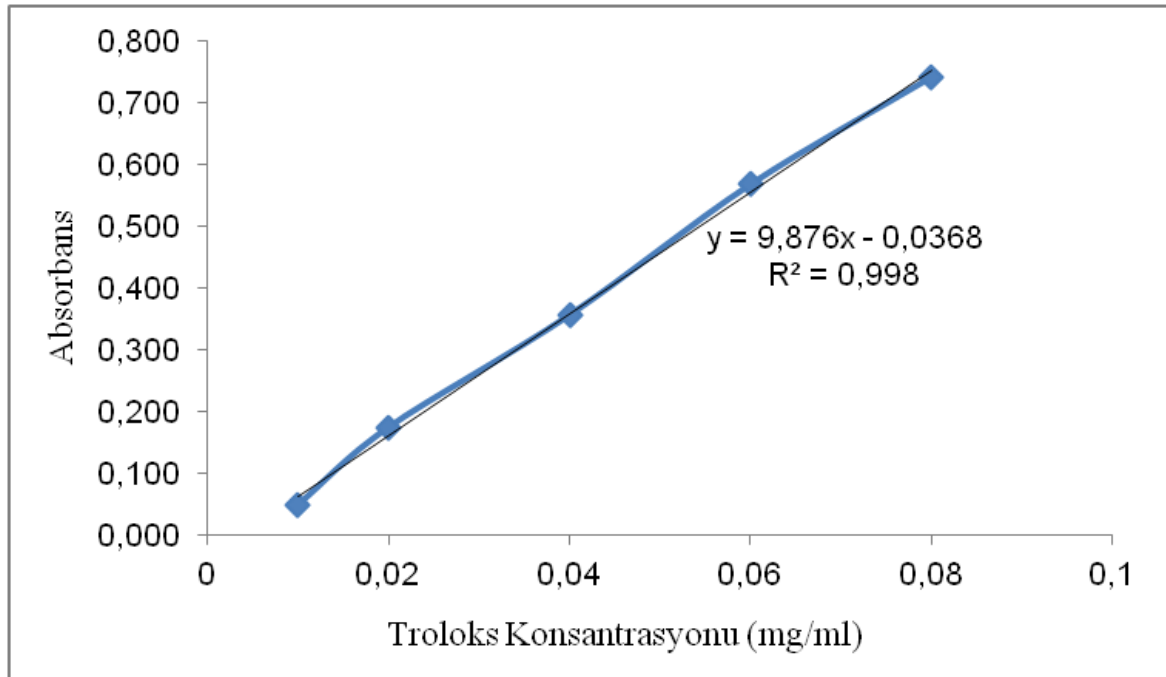
Şekil A.1: %0.1 formik asit içeren %75'lik su-metanol'deki toplam fenolik madde kalibrasyon eğrisi



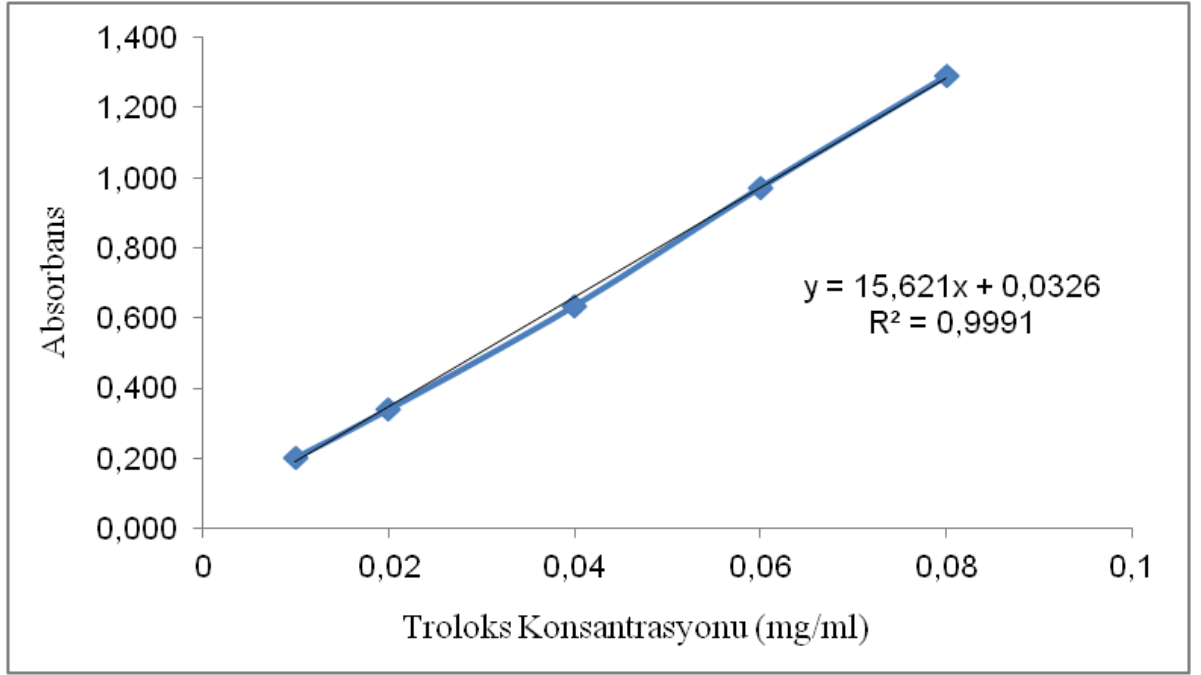
Şekil A.2: %0.1 formik asit içeren %75'lik su-metanol'deki toplam flavonoid madde kalibrasyon eğrisi



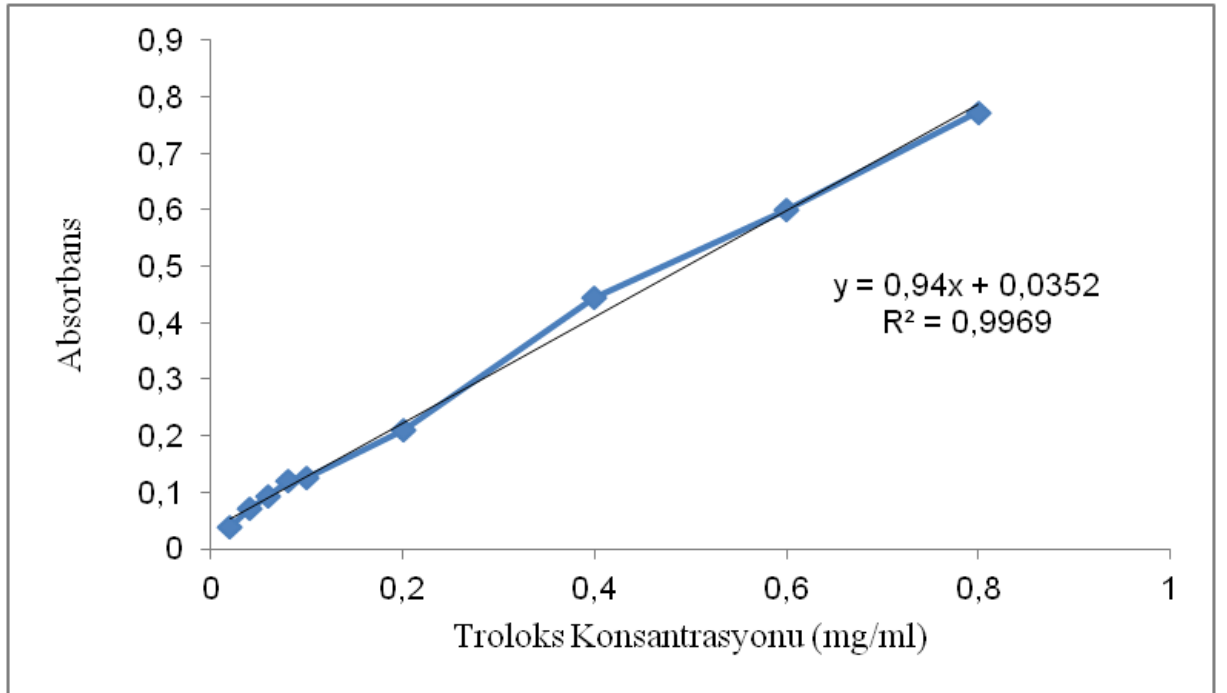
Şekil A.3: %0.1 formik asit içeren %75'lik su-metanol'deki DPPH kalibrasyon eğrisi



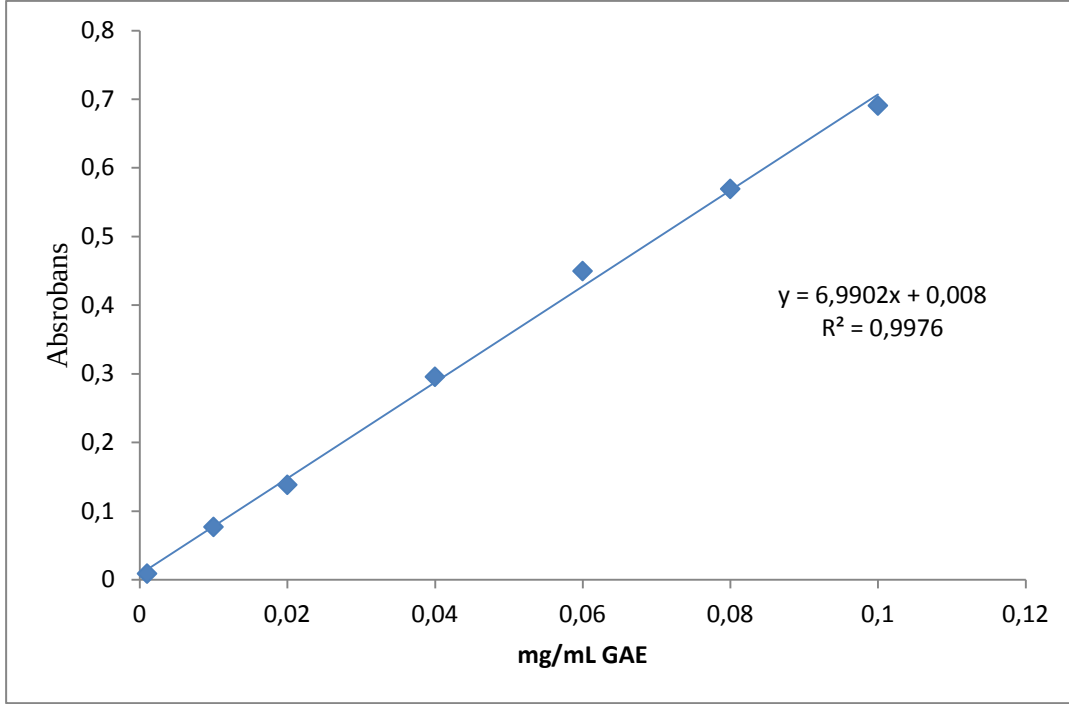
Şekil A.4: %0.1 formik asit içeren %75'lik su-metanol'deki ABTS kalibrasyon eğrisi



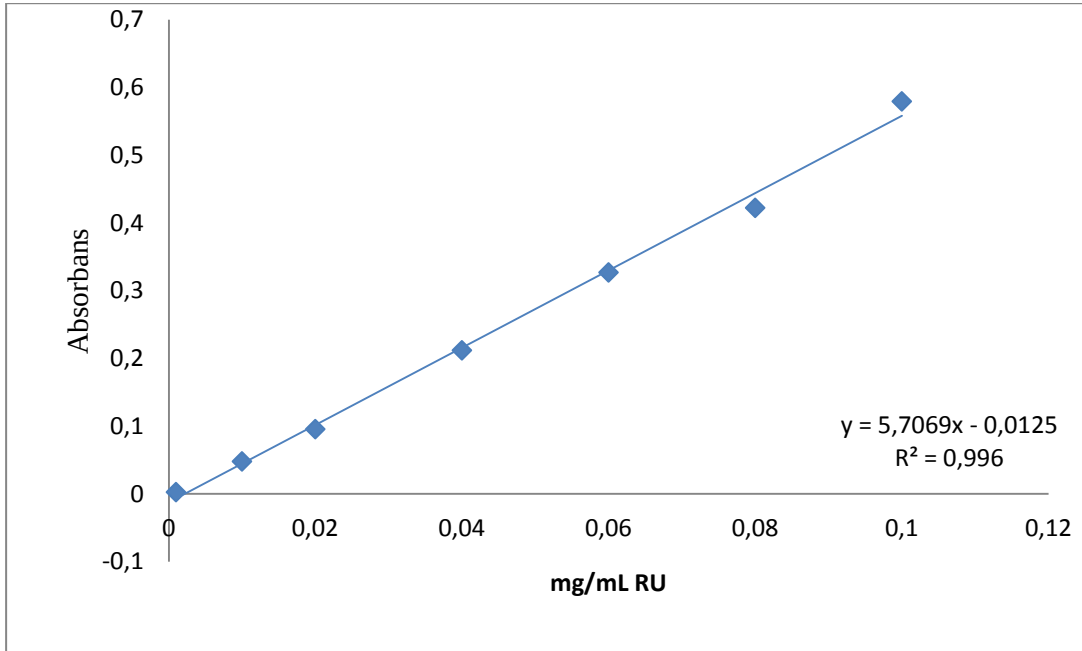
Şekil A.5: %0.1 formik asit içeren %75'lik su-metanol'deki FRAP kalibrasyon eğrisi



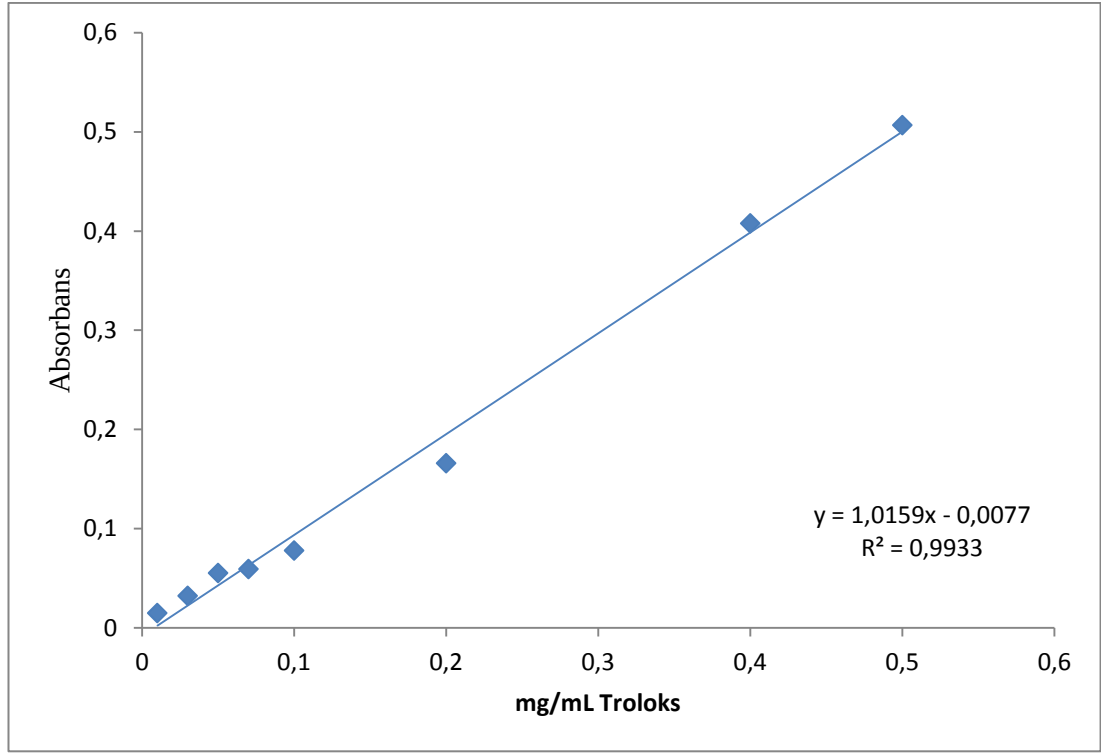
Şekil A.6: %0.1 formik asit içeren %75'lik su-metanol'deki CUPRAC kalibrasyon eğrisi



Şekil A.7: %100 metanol'deki toplam fenolik madde kalibrasyon eğrisi (IN, OUT ve PG fraksiyonları için)



Şekil A.8: %100 metanol'deki toplam flavonoid madde kalibrasyon eğrisi (IN, OUT ve PG fraksiyonları için)



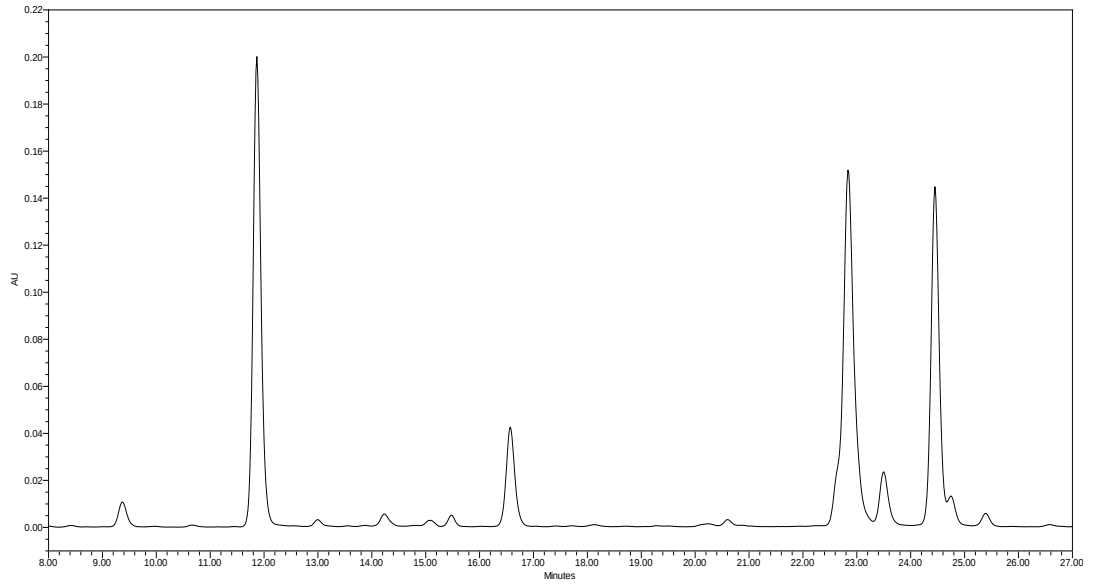
Şekil A.9: %100 metanol'deki CUPRAC kalibrasyon eğrisi (IN, OUT ve PG fraksiyonları için)

EK B : ANOVA ÇİZELGELERİ

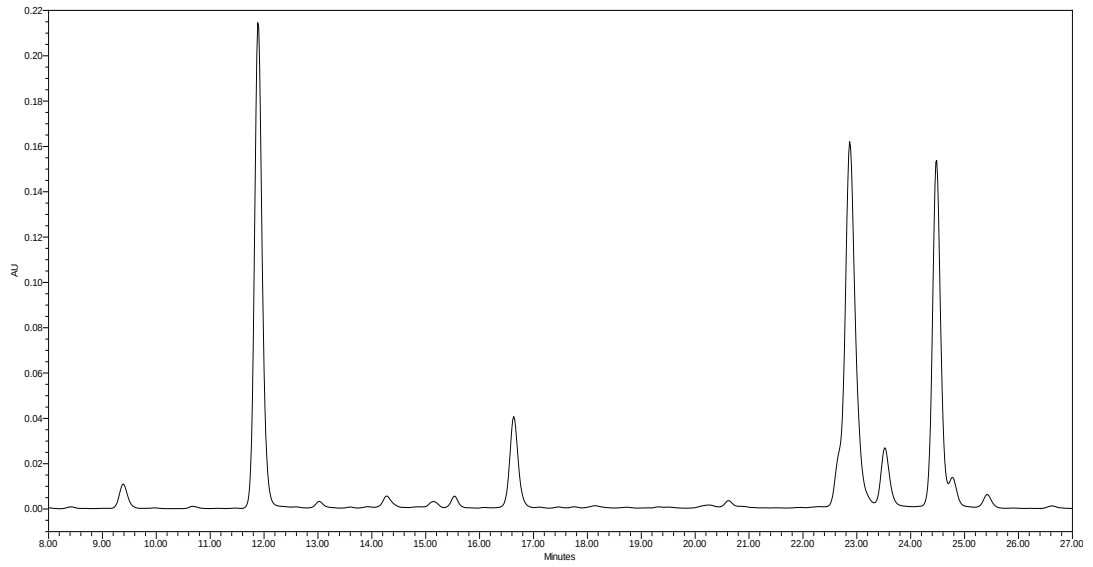
Çizelge B.1: Yapılan analizlere ait istatistiksel analiz sonuçları

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TF	Between Groups	2601,434	9	289,048	64,259	,000
	Within Groups	89,963	20	4,498		
	Total	2691,397	29			
TP	Between Groups	8070,292	9	896,699	182,311	,000
	Within Groups	98,370	20	4,919		
	Total	8168,662	29			
CUPRAC	Between Groups	127261,362	9	14140,151	67,203	,000
	Within Groups	4208,168	20	210,408		
	Total	131469,531	29			
ABTS	Between Groups	26384,869	9	2931,652	619,721	,000
	Within Groups	94,612	20	4,731		
	Total	26479,482	29			
DPPH	Between Groups	6311,958	9	701,329	127,279	,000
	Within Groups	110,204	20	5,510		
	Total	6422,162	29			
FRAP	Between Groups	10190,343	9	1132,260	66,669	,000
	Within Groups	339,665	20	16,983		
	Total	10530,008	29			

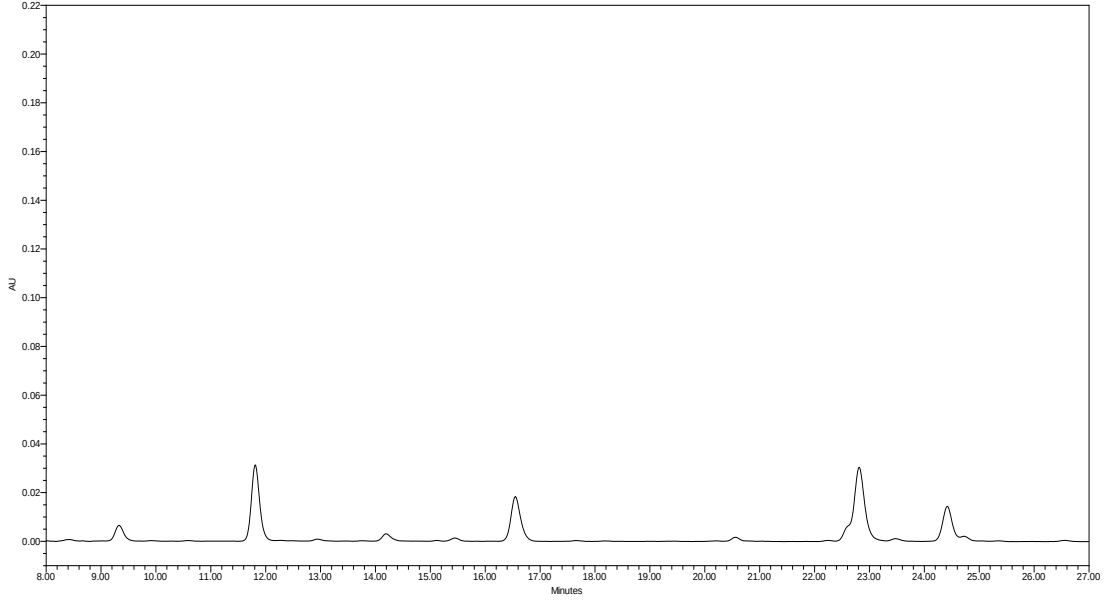
EK C : HPLC KROMATOGRAMLARI



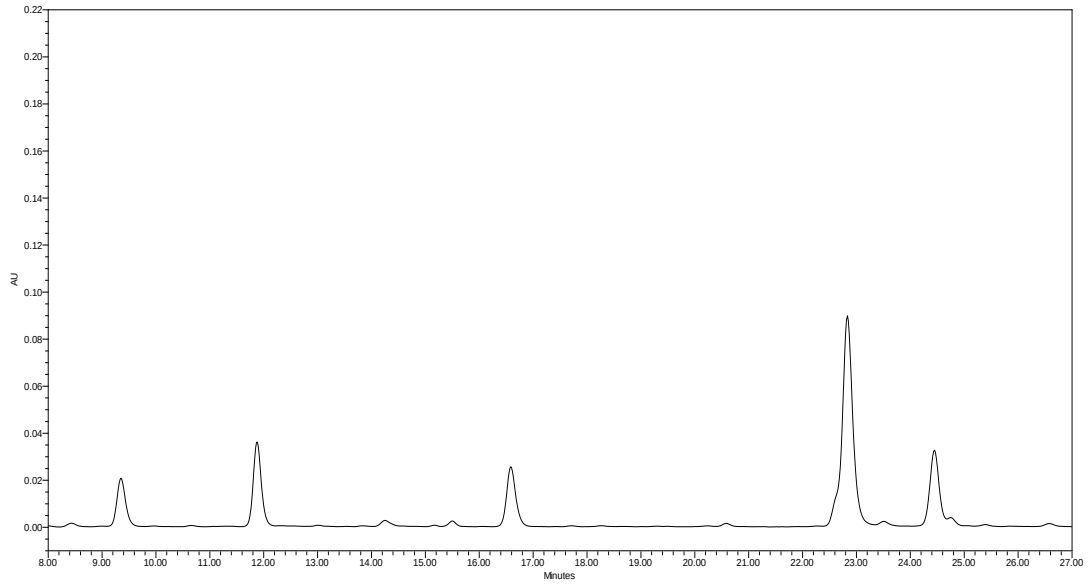
Şekil C.1: Kırmızı yaprak cinsi marulun 312 nm’deki kromatogramı



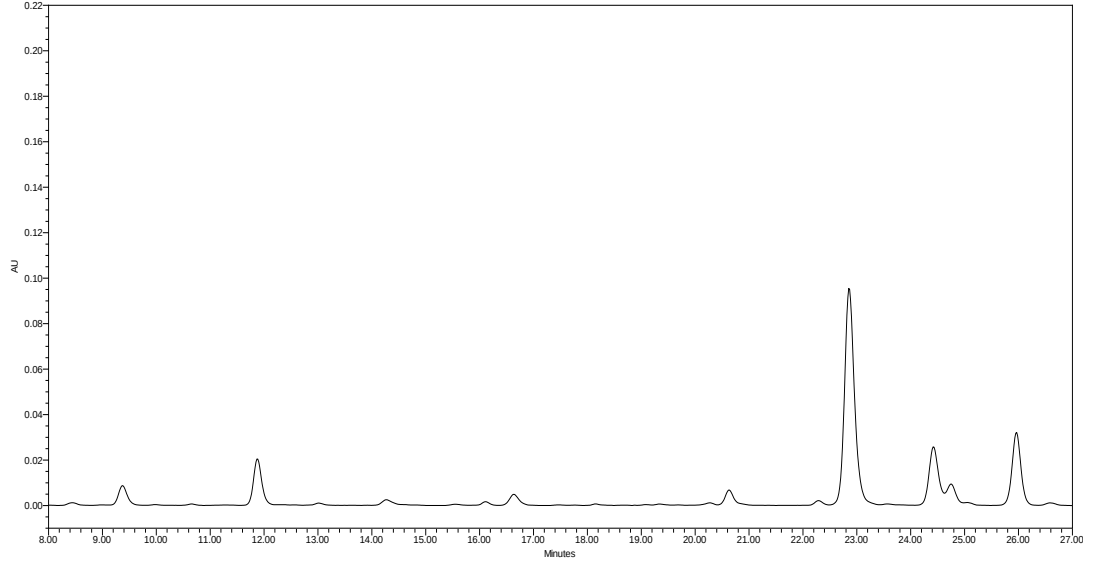
Şekil C.2: Kırmızı çıtır cinsi marulun 312 nm’deki kromatogramı



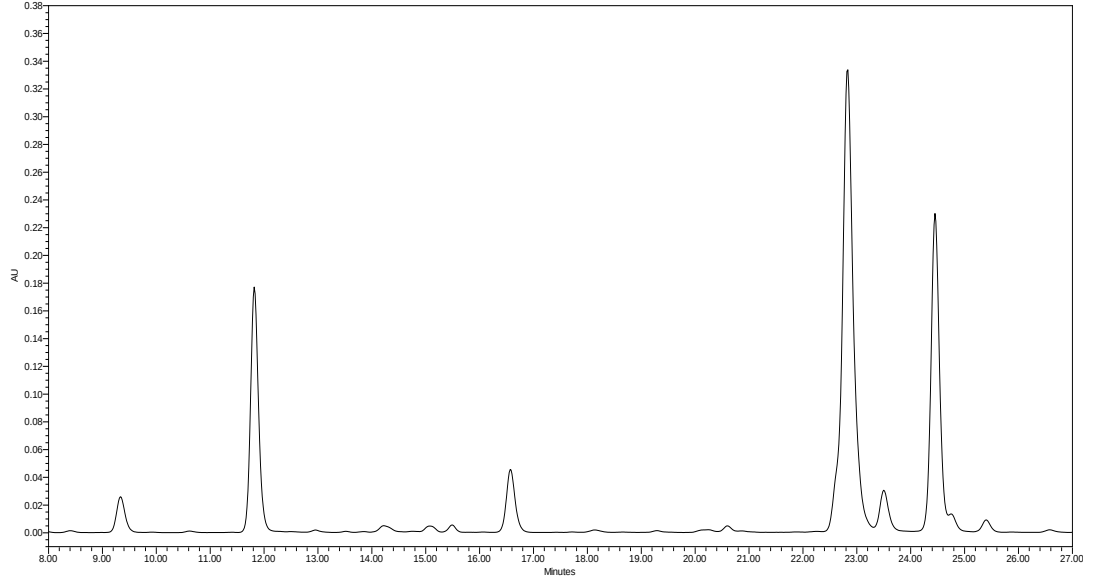
Şekil C.3: Yeşil çıtır cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı



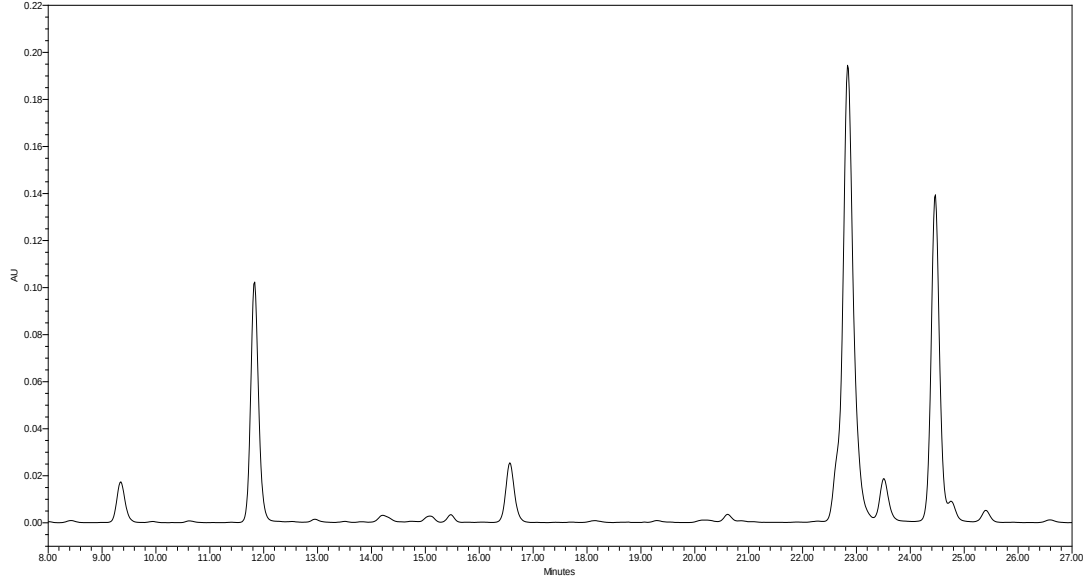
Şekil C.4: Yeşil salad cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı



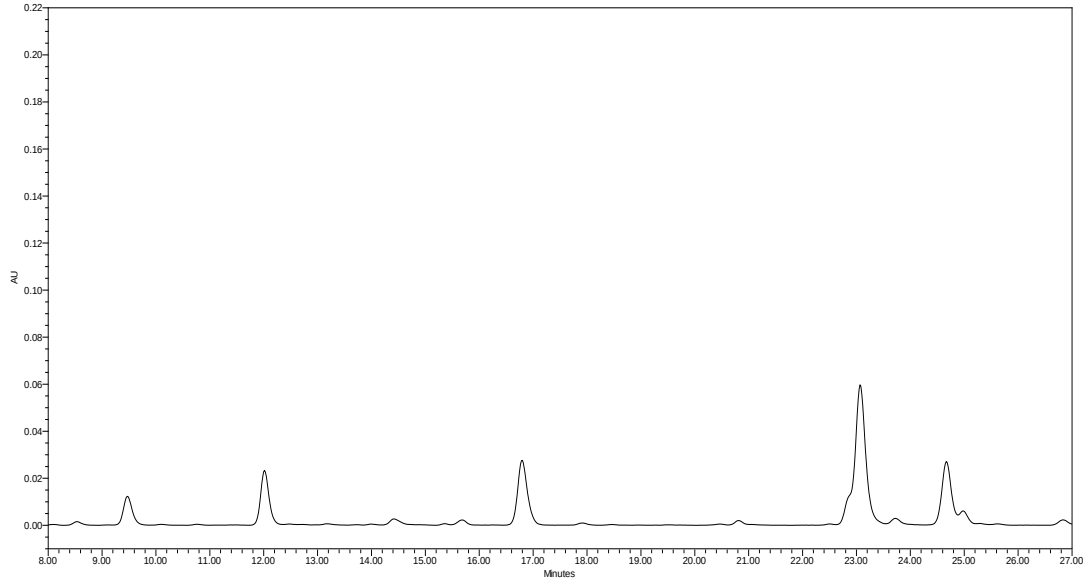
Şekil C.5: Endivyen cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı



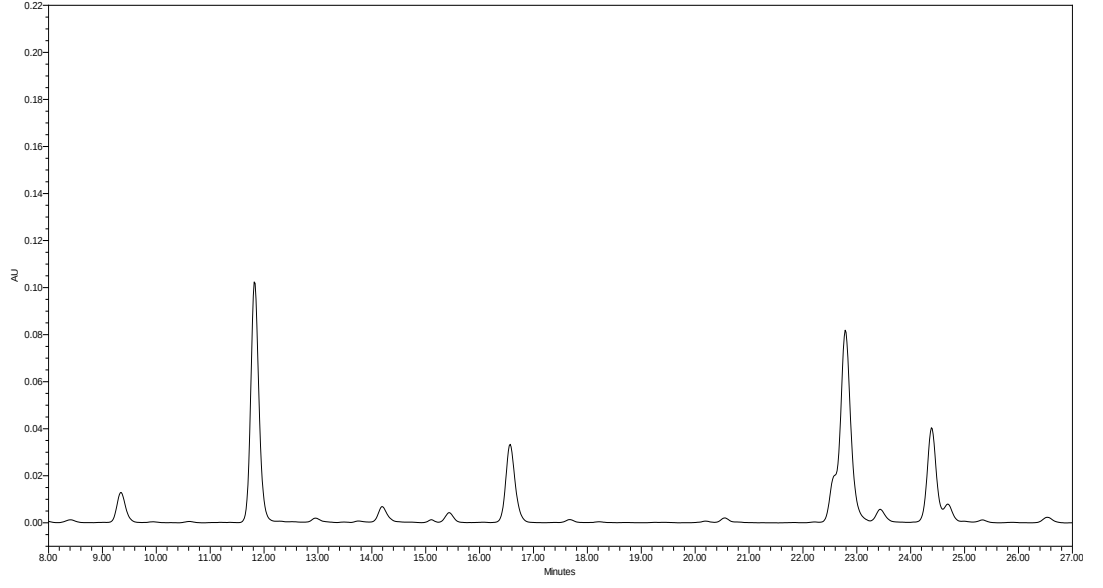
Şekil C.6: Kırmızı yaprak (doğranmış) cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı



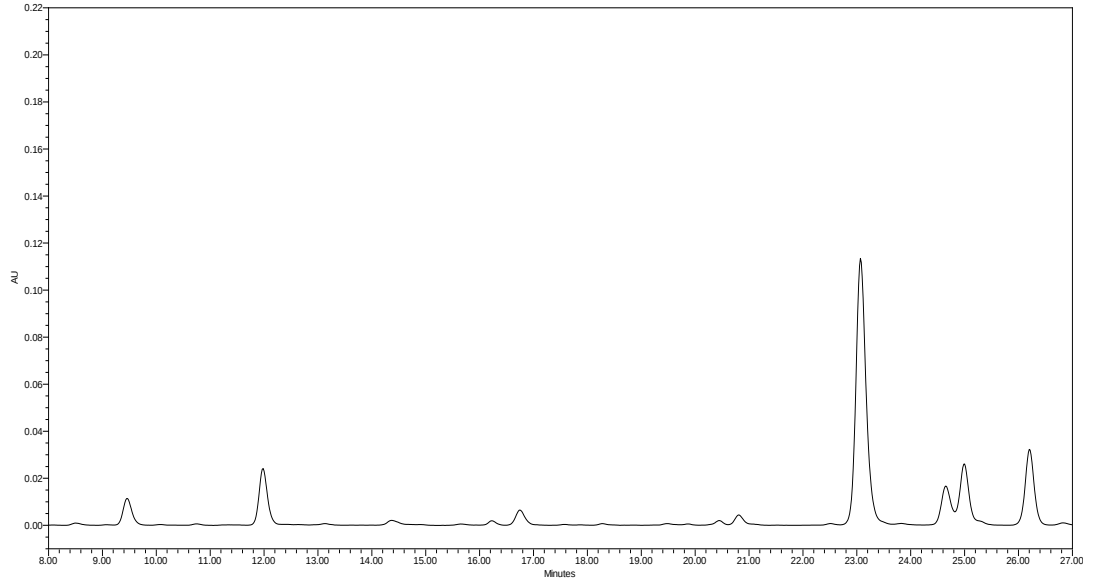
Şekil C.7: Kırmızı çıtır (doğranmış) cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı



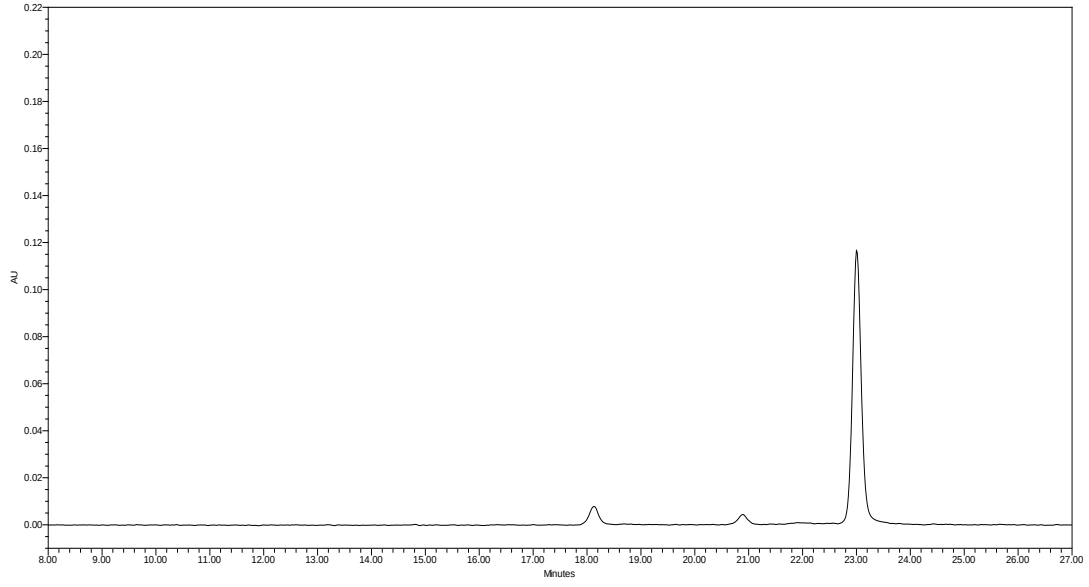
Şekil C.8: Yeşil çıtır (doğranmış) cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı



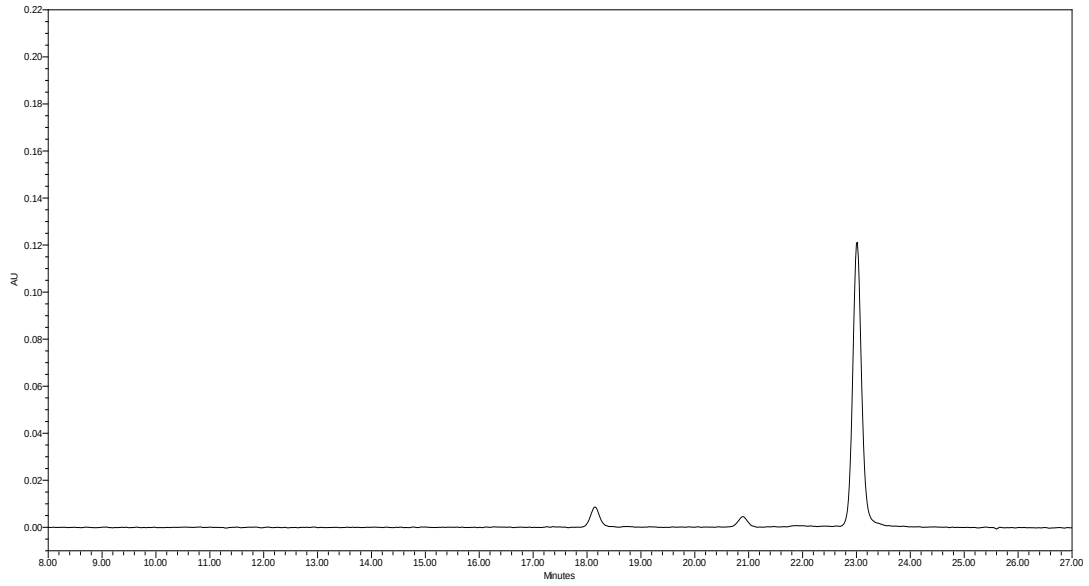
Şekil C.9: Yeşil salad (doğranmış) cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı



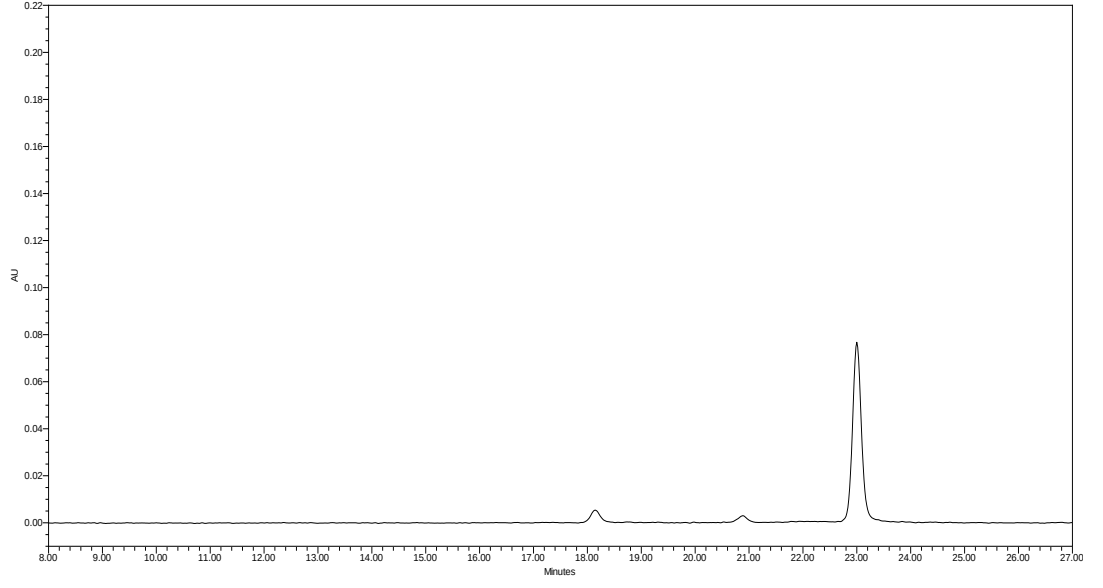
Şekil C.10: Endivyen (doğranmış) cinsi marulun 312 nm'deki kromatogramı



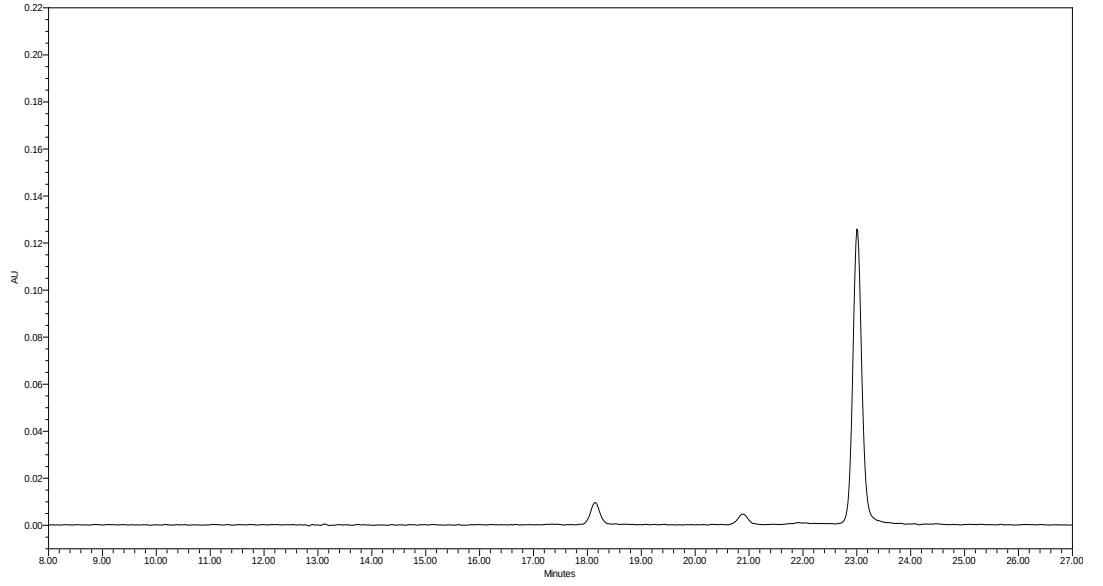
Şekil C.11: Kırmızı yaprak cinsi marulun 520 nm'deki kromatogramı



Şekil C.12: Kırmızı çıtır cinsi marulun 520 nm'deki kromatogramı



Şekil C.13: Kırmızı yaprak (doğranmış) cinsi marulun 520 nm’deki kromatogramı



Şekil C.14: Kırmızı çıtır (doğranmış) cinsi marulun 520 nm’deki kromatogramı

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Gözde DOĞAN

Doğum Yeri ve Tarihi: Antalya – 30.01.1989

Adres: Nuh Kuyusu Cad., Valide-I Atik Mah, Üsküdar/İSTANBUL

E-mail : gozdedogan.89@gmail.com

Lisans: Akdeniz Üniversitesi – Gıda Mühendisliği Bölümü

İş Deneyimi :

- DİMES Meyve Suyu Fabrikası/ Tokat (2010)

3 Haftalık yaz stajı (Meyve Suyu Üretimi, Süt ve Süt Ürünleri, Şarap Üretimi, Marmelat Üretimi, Kalite Kontrol Bölümü)

- YENİGÜN Gıda Sanayi/Antalya (2009)

4 Haftalık yaz stajı (Reçel Üretimi, Turşu Üretimi, Lokum Üretimi, Meyve Çayı Üretimi)

- ANTLAB Antalya Kalibrasyon Mikrobiyoloji ve Gıda Laboratuvarı/ Antalya (2008, 2009)

7 Haftalık yaz stajı (Gıda Analizleri)

- CLUB ZİGANA OTEL/ Antalya (2008)

4 Haftalık yaz stajı (Gıda üretim, Kalite Kontrol, Tesis ve Gıda Hijyeni)