

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

**ZENCEFİL VE DOMATESİN ANTİOKSİDAN  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ÇEŞİTLİ KURUTMA  
YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özlem AKTÜRK**

**Enstitü Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ**  
**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Omca DEMİRKOL**

**Eylül 2013**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


ZENCEFİL VE DOMATESİN ANTİOKSİDAN  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ÇEŞİTLİ KURUTMA  
YÖNTEMLERİNİN ETKİSİ


YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özlem AKTÜRK

Enstitü Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 09 /09/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Yrd. Doç. Dr.  
Omca DEMİRKOL  
Jüri Başkanı

  
Doç. Dr.  
Serap COŞANSU AKDEMİR  
Üye

  
Yrd. Doç. Dr.  
Nezaket PARLAK  
Üye

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Omca DEMİRKOL' a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığına teşekkür ederim.

Analizlerin tanımlanmasında bize olanak sağlanayan Adapazarı Ticaret Borsası Özel Gıda Kontrol Laboratuvarı' ndan Sayın Hediye ÖZMEN'e ve diğer çalışanlarına, laboratuvar olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Doç. Dr. Ahmet AYAR' a teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım ve eğitimim boyunca, daha da önemlisi hayatım boyunca her türlü maddi ve manevi desteklerini gördüğüm ve görmeye devam edeceğimden emin olduğum Annem Nazife AKTÜRK'e, Babam Kadir AKTÜRK'e ve Kardeşim Ayşenur AKTÜRK' e teşekkür ederim.

Son olarak çalışmalarım sırasında anlayış ve desteğini esirgemeyen sevgili eşim Berat GÜMÜŞAY' a tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vii
TABLolar LİSTESİ .....	ix
ÖZET .....	xi
SUMMARY .....	xii

## BÖLÜM 1.

GİRİŞ.. .....	1
---------------	---

## BÖLÜM 2.

KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	4
2.1. Zencefil ( <i>Zingiber officinale</i> ).....	4
2.2. Domates ( <i>Solanum lycopersicum</i> ) .....	5
2.3. Oksidatif stres .....	7
2.4. Serbest Radikaller ve Reaktif Oksijen Türleri .....	8
2.5. Serbest Radikallerin Etkileri .....	10
2.6. Çalışmaya Konu Edilen Gıda Antioksidanları .....	12
2.6.1. Tiyoller .....	14
2.6.2. Fenolik bileşikler.....	19
2.6.3. Askorbik asit .....	21
2.7. Kurutma ve Gıda Endüstrisi.....	23
2.8. Önceki Çalışmalar .....	26

## BÖLÜM 3.

MATERYAL VE METOD .....	29
-------------------------	----

3.1. Materyal .....	29
3.1. Metod .....	29
3.2.1. Kullanılan araç ve gereçler .....	29
3.2.2. Kullanılan kimyasal çözeltiler .....	29
3.2.3. Kurutma işlemleri .....	32
3.2.3.1. Güneşte kurutma .....	32
3.2.3.2. Etüvde kurutma .....	32
3.2.2.3. Vakumlu etüvde kurutma .....	32
3.2.2.4. Dondurarak kurutma .....	33
3.2.4. Laboratuvar analizleri .....	33
3.2.4.1. Kurumadde tayini .....	33
3.2.4.2. Tiyol analizi için örnek ekstraksiyonu .....	33
3.2.4.3. Tiyol analizi .....	34
3.2.4.4. Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite testleri için örnek ekstraksiyonu.....	35
3.2.4.5. DPPH radikalini giderme aktivitesi .....	35
3.2.4.6. Toplam fenolik madde tayini .....	36
3.2.4.7. Askorbik asit tayini için örnek ekstraksiyonu .....	36
3.2.4.8. Askorbik asit tayini .....	37
3.2.4.9. Değerlendirme .....	37
BÖLÜM 4.	
SONUÇLAR .....	38
4.1. Taze ve Kurutulmuş Örneklerin Yüzde Nem Oranları .....	38
4.2. Örneklerin Tiyol İçerikleri .....	38
4.3. Örneklerin DPPH Radikalini Giderme Aktivitesi .....	45
4.4. Örneklerin Toplam Fenolik Madde İçerikleri .....	48
4.5. Örneklerin Askorbik Asit İçerikleri .....	52
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA .....	55
KAYNAKLAR.....	62

ÖZGEÇMİŞ .....	71
----------------	----

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABTS	: 2,2'-Azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonat)
CAP	: Kaptopril
CYS	: Sistein
DCPI	: 2,6-diklorofenolindofenol disodyum tuzu
DETAPAC	: Dietilentriaminpenta asetik asit
DPPH	: 1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil
EK	: Etüvde kurutma
GK	: Güneşte kurutma
GPx	: Glutasyon peroksidaz
GR	: Glutasyon redüktaz
GSH	: Glutasyon
GSSG	: Okside glutasyon
GST	: Glutasyon S transferaz
HCYS	: Homosistein
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
K.dm	: Kurutulmuş domates
Km	: Kuru madde
K.znc	: Kurutulmuş zencefil
NAC	: N-asetilsistein
NPM	: N-(1-pyrenyl)-maleimide
SBB	: Serin borate buffer
SOD	: Süperoksit dismutaz
T.dm	: Taze domates
TEAC	: Troloks eşdeğeri antioksidan aktivite
T.znc	: Taze zencefil
VEK	: Vakumlu etüvde kurutma

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Zencefilin baskın antioksidan bileşenleri.....	5
Şekil 2.2.	Domatesin baskın antioksidan bileşenleri.....	7
Şekil 2.3.	Oksidatif stres .....	8
Şekil 2.4.	Gıda antioksidanlarının sınıflandırılması.....	13
Şekil 2.5.	GSH' in kimyasal yapısı .....	15
Şekil 2.6.	GSH sentezi ve antioksidan savunma mekanizmasındaki rolü.....	16
Şekil 2.7.	CYS' nin kimyasal yapısı .....	17
Şekil 2.8.	HCYS' nin kimyasal yapısı .....	17
Şekil 2.9.	NAC' nin kimyasal yapısı.....	18
Şekil 2.10.	CAP' in kimyasal yapısı .....	18
Şekil 2.11.	Polifenolik bileşiklerin temel iskeleti .....	20
Şekil 2.12.	Fenolik bileşiklerin sağlık üzerindeki etkisi .....	21
Şekil 2.13.	Askorbik asidin oksidatif metabolizması.....	22
Şekil 2.14.	Dondurarak kurutmanın şematik olarak gösterimi. ....	25
Şekil 3.1.	Serbest sülfidril grupları içeren tiyol bileşikleri ile NPM çözültisinin reaksiyonu. ....	34
Şekil 4.1.	GSH standart eğrisi. ....	39
Şekil 4.2.	CYS standart eğrisi. ....	39
Şekil 4.3.	NPM ile türevlendirilmiş GSH ve CYS standart karışımının HPLC' den alınan kromatogramı .....	40
Şekil 4.4.	NPM ile türevlendirilmiş taze domates örneğinin tiyol piklerini gösteren kromatogram.....	40
Şekil 4.5.	NPM ile türevlendirilmiş taze zencefil örneğinin tiyol piklerini gösteren kromatogram. ....	40
Şekil 4.6.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domatesin GSH içeriği .....	41
Şekil 4.7.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domatesin CYS içeriği.....	42
Şekil 4.8.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefilin GSH içeriği .....	43



Şekil 4.9.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefilin GSH içeriği .....	44
Şekil 4.10.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domatesin DPPH radikalini giderme aktivitesi.....	46
Şekil 4.11.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefilin DPPH radikalini giderme aktivitesi.....	47
Şekil 4.12.	Galik asit standart eğrisi.....	49
Şekil 4.13.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domatesin toplam fenolik madde miktarı.....	50
Şekil 4.14.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefilim toplam fenolik miktarı .....	51
Şekil 4.15.	Askorbik asit standart eğrisi.....	53
Şekil 4.16.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domatesin askorbik asit içeriği .....	54

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Reaktif oksijen türleri .....	9
Tablo 2.2.	Fenolik yapılar .....	19
Tablo 3.1.	Tiyol standart çözeltilerinin hazırlanışı .....	31
Tablo 4.1.	Çeşitli yöntemlerle kurutulmuş ve taze domates ve zencefilin kurumadde içerikleri(%) .....	38
Tablo 4.2.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin GSH içeriği.....	41
Tablo 4.3.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin CYS içeriği .....	42
Tablo 4.4.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefil örneklerinin GSH içeriği.....	43
Tablo 4.5.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefil örneklerinin CYSiçeriği .....	44
Tablo 4.6.	Çeşitli kurutma yöntemlerinin domates ve zencefilin GSH ve CYS içeriğinde meydana getirdiği azalma oranları (%). .....	45
Tablo 4.7.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domatesin DPPH radikalini giderme aktivitesi.....	46
Tablo 4.8.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefilin DPPH radikalinigiderme aktivitesi.....	47
Tablo 4.9.	Çeşitli kurutma yöntemlerinin domates ve zencefilin DPPH radikalini giderme aktivitesinde meydana getirdiği azalma oranları(%). .....	48
Tablo 4.10.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin toplam fenolik madde miktarı.....	49
Tablo 4.11.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefil örneklerinin toplamfenolik madde miktarı.....	51

Tablo 4.12.	Çeşitli kurutma yöntemlerinin domates ve zencefilin toplam fenolik madde miktarında meydana getirdiği azalma oranları (%).....	52
Tablo 4.13.	Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin askorbik asit içeriği.....	53
Tablo 4.14.	Çeşitli kurutma yöntemlerinin domatesin askorbik asit içeriğinde meydana getirdiği azalma oranları (%).....	54

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Domates, Zencefil, Kurutma, Antioksidan, Tiyol

Bu çalışmada, domates (*Solanum lycopersicum*) ve zencefile (*Zingiber officinale*) farklı kurutma yöntemleri uygulanarak örneklerin tiyol içeriği, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivitesi ve askorbik asit miktarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Bu doğrultuda seçilen kurutma yöntemleri güneşte, etüvde, vakumlu etüvde ve dondurarak kurutmadır. Taze ve kurutulmuş her bir örnek ekstraktının HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ile tiyol içerikleri, Folin-Ciocalteu ayırıcı ile toplam fenolik madde içeriği, DPPH (1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil) serbest radikalini giderme aktivitesi ve askorbik asit içeriği spektrofotometrik yöntem ile belirlenmiştir.

Yaptığımız ön deneme sonuçlarına göre domates ve zencefilin içerdiği tiyol bileşenleri GSH ve CYS olarak saptanmıştır. Güneşte, etüvde, vakumlu etüvde ve dondurarak kurutmaya tabi tutulan domates örneklerinin GSH içerikleri sırasıyla %98.53, %99.67, %98.65 ve %64.90 oranında azalırken, CYS içerikleri yine sırasıyla %99.82, %99.74, %94.45 ve %4.62 oranında azalmıştır. Aynı şekilde kurutulan zencefil örneklerinin GSH içerikleri ise sırasıyla %99.95, %97.82, %99.20 ve %74.58 oranında azalırken, CYS içerikleri de benzer şekilde sırasıyla %95.68, %97.91, %94.02 ve %17.84 oranında azalmıştır.

Fenolik madde içeriği güneşte, etüvde, vakumlu etüvde ve dondurarak kurutmanın ardından zencefil örneklerinde sırasıyla %76.45, %74.48, %68.59 ve %39.86 oranında azalırken domates örneklerinde, sırasıyla % 57.53, %47.67, %46.66 ve %34.98 oranında azalmıştır.

DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) radikali giderme aktivitesi güneşte, etüvde, vakumlu etüvde ve dondurarak kurutmanın ardından zencefil örneklerinde sırasıyla %91.01, % 89.81, %89.61 ve 89.76 oranında azalırken domates örneklerinde benzer şekilde sırasıyla %90.36, %89.51, %89.15 ve %88.27 oranında azalmıştır.

Zencefilde tüm kurutma yöntemlerinden sonra askorbik aside rastlanmazken domates örneklerindeki askorbik asit miktarı güneşte, etüvde, vakumlu etüvde ve dondurarak kurutmadan sonra sırasıyla %92.35, %98.65, %94.32 ve %78.65 oranında kaybolmuştur.

Sonuç olarak bu çalışma göstermiştir ki ısının uygulandığı kurutma yöntemleri sağlık üzerine olumlu etkileri bulunan antioksidan bileşenler üzerinde büyük kayıplara neden olmuştur. Isının uygulanmadığı dondurarak kurutma yönteminin ise gözlenen minimum antioksidan kaybı ile üstünlüğü ortaya konmuştur.

# EFFECTS OF SEVERAL DRYING METHODS ON ANTIOXIDANT PROPERTIES OF GINGER AND TOMATO

## SUMMARY

Keywords: Tomato, Ginger, Drying, Antioxidant, Thiol

In this study, different drying methods were applied and changes in thiol, total phenolic, ascorbic acid content and antioxidant activity were investigated. In this direction selected drying methods were sun-, oven-, vacuum oven-, and freeze-drying. Each extract of fresh and dried sample were assayed thiols content by HPLC, total phenolic content by Folin-Ciocalteu reagent, DPPH scavenging activity and ascorbic acid content by spectrophotometric method.

According to our preliminary data, GSH and CYS were determined as the thiol compounds of tomato and ginger. GSH content of tomatoes dried with sun-, oven-, vacuum oven- and freeze drying were decreased by 98.53%, 99.67 %, 98.65% and 64.90%, respectively and CYS content of tomatoes were decreased by 99.82%, 99.74%, 94.45% and 4.62%, respectively. Also GSH content of gingers dried with same methods were decreased by 99.95%, 97.82%, 99.20% and 74.58%, respectively and CYS content of gingers were decreased by 95.68%, 97.91%, 94.02% and 17.84%, respectively.

After sun-, oven-, vacuum oven- and freeze drying, total phenolic content of gingers samples, were decreased by 76.45%, 74.48%, 68.59 % and 39.86%, respectively. Similarly, for tomato samples, it was decreased by 57.53%, 47.67%, 46.66% and 34.98% respectively.

After -, oven-, vacuum oven- and freeze drying, DPPH radical scavenging activity of ginger samples were decreased by 91.01%, 89.81%, 89.61% and 89.76%, respectively. Similarly, for tomato samples it was decreased by 90.36%, 89.51%, 89.15% ve 88.27%, respectively.

Although after all drying methods, ascorbic acid was not determined in ginger samples, ascorbic acid content of tomatoes dried with sun-, oven-, vacuum oven- and freeze drying were decreased by 92.35%, 98.65%, 94.32% ve 78.65%, respectively.

In conclusion, this study shown that drying methods utilized heat have caused huge losses on the antioxidant compounds which have positive effects on the health. Superiority of freeze-drying method have been revealed with minimum antioxidant losses.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Domates, dünyada en çok üretilen, tüketilen ve ticarete konu olan tarım ürünlerindedir. İnsan beslenmesinde vazgeçilmez ürünlerden olması, gıda sanayinde pek çok farklı şekilde işlenebilmesi (dondurulmuş, kurutulmuş, konserve, salça, ketçap, turşu gibi) ve çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olması nedeniyle önemli sebzelerin başında gelmektedir. Domates dünyada birçok ülkede yetiştirilmekle birlikte, Türkiye uygun iklim ve toprak koşulları nedeniyle domates üretiminde lider ülkelerden biridir. Hatta ülkemiz üretim ve ekonomik yönden domates yetiştiriciliği açısından ilk sıralarda yer almaktadır. Dünya domates üretiminde Çin 2009 yılında yaklaşık 45 milyon ton üretim ile lider durumdadır. Çin'i 14 milyon ton üretim ile Amerika, 11 milyon ton ile Hindistan ve 10.7 milyon ton üretim ile Türkiye takip etmektedir. Türkiye' de domates yetiştiriciliği başta Akdeniz Bölgesi olmak üzere, Ege ve Marmara bölgelerinde yaygın olarak yapılmaktadır (Turhan ve Korkmaz, 2006; Keskin, 2012).

*Solanaceae* familyasından olan domatesin kurumadde oranı %5 ile %7,5 arasında değişmektedir. Yapısında indirgen şeker miktarı oldukça fazladır, sakaroz ise tam tersine ihmal edilecek kadar az bulunmaktadır. Pektin, arabinogalaktan, ksilan, arabinoksilan ve selüloz domateste bulunan önemli polisakkaritlerdendir. Sitrik ve malik asit ise dominant organik asitlerdendir. Mineraller açısından potasyum ve fosfat yönünden zengin olan domates önemli bir likopen kaynağıdır. Likopen yüksek antioksidan aktiviteye sahip bir biyomoleküldür ve kanser riskini azalttığı öne sürülmektedir. Domates içermiş olduğu likopen,  $\alpha$  karoten,  $\beta$ - karoten, lutein, flavanoidler ve C vitamini gibi fitokimyasallar sayesinde güçlü bir antioksidan olarak görülmektedir (Yılmaz, 2001; George ve ark., 2004; Raffo ve ark., 2006).

Tropikal bir bitki olan zencefil ise nemli iklimde ve deniz seviyesinden yüksek kesimlerde yetiştirilmektedir. Hindistan zencefil yetiştiriciliğinde dünyada ilk

sırayı almaktadır. Hindistan' ı Çin, Endonezya, Nijerya, Filipinler ve Tayland takip etmektedir. Ülkemizde henüz zencefil yetiştiriciliği yapılmadığı gibi tüketimi de yaygın değildir. Zencefil Asya' da taze olarak tüketilirken Hindistan, Çin, Afrika ve Avustralya' da kurutulmuş baharat şeklinde toz haliyle tüketilmektedir (Plotto, 2002; Utpala ve ark., 2006; Rahman ve ark. 2009).

Zencefilin kökleri %3-6 yağ, %60-70 karbonhidrat, %3-8 ham lif, %9-10 protein, %9-12 su, yaklaşık %8 kül ve %2-3 uçucu yağ içermektedir. Yapısında bulunan diğer bileşikler ise lesitin, vitaminler (niasin, A vitamini), mineraller ve aminoasitlerdir. Gingerol ve şoagol antioksidan aktiviteye büyük katkıda bulunan önemli fitokimyasallardandır. Zencefilin baharat olarak kullanımının yanı sıra tarih boyunca soğuk algınlığı, sindirim bozuklukları ve romatizma gibi bir çok hastalığın tedavisinde geleneksel doğu tıbbına ışık tutmuştur (Manju ve Nalini, 2005). Yapılan birçok çalışma zencefilin anti-inflamatuar ve antikarsinogenik özellik gösterdiğini aynı zamanda kanser, sinir ve diyabet hastalıklarının tedavisinde destekleyici olduğunu göstermiştir (Thomson ve ark., 2002; Manhu ve Nalini, 2005; Sitoilova ve ark, 2007; Baliga ve ark., 2011).

Üreticiler ve tüketiciler açısından gıdaların besinsel niteliğinin yanında raf ömrü de önemli bir parametre olarak görülmektedir. Kurutma yöntemi de insanlığın tabiatın öğrendiği ve bu yüzden ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski muhafaza yöntemidir. Gıdaların kurutulmasının avantajlarının başında hacim azalması ve buna bağlı olarak ambalaj masraflarının düşmesi, taşıma kolaylığı, azalan su aktivitesi sayesinde mikrobiyal inaktivasyonun sağlanabilmesi ve raf ömrünün artması gelmektedir (Polat ve ark., 2012; Orak ve ark., 2012).

Türkiye'de üretilen kuru sebze ve meyveler genellikle açık havada güneşe serilerek kurutulmaktadır. Açık havada kurutma bilinen en eski yöntemdir (Aktaş ve ark., 2004; Mutlu ve Ergüneş, 2008). Doğal kurutmadan sonra en ekonomik olanı sıcak hava yardımıyla (fırın veya etüvlerde) yapılan kurutmadır. Sıcaklığın azaltılması gereken durumlarda vakum altında kurutmaya başvurulmaktadır. Bu sayede ürünlerin kalite ve besin değerleri daha iyi korunabilmektedir (Doymaz, 2007; Wu ve ark., 2007).

Son olarak geliştirilen, liyofilizasyon olarak da bilinen, dondurarak kurutma tekniği donmuş haldeki suyun (buzun) vakum altında süblimleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Amaç yüksek kalitede kurutulmuş ürün elde etmektir. Ancak diğer kurutma yöntemleriyle karşılaştırıldığında kurutma süresi oldukça uzun ve maliyeti yüksektir. Gıda sanayinde kullanımı pek yaygın olmamakla birlikte, genellikle ilaç sanayinde sıcaklığın etkili olabileceği bileşenleri içeren preparatlarda kullanılmaktadır (Sadıkoğlu ve ark., 2006; am ve Ersus, 2008, Dinçer ve Topuz, 2009; Menlik ve ark., 2009).

Kurutmadan en çok etkilenen bileşiklerin başında antioksidanlar gelmektedir. Bilindiği üzere antioksidanlar metabolik olaylar sırasında oksijen kullanımına bağlı olarak açığa çıkan reaktif oksijen türlerinin (ROT) meydana getirdiği hücreSEL zararını engellemekle görevlidir. Ancak antioksidanların yetersiz kalması durumunda hücrede ortadan kaldırıldıktan daha fazla ROT meydana gelerek oksidatif strese neden olmaktadır. Bunun sonucunda diyabet, kanser, Alzheimer, Parkinson, katarakt, iskemi (kan akımının zayıflaması) ve arteroskleroz gibi hastalıkların ortaya çıkabileceği düşünölmektedir (Sitoilova ve ark., 2007; Kota ve ark., 2008; Pham-Huy ve ark., 2008; Uylaşer ve İnce 2008; Demirkol ve ark., 2004; Oboh ve ark., 2010).

Yapılan epidemiyolojik çalışmalarla reaktif oksijen türlerine karşı bitkisel kaynakların yararlı olduğu; meyve ve sebzelerin koruyucu etkilerinin içerdikleri askorbik asit,  $\alpha$ -tokoferol, karotenoidler, GSH, flavonoidler ve fenolik asitler gibi doğal bileşiklerden dolayı olduğu bildirilmiştir (Halvorsen ve ark., 2002).

Çalışmamızda, zengin antioksidan içeriğe sahip, ölkemizde yaygın olarak tüketilen domates ve daha yeni yeni tanımakta olduğumuz, uzun yıllardır özellikle Asya' da medikal amaçlı kullanılan zencefil dört farklı kurutma yöntemi ile (güneşte, etüvde, vakumlu etüvde ve dondurarak kurutma) kurutulmuştur. Kurutma öncesinde ve sonrasında örneklerin tiyol içeriği HPLC cihazı ile, DPPH serbest radikalini giderme aktivitesi, Folin-Ciocalteu reaktifi ile toplam fenolik madde miktarı ve askorbik asit içeriği spektrofotometre ile analiz edilmiş, kurutma yöntemlerinin domates ve zencefilin antioksidan özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.



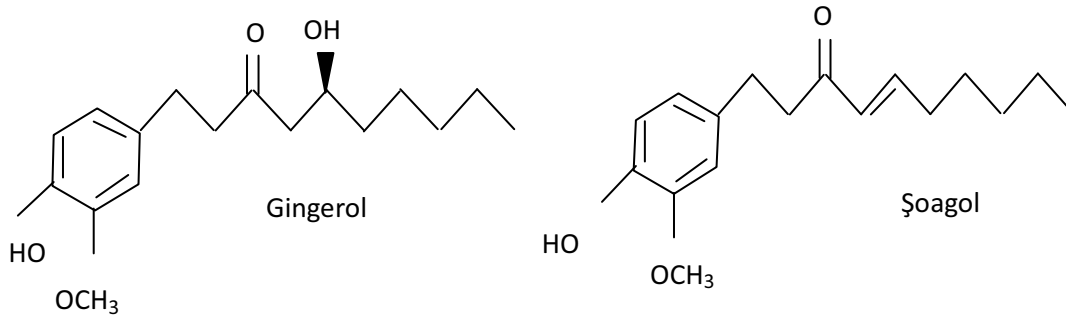
## **BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

### **2.1. Zencefil (*Zingiber officinale*)**

Oldukça aromatik bir baharat olan zencefil toprak altında yetişen yumru köklü, *Zingibeaceae* familyasına ait çok yıllık otsu bir bitkidir. Yapraklarının uzunluğu yaklaşık olarak 1 metre civarındadır. 2000 yılı aşkın bir süredir yaş ve kurutulmuş haliyle baharat olarak kullanılmaktadır. Baharat olarak kullanımının yanı sıra, Çin'de sindirime yardımcı, mide bulantısını giderici, diş ve baş ağrısına karşı, kanamayı düzenleyici, romatizmayı azaltıcı, solunum düzenleyici, Hindistan' da pıhtılaşmayı ve kollestorölü önleyici, mafsallı iltihabını tedavi edici, Arap kültüründe ise afrodisyak şeklinde kullanılmaktadır. (Kemper, 1999; Plotto, 2002; Ajith ve ark., 2007; Saeid ve ark., 2010; Pawar ve ark., 2011).

Genellikle deniz seviyesinden yüksek kesimlerde, tropikal veya subtropikal bölgelerde yetiştirilmektedir. Hindistan zencefil yetiştiriciliğinde dünyada ilk sırayı almaktadır. Hindistan' ı Çin, Endonezya, Nijerya, Filipinler ve Tayland takip etmektedir Ülkemizde çok yaygın olmamasına rağmen Asya, Çin, Hindistan ve Arabistan' da çok tüketilmektedir (Plotto, 2002; Utpala ve ark., 2006; Rahman ve ark. 2009).

Yüzde 9-12 nem içeriğine sahip olan taze zencefilin yaklaşık olarak %8 oranında kül, %60-70 karbonhidrat, %9-10 protein, %3-6 yağ, %2-3 uçucu yağ, %3-8 ham lif içermektedir. Ayrıca A vitamini, niasin gibi vitaminleri ve kalsiyum, fosfor, demir, çinko, bakır, manganez gibi mineralleri de yapısında bulundurmaktadır. Köklerinde bulundurduğu polifenolik maddelerden gingerol ve şoagol yüksek antioksidan etkiye sahiptir ve zencefilin iki temel bileşenini oluşturmaktadır (Şekil 2.1.) (Suekawa ve ark., 1984; Saeid ve ark., 2010; Shirin ve Jamuna, 2010; Baliga ve ark., 2011).



Şekil 2.1. Zencefilin baskın antioksidan bileşenleri (Suekawa ve ark., 1984).

Bir çalışmada, taze zencefilin içerdiği en önemli polifenolik maddelerden olan gingerolun 1 gram kurumaddede 21.15 mg gibi yüksek bir oranda olduğu saptanmıştır (Puengphian ve Sirichote, 2008).

Zencefilin ağız ve burunda oluşturduğu tat ve koku iki farklı kimyasal gruptan gelir. Bunlardan uçucu yağlar; terpenoidlerle karışık olup zencefillin özel tat ve kokusunu veren maddelerdir. Ağızımızda sıcaklık hissi veren ve uçucu yağ olmayan acı maddeler ise gingerol ve zingerondur (Baliga ve ark., 2011).

Zencefilin antioksidan özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada C vitamini ve toplam karoteoid miktarı sırasıyla 9.33 ve 79 mg/ 100 g olarak bildirilmiştir. Toplam fenolik madde miktarını 780 mg GAE/100 g ve DPPH giderme aktivitesini 1 mg'lık örnek için % 84.4 olarak rapor etmişlerdir ve zencefilin iyi bir antioksidan kaynağı olduğunu ileri sürerek medikal amaçlı bir antioksidan destek olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır (Şirin ve Jamuna, 2010).

## 2.2. Domates (*Solanum lycopersicum*)

*Solanaceae* familyasından olan domates, tüm dünyada üretim, tüketim ve ihracat bakımından en önemli sebzeler arasındadır. İnsan beslenmesinde vazgeçilmez ürünlerden olması ve gıda sanayinde dondurulmuş, konserve, salça, ketçap, turşu üretimi gibi çok çeşitli kullanım alanları doğurmuştur.

Türkiye üretim ve ekonomik yönden domates yetiştiriciliği açısından ilk sıralarda yer almaktadır. Dünya domates üretiminde Çin 2009 yılında yaklaşık 45 milyon ton üretim ile lider durumdadır. Çin'i 14 milyon ton üretim ile Amerika, 11 milyon ton ile Hindistan ve 10,7 milyon ton üretim ile Türkiye takip etmektedir. Türkiye' de domates yetiştiriciliği başta Akdeniz Bölgesi olmak üzere, Ege ve Marmara bölgelerinde yaygın olarak yapılmaktadır (Turhan ve Korkmaz, 2006; Keskin, 2012).

Yüzde 5 ile 7.5 arasında değişen kurumadde oranına sahip domatesin yapısında polisakkaritler (pektin, arabinogalaktan, ksilan, arabinoksilan, selüloz), organik asitler (sitrik asit, malik asit) ve mineraller (potasyum, fosfat) bulunmaktadır (Yılmaz, 2001).

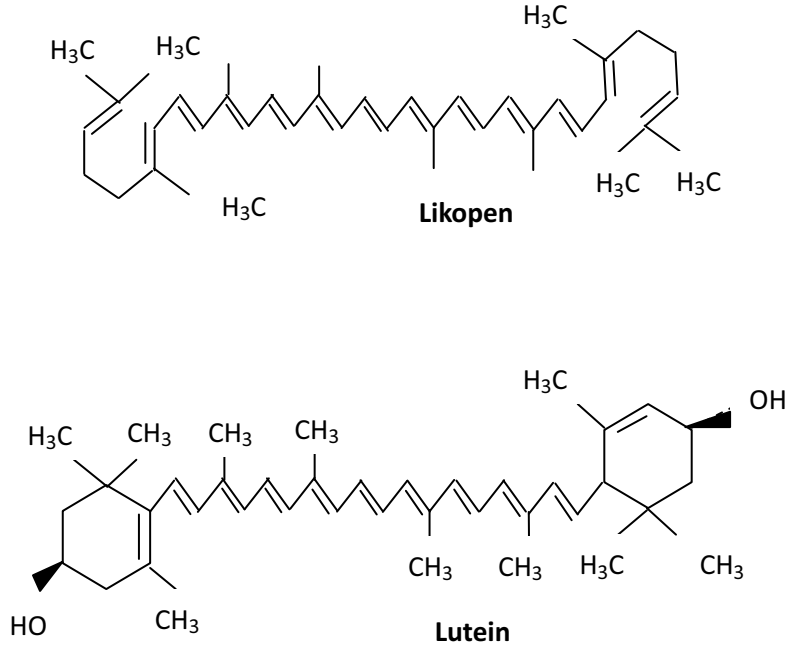
Domatesin içerdiği antioksidan aktivitesi yüksek bileşenler son yıllarda domatese olan ilgiyi arttırmış ve sağlık üzerindeki faydaları pek çok çalışmada ele alınmıştır. Domates tüketiminin bazı kanser türlerini ve kardiyovasküler hastalıkları azaltmada, serum lipid seviyesini düşürmede ve düşük yoğunluklu lipoprotein oksidasyonunu engellemede olumlu etkisinin olduğu çalışmalarla tespit edilmiştir (George ve ark., 2004; Çapanoğlu ve Boyacıoğlu, 2010 ).

Yapısında bulundurduğu başlıca fitokimyasaların likopen ve lutein olduğu bildirilmiştir (Şekil 1.2). İnsan vücudu tarafından sentezlenemeyen bir karotenoid olan likopen kayısı, karpuz, kırmızı greyfurt gibi meyvelerde bulunur, ama esas kaynağı domatestir ve likopenin %85' i domates ve domates ürünlerinde bulunur. Birçok çalışma likopenin kanser riskini özellikle erkeklerde prostat kanserine karşı koruyucu özelliği olduğu bildirmiştir. Likopenin yanı sıra içerdiği  $\alpha$  karoten,  $\beta$ -karoten, flavanoidler, askorbik asit ve E vitamini gibi bileşiklerin sayesinde bu hastalıklara karşı koruyucu etkisinin olduğu rapor edilmiştir (Yılmaz, 2001; George ve ark., 2004; Raffo ve ark., 2006; Çapanoğlu ve Boyacıoğlu, 2010; Bıçaklı ve Uslu, 2012).

Literatür incelendiğinde domatesin 250-350 mg askorbik asit/100 g km, içerdiği görülmüştür. Toplam fenolik ve toplam flavonoid miktarları ise sırasıyla 310-400

mg GAE, 190-215 mg rutin ekivalent/ 100 g km olarak bildirilmiştir (Giovanelli ve ark., 2002, Kerkhofs ve ark., 2005; Demiray ve ark., 2013).

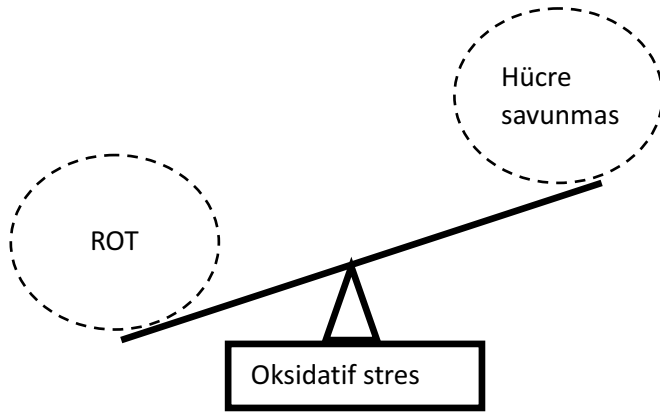
Domatesin temel bileşenlerinden likopen ve lutein içeriği ise sırasıyla 44-76 mg/ 100 g km ve 46-61 mg/ g km olarak bildirilmiştir (Toor ve Savage, 2006; Kotíková ve ark., 2011).



Şekil 2.2. Domatesin baskın antioksidan bileşenleri (Çapanoğlu ve Boyacıoğlu, 2010).

### 2.3. Oksidatif Stres

Organizmada serbest radikallerin oluşum hızı ile ortadan kaldırılma hızı bir denge içerisinde, bu olaya oksidatif denge denir. Oksidatif denge sağlandığı süreçte organizma, serbest radikallerden etkilenmemektedir. Ancak bu radikallerin oluşum hızında bir artış ya da ortadan kaldırılma hızında bir düşüş oksidatif dengenin bozulmasına neden olur. Bunun sonucunda hücrede oksidatif etki altına girer 'oksidatif stres' olarak adlandırılan bu durum Şekil 2.3' de şematize edilmiştir (Akkuş, 1995; Altan ve ark., 2006).



Şekil 2.3. Oksidatif stres.

Oksidatif stresin, serbest oksijen radikallerinin neden olduğu hücre hasarıyla birçok kronik hastalığın komplikasyonlarına katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Parkinson, Alzheimer, Down sendromu, diyabet, iskemi/reperfüzyon, yaşlanma, kanser gibi hastalıkların patogeneğinde oksidatif stresin önemine dikkat çekilmektedir (Akkuş, 1995; Altan ve ark., 2006; Butterfield ve ark., 2010; Yan ve ark., 2012).

#### 2.4. Serbest Radikaller ve Reaktif Oksijen Türleri

Moleküllerin çoğu çift elektronlu iken çok az bir kısmı tek elektrondur. Yapısında tek yani eşleşmemiş elektron bulduran bu moleküller, bulabilecekleri herhangi bir molekül ile etkileşime girerek bu molekülden elektron alır ya da ona bir elektron verirler. Bu şekilde diğer moleküller ile kolayca elektron alışverişi yaparak onların yapısını bozan bu moleküllere ‘serbest radikaller’ ya da ‘reaktif oksijen türleri (ROT)’ denir (Halliwell ve Chirico; 1993).

ROT’ nin kendi orbitallerini tamamlamak için komşu moleküllerle etkileşime girerek zincir reaksiyonlarını başlatabilirler. Ardı ardına gerçekleşen tepkimelerin devamında ise lipid, protein, DNA, karbohidratlar gibi tüm önemli bileşiklere etki ederek yapılarının bozulmalarına neden olurlar (Mercan, 2004; Altan ve ark., 2006).

ROT' den bazıları radikal olarak kabul edilirken bazıları radikal olmayanlar şeklinde ifade edilmektedir (Tablo 2.1) (Yücel ve ark., 2006; Öğüt ve Atay, 2012; Singh ve ark., 2012).

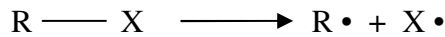
Tablo 2.1. Reaktif oksijen türleri (Yücel ve ark., 2006; Öğüt ve Atay, 2012, Singh ve ark.,2012).

ROT			
Radikal olanlar	Formülü	Radikal olmayanlar	Formülü
Süperoksit	$O_2 \cdot^-$	Hidrojenperoksit	$H_2O_2$
Hidroksil	$OH \cdot$	Hipoklorik asit	$HOCl$
Peroksil	$ROO \cdot$	Ozon	$O_3$
Alkoksil	$RO \cdot$	Singlet oksijen	$\Delta O_2$
Hidroperoksil	$HOO \cdot$		
Nitrik oksit	$NO \cdot$		

$Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  ve  $Mo^{5+}$  gibi geçiş metalleri ortaklanmamış elektronlara sahip oldukları halde serbest radikal olarak kabul edilmezler, fakat serbest radikal oluşumunda önemli rol oynarlar. Çünkü bu iyonların reaksiyonları katalizleyebilme özellikleri mevcuttur (Akkuş, 1995).

Serbest radikal oluşumu 3 farklı yolla açıklanmaktadır;

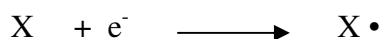
- Kovalent bir bağ taşıyan molekülün homolitik yıkımı sonucunda,



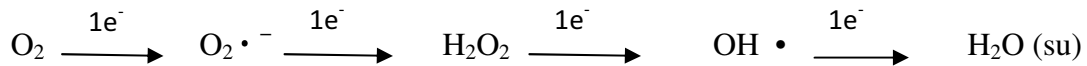
- Normal bir molekülden tek bir elektron kaybı ya da bir molekülün heterolitik olarak bölünmesi sonucunda (Heterolitik bölünmede kovalent bağı oluşturan her iki elektron, atomlardan birisinde kalır),



- Normal bir moleküle tek bir elektronun eklenmesi ile oluşurlar (Altan ve ark, 2006).



Moleküler oksijen ( $O_2$ ), paralel spin durumlu iki ortaklanmamış (eşleşmemiş) elektrona sahiptir. Ortaklanmamış elektron içeren atom, atom grubu veya moleküller serbest radikal olarak tanımlanırlar. Bu tanıma göre moleküler oksijen, bir biradikal (diradikal) olarak değerlendirilir. Biradikal oksijen, radikal olmayan maddelerle yavaş reaksiyona girdiği halde diğer serbest radikallerle kolayca reaksiyona girer. Biyolojik sistemlerde  $O_2$  genellikle elektron alarak aşağıdaki ürünleri oluşturur;



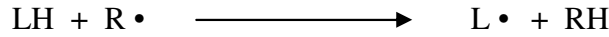
Yukarıdaki eşitlikte görüldüğü gibi  $O_2$  1 elektron alarak  $O_2 \cdot^-$  oluşmaktadır. Bu radikalın en önemli özelliği  $H_2O_2$  oluşturmasıdır.  $H_2O_2$  ise aslında radikal olmamasına rağmen serbest radikal kimyasında çok büyük öneme sahiptir. Çünkü  $Fe^{2+}$  veya diğer geçiş metallere varlığında Fenton reaksiyonu sonucu,  $O_2 \cdot^-$  varlığında Haber-Weiss reaksiyonu sonucu en reaktif ve zarar verici serbest oksijen radikali olan  $OH \cdot$  oluşturur.  $OH \cdot$  ise ROT' nin en güçlüsüdür. Oluşturduğu yerde tiyoller ve yağ asitleri gibi çeşitli moleküllerden bir proton kopararak tiyil radikalleri ( $RS \cdot$ ), karbon merkezli organik radikaller ( $R \cdot$ ), organik peroksitler ( $RCOO \cdot$ ) gibi yeni radikallerin oluşmasına ve sonuçta büyük hasara neden olmaktadır (Halliwell, 1992; Akkuş, 1995; Memişoğulları, 2005; Çaylak, 2011).

## 2.5. Serbest Radikallerin Etkileri

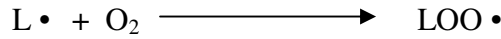
Reaktif oksijen türlerinin (ROT) oluşumu enflamasyon, radyasyon, yaşlanma, normalden yüksek parsiyel oksijen basıncı ( $pO_2$ ),  $O_3$  ve azot dioksit ( $NO_2 \cdot$ ), kimyasal maddeler ve ilaçlar gibi bazı uyarıların etkisiyle artar. Serbest radikaller hücrelerin lipid, protein, DNA, karbonhidrat ve enzim gibi tüm önemli bileşiklerine etki ederler (Akkuş, 1995).

Lipidler serbest radikallerin etkilerine karşı en hassas olan biyomoleküllerdir. Hücre membranlarındaki kolesterol ve yağ asitlerinin doymamış bağları, serbest radikallerle kolayca reaksiyona girerek peroksidasyon ürünleri oluştururlar. Çoklu

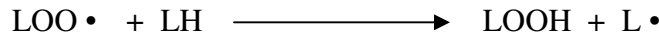
doymamış yağ asitlerinin oksidatif yıkımı lipid peroksidasyonu olarak bilinir. Lipid peroksidasyonu kendi kendini devam ettiren zincir reaksiyonu şeklinde ilerler ve oldukça zararlıdır. Çoklu doymamış yağ asidi zincirinden hidrojenin ayrılması ve serbest radikallerle (R•) reaksiyona girmesiyle oluşan lipid peroksidasyonuna "enzimatik olmayan lipid peroksidasyonu" denir (Halliwell, 1992).



Oluşan lipid radikallerinin (L•) oksijen ile reaksiyona girmesi sonucunda ise lipid peroksil radikalleri (LOO•) oluşur (Halliwell, 1992).



LOO•, membran yapısındaki diğer doymamış yağ asitlerini etkileyerek yeni lipid radikallerinin oluşumuna yol açarken kendileri de açığa çıkan hidrojen atomlarını alarak lipid peroksitlerine (LOOH) dönüşürler ve böylece olay kendi kendini katalizleyerek devam eder (Halliwell, 1992).



LOOH yıkıldığında çoğu biyolojik olarak aktif olan aldehitler oluşur. Bu bileşikler ya hücre düzeyinde metabolize edilirler veya başlangıçtaki etki alanlarından diffüze olup hücrenin diğer bölümlerine hasarı yayarlar (Halliwell, 1992).



Proteinlerin serbest radikal hasarından etkilenme derecesi amino asit kompozisyonlarına bağlıdır. Yine de serbest radikallere karşı çoklu doymamış yağ asitlerinden daha az hassastırlar. Doymamış bağ ve kükürt içeren triptofan, tirozin, fenilalanin, histidin, metiyonin, sistein gibi amino asitlere sahip proteinler serbest radikallerden kolaylıkla etkilenirler. Bu etki sonucunda özellikle sülfür radikalleri ve karbon merkezli organik radikaller oluşur. Serbest radikallerin etkileri sonunda, yapılarında fazla sayıda disülfid bağı bulunan immünoglobülin G ve albümin gibi



proteinlerin tersiyer yapıları bozulur, normal fonksiyonlarını yerine getiremezler. Prolin ve lizin reaktif oksijen türleri üreten reaksiyonlara maruz kaldıklarında enzimatik olmayan hidroksilasyona uğrayabilirler. Hemoglobin gibi hem proteinleri de serbest radikallerden önemli oranda zarar görürler. Özellikle oksihemoglobinin  $O_2 \cdot^-$  radikali veya  $H_2O_2$  ile reaksiyonu methemoglobin oluşumuna neden olur (Akkuş, 1995).

İyonize edici radyasyonla oluşan serbest radikaller DNA' yı etkileyerek hücrede mutasyona uğramasına ve devamında ise ölüme yol açarlar.  $OH \cdot$  radikali, deoksiriboz ve bazlarla kolayca reaksiyona girerek bazı değişikliklere yol açmaktadır. Hidrojen peroksit membranlardan kolayca geçerek ve hücre çekirdeğine ulaşarak DNA hasarına böylece hücre disfonksiyonuna ve hatta hücre ölümüne yol açabilir (Halliwell, 1991).

Serbest radikallerin karbonhidratlara etkisiyle çeşitli ürünler meydana gelir ve bunlar çeşitli patolojik süreçlerde önemli rol oynarlar. Diyabet, koroner kalp hastalığı, hipertansiyon, Sedef hastalığı, romatoid artrit, Behçet hastalığı, çeşitli deri ve göz hastalıkları, kanser gibi birçok hastalıkta ve yaşlılıkta serbest radikal üretiminin arttığı, antioksidan savunma mekanizmalarının yetersiz olduğu gösterilmiştir. Ancak bu hallerde serbest radikal artışının sebep mi yoksa sonuç mu olduğu tam olarak bilinmemektedir (Akkuş, 1995).

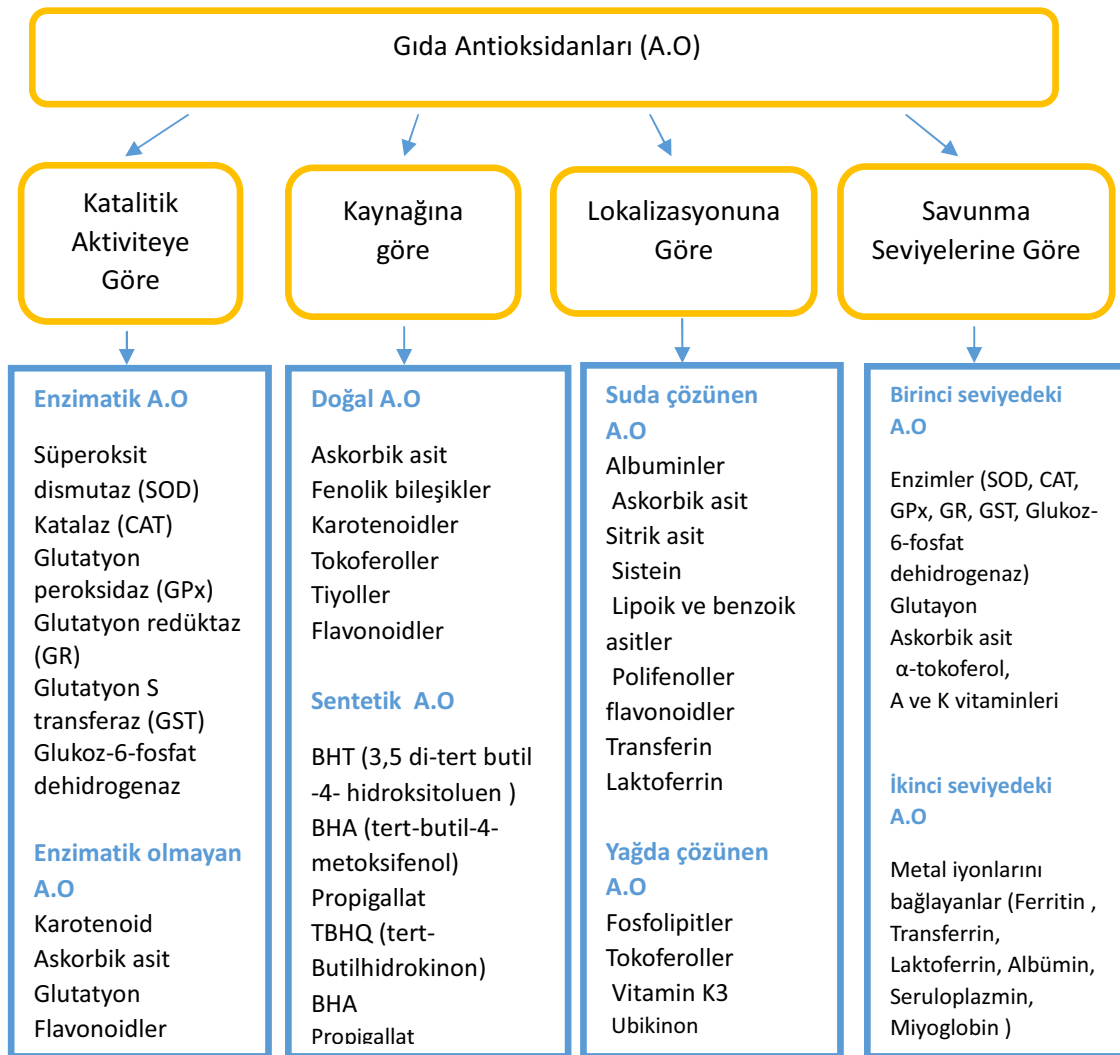
## 2.6. Çalışmaya Konu Edilen Gıda Antioksidanları

Antioksidanlar serbest radikalleri nötralize etmek için karşılıklı etkileşim halinde olan endergonik ve ekzergonik kaynaklı çok çeşitli bileşikler şeklinde tanımlanmaktadır. Antioksidanlar başlıca dört yolla oksidanları etkisiz hale getirirler;

- Süpürme etkisi: Oksidanları daha zayıf yeni bir moleküle dönüştürerek etkisizleştirirler. Antioksidan enzimler ve mikromoleküller bu yolla etki eder.
- Onarma etkisi: Oksidatif hasar görmüş biyomolekülü onarırlar.

- Söndürme etkisi: Oksidantlara bir hidrojen aktararak inaktive ederler. Vitaminler, flavanoidler, timetazidin ve mannitol bu şekilde etki eder.
- Zincir reaksiyonlarını kırma etkisi: Hemoglobin, seruloplazmin, ağır metalleri kendilerine bağlar ve inaktive ederler (Gökpınar ve ark., 2006).

Gıdaların içermiş olduğu antioksidanlar geniş bir yelpazeye sahiptir. Sebzelede en çok bulunan antioksidan bileşikler askorbik asit, vitamin E, karotenoidler, flavonoidler ve tiyollerdir. Meyvelerde ise fenolik bileşikler ön plana çıkmaktadır. Baharatlar terpenik bileşikler (mono-,di-,triterpenler), flavonoid ve fenolik asitleri içermektedir (Aydın, 2011). Gıdaların yapısında bulunan antioksidanlar için bir çok sınıflandırma mevcuttur; enzimatik olan ve olmayanlar, doğal ve sentetikler, suda ve yağda çözünenler vb. (Şekil 2.4) (Pradedova ve ark., 2011; Aydın, 2011).

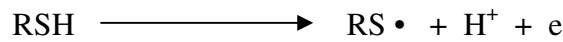


Şekil 2.4. Gıda antioksidanların sınıflandırılması (Pradedova ve ark., 2011, Aydın, 2011).

### 2.6.1. Tiyoller

Tiyoller, sülfidril kalıntılarının (-SH) varlığıyla tanımlanmış organik sülfür türevleri sınıfıdır. Kimyasal olarak tiyoller merkaptanlardır (R-SH) ve biyolojik merkaptanlar çoğu zaman biyotiyoller olarak adlandırılırlar. Biyotiyoller, büyük molekül ağırlıklı protein tiyolleri ve düşük molekül ağırlıklı serbest tiyoller olarak sınıflandırılabilirler. Biyolojik sistemlerde bulunan tiyoller antioksidan savunma sistemlerinin koordinasyonunda esas rolü oynaması dahil olmak üzere sayısız fonksiyona sahiptir (Sen ve Packer, 2000).

Tiyollerin önemli özelliklerinden biri indirgeme kabiliyetinin olmasıdır. Tiyoller, negatif standart indirgeme potansiyelini kullanarak elektron alıcısı gibi davranırlar. Böylece oksidan-tiyol etkileşimi gerçekleşir; oksidan, tiyolün indirgeyici gücünün harcanmasıyla daha az toksik bir türe dönüşürken, tiyolün kendisi ise disülfür haline (R-S-S-R) yükseltgenir. Tiyil radikali (RS•), tiyolün (RSH) -SH grubundan bir hidrojen atomu kaybetmesiyle ya da sülfürün bir elektron ve ardından bir proton kaybetmesiyle meydana gelmektedir (Khanna, 2000).

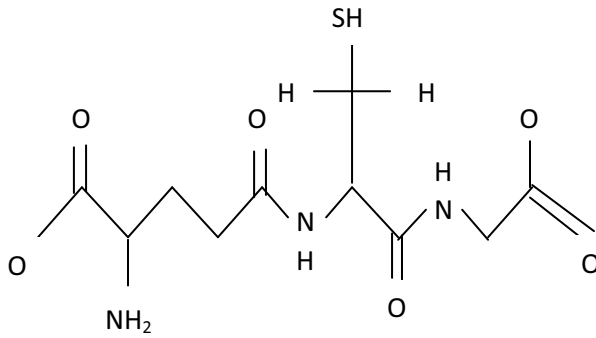


Antioksidan özelliklerinin yanı sıra tiyoller, protein sentezi, sinyal aktarımı, hücre büyümesi ve çoğalması, hücre ölümlerinin düzenlenmesi ve bağışıklığın düzenlenmesi gibi fonksiyonlara sahiptir (Sen, 1998).

Tiyol grubu içeren antioksidan bileşikler arasından GSH, CYS, homosistein (HCYS), N-asetilsistein (NAC), kaptopril (CAP), okside glutatyon (GSSG) bulunmaktadır (Demirkol ve ark., 2004).

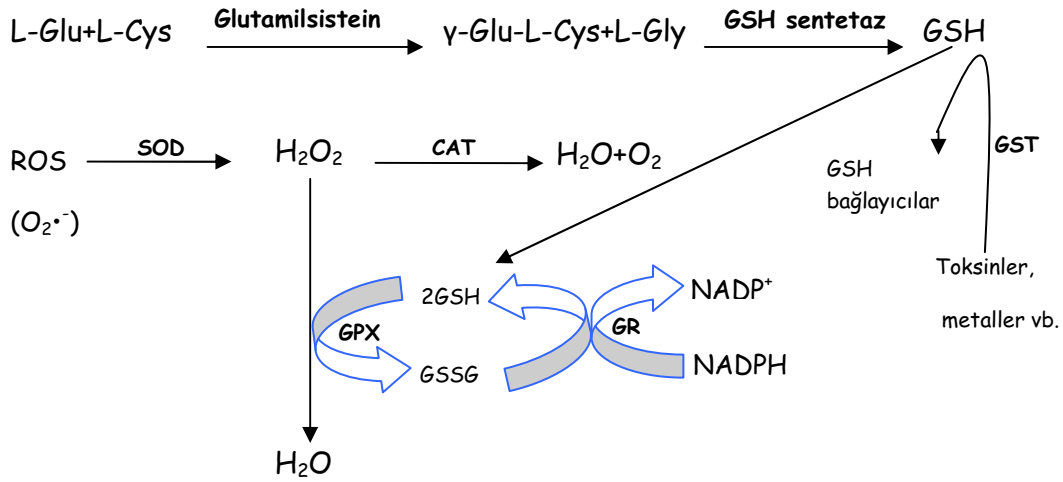
Glutatyon (GSH): Glutatyon, biyolojik olarak iki önemli yapıyı (tiyol grubu ve  $\gamma$ -glutamin bağı) yapısında bulundurur (Şekil 2.5). Yapısındaki sisteinin tiyol grubundan ve yüksek konsantrasyonundan dolayı (0.1-10 mM) hücre içinde önemli

bir antioksidan olan GSH' ın %99'dan fazlası indirgenmiş formda bulunur. Bu formda tutulabilmesi pentoz fosfat metabolik yoluna bağlıdır. Bu yolda üretilen NADPH, glutatyon disülfid redüktazın katalize ettiği reaksiyonda koenzim olarak görev alır. Önemli bir indirgeyici güç olan GSH, hücre içi proteinlerin, CYS, dihidrolipoat ve koenzim A gibi moleküllerin tiyol gruplarının, askorbat,  $\alpha$ -tokoferol gibi antioksidan moleküllerin korunmasında, ayrıca DNA'nın deoksiribonüklozid öncüllerinin oluşması için ribonükleotidlerin indirgenmesinde kullanılır. GSH ayrıca hücrelerin oksidatif hasara, toksik bileşiklere, radyasyona karşı korunmasında, bazı ilaçların inaktivasyonunda, östrojen, prostaglandin ve lökotrienler gibi bazı endojen bileşiklerin metabolik işlemlerinde yer alır (Sen ve Parker, 2000; Aksoy, 2002).



Şekil 2.5. GSH' ın kimyasal yapısı (Qiang ve ark., 2005).

GSH' nin antioksidan mekanizması 2 şekilde meydana gelmektedir: 1) ROT ile direkt ya da spontan reaksiyonu, 2) Glutatyon peroksidaz enzimi (GPx) katalizörlüğünde ROT'ların indirgenmesi ve GSSG oluşturması (Sen ve Packer, 2000). Bu şekilde oluşturulan hücre içi GSSG, glutatyon redüktaz enzimi (GR) ile tekrar GSH' ye dönüşebilmektedir (Şekil 2.6) (Demirkol ve Ercal, 2011).



Şekil 2.6. GSH sentezi ve antioksidan savunma mekanizmasındaki rolü (Demirkol ve Ercal, 2011).

Hücrede oksidasyonun bir göstergesi olarak GSSG bulunmaktadır. Bu yüzden yapılan çalışmalarda GSH ile birlikte GSSG' nin de ölçümü gerçekleştirilmektedir ve GSH:GSSG oranı şeklinde rapor edilmektedir. Bu oran oksidatif stresin biyolojik işareti olarak kabul edilmektedir (Sen, 1998).

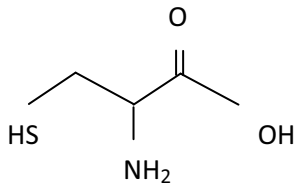
Hücrenin aşırı derecede oksidana maruz kalması durumunda fazla miktarda GSH yükseltgenerek metabolik sınırı aşan oranlarda GSSG sentezlenmektedir ve bu da oksidatif stres oluşturmaktadır. Ayrıca GSSG'nin kendisi de, proteinlerin sülfidril gruplarıyla reaksiyona girerek kalıcı zararlı etkiler meydana getirmektedir (Sen, 1998).

GSH, vitamin E ve C gibi major antioksidanlarla birlikte ağ kurarak antioksidan savunma sistemine katkıda bulunmaktadır. Aynı zamanda vitamin E ve C' nin yenilenmesinde kritik öneme sahiptir (Khanna, 2000).

Süt ürünleri, yumurta, yağlar, içeceklerin bir çoğu ve tahıl ürünlerinin hemen hemen hepsi GSH içeriği yönünden fakirdir. Buna karşın taze sebze ve meyveler, taze veya

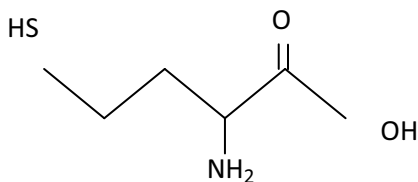
pişirilmiş etler, bazı baharatlar yüksek GSH konsantrasyonuna sahiptir (Jones, 1995; Demirkol ve ark., 2004; Manda ve ark., 2010).

Sistein (CYS): Sülfidril grubu içeren bir aminoasit olan ve GSH gibi tiyol içeren düşük molekül ağırlıklı endojen bileşiklerden olan CYS, fizyolojik ve patolojik olaylar açısından önemlidir (Şekil 2.7). CYS, hücrelerin toksik türlerden korunmasında önemli rolü olan GSH'ın ön maddesidir. CYS meyvelerden çilek, papaya ve portakalda yoğun olarak bulunurken sebzelerden ise kuşkonmaz, ıspanak, bezelye, domates ve baharatlardan kırmızı biberde yüksek oranlarda bulunmaktadır (Kleinman ve Richie, 2000; Demirkol ve ark., 2004).



Şekil 2.7. Sisteinin kimyasal yapısı (Qiang ve ark., 2005).

Homosistein (HCYS): Tiyol içeren düşük molekül ağırlıklı endojen bileşiklerden bir diğeri olan HCYS, temel bir amino asit olan metiyonin metabolizmasında oluşan bir ara üründür (Şekil 2.8). Oksidatif strese bağlı olarak meydana gelen ateroskleroz hastalığının patogeneğinde önemli rolü olduğu belirtilmektedir. Ancak HCYS'nin kalp rahatsızlıklarına neden olduğu patolojik mekanizma hala bilinmemektedir. HCYS bakımından sebzeler arasında kuşkonmaz ve kırmızı biber başı çekmektedir (Demirkol ve ark., 2004).

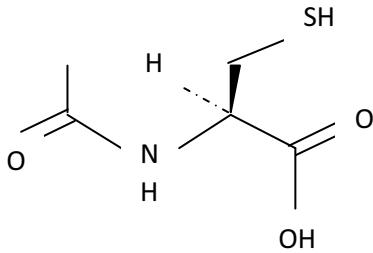


Şekil 2.8. Homosisteinin kimyasal yapısı (Qiang ve ark., 2005).

N-asetil sistein (NAC): Tiyol içeren başka bir antioksidandır (Şekil 2.9). NAC' nin kendisi direkt antioksidan etki gösterebildiği gibi dolaylı olarak da antioksidan savunmaya katkıda bulunmaktadır. Bu da GSH sentezinde rol almasından gelmektedir. NAC, kuvvetli bir hipokloröz asit süpürücüdür. Aynı zamanda iyi bir hidroksil radikali süpürücüdür. NAC, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile ise yavaş bir şekilde reaksiyona girmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar bor, krom gibi ağır metalleri şelatlayabilme yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir (Gürer ve ark., 1988).

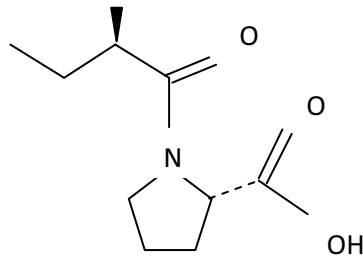
NAC, uzun yıllardan beri kronik bronşit gibi hastalıkların tedavisinde mukolitik ajan olarak kullanıldığı gibi asetaminofen zehirlenmesi için etkili bir panzehir olarak kullanılmaktadır. Bunun yanısıra parasetamol intoksikasyonunda ilaç olarak tercih edilmektedir (Demirkol ve ark., 2004).

NAC, meyvelerden turuncgillerde bulunmaktadır. Sebzelerden ise yeşil ve kırmızı biber, domates, salatalık NAC açısından zengin gıdalardır (Demirkol ve ark., 2004).



Şekil 2.9. N-asetil sisteinin kimyasal yapısı (Qiang ve ark., 2005).

Kaptopril (CAP): sahip olduğu sülfidril grubu nedeniyle serbest radikal süpürücü olarak kabul edilmiştir (Şekil 2.10). Doğuştan gelen kalp rahatsızlıklarının ve hipertansiyonun tedavisinde kullanılmaktadır (Amini ve ark., 1999; Demirkol ve ark., 2004).



Şekil 2.10. Kaptoprilin kimyasal yapısı (Qiang ve ark., 2005).

### 1.6.2. Fenolik bileşikler

En az bir aromatik halka ve buna bağlı bir veya daha fazla hidroksil grubu içeren kimyasal yapılara fenolik bileşikler denir. Bununla beraber fonksiyonel grup olarak esterler, metil esterler, glikozitler vb. de yer alabilir. Polifenolik maddeler meyve ve sebzelerde oldukça yaygındırlar. Polifenolik bileşikler potansiyel antioksidan bileşiklerdir ve serbest radikalleri engelleyerek, metallerle şelat oluşturarak ve lipid peroksidasyonunu önleyerek işlev görürler (Escarpa ve Gonzales, 2001). Polifenolik bileşiklerin, yapılarındaki çeşitlilik sebebiyle tam anlamıyla bir sınıflandırmasının yapılması mümkün olmamıştır. Ancak Tablo 2.2 bu bileşiklerin temel karbon iskeletini göz önüne alarak yapılan genel bir sınıflandırmayı göstermektedir (Escarpa ve Gonzales, 2001).

Tablo 2.2. Fenolik yapılar (Escarpa ve Gonzales, 2001).

Kimyasal Yapı	Fenolik grup
$C_6$	Fenoller
$C_6-C_1$	Hidroksibenzoik asitler
$C_6-C_2$	Asetofenoller ve fenilasetik asitler
$C_6-C_3$	Sinamik asitler, kumarinler, isokumarinler ve kromonlar
$C_6-C_4$	Naftakinonlar
$C_6-C_1-C_6$	Benzofenonlar, ksantonlar
$C_6-C_2-C_6$	Stilbenler, antrakinonlar
$C_6-C_3-C_6$	Flavonoidler, flavanonlar, flavonoller, antosiyanidinler, kalkonlar, flavanoller <sup>1</sup> , auronlar, flavonlar ve izoflavonlar <sup>2</sup>
$(C_6-C_3)_2$	Lignanlar
$(C_6-C_3-C_6)_2$	Bioflavaonoidler, biflavanlar
$(C_6-C_2)_n$	Ligninler
$(C_6-C_3-C_6)_n$	Proantosiyanidinler <sup>3</sup>

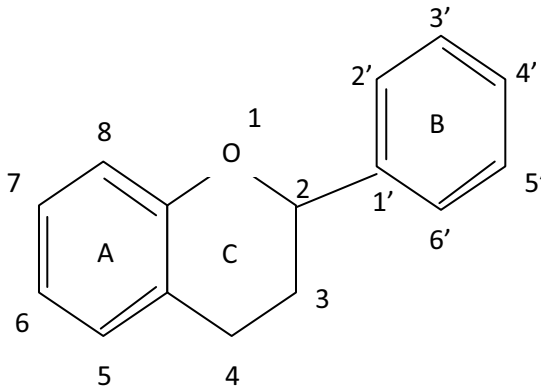
<sup>1</sup>Başlıca flavan 3-ol yapıları, <sup>2</sup> İzoflavanoidler, <sup>3</sup>Kondense tanninler

Fenolik bileşiklerin antioksidan özelliklerinin, içerdikleri OH gruplarından kaynaklandığı bildirilmektedir. Fenolik bileşiklerin indirgeyici, hidrojen iyonu



veren antioksidan ve O<sub>2</sub> bağlama özellikleri olduğu saptanmıştır. Ayrıca fenolik bileşiklerin demir, bakır gibi metallerle şelat oluşturarak hücreyi serbest radikallerin zararlı etkilerinden koruduğu belirtilmiştir (Cioroi ve Muşat, 2007).

Fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesi ile kimyasal yapıları arasında önemli bir ilişki vardır. Polifenollerin serbest radikalleri uzaklaştırıcı etkileri, B halkasındaki orto 4-C pozisyonunda -OH gruplarının varlığı, C-halkasındaki 4-oxo ile birlikte C2-C3 arasında çift bağın olması, A ve C halkalarındaki 3-OH ve 5-OH veya 4'-OH ve 3'-OH gruplarının varlığından kaynaklandığı gözlenmiştir (Şekil 2.11) (Frank ve ark., 2005).

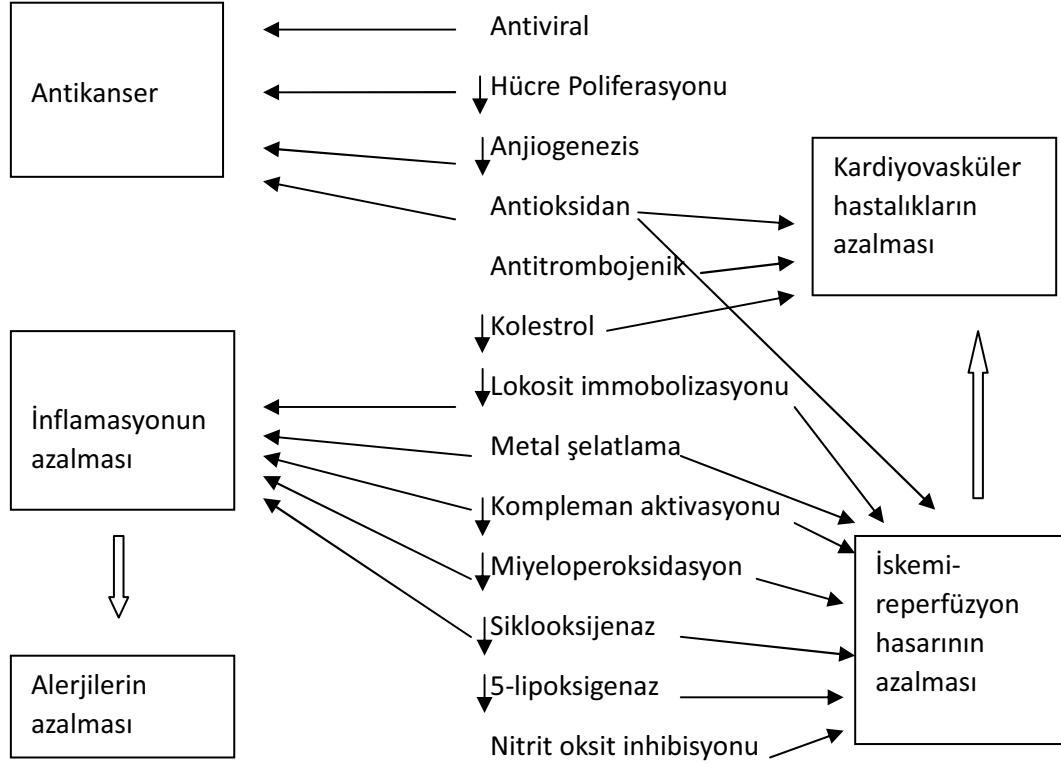


Şekil 2.11. Polifenolik bileşiklerin temel iskeleti (Frank ve ark., 2005)

Fenolik bileşikler içinden fenoller temsil eden ve en sık rastlanan yapılar hidrokinnonlardır. Fenolik asitlerden ise hidroksisinnamik asit ailesinden kumarik, kafeik, ferulik ve sinapik asit yapıları bulunmaktadır (Crozier ve ark., 2009).

Flavonoidler gıdalarda en sık rastlanan polifenolik bileşiklerdendir. Meyve ve sebzelerde bol olarak bulunurlar ve suda çözünürler. Gıdaların rengi ve aroması üzerindeki etkileri büyüktür. Örneğin antosiyaninler erik, üzüm, çilek, böğürtlen gibi gıdalara mavi, mor ve kırmızı renk veren bir fenolik bileşiklerdendir (Arts ve Hollman, 2005; Wu ve ark., 2006).

Yapılan çalışmalar diyetle birlikte alınan fenolik bileşiklerin kardiyovasküler, diyabet, kanser, kalp krizi gibi hastalıkların tedavisinde etkili olduğunu göstermiştir (Crozier ve ark, 2009). Fenolik bileşiklerin sağlık üzerindeki etkisi Şekil 2.12.'de şematize edilmiştir (Nijveldt ve ark., 2001).



Şekil 2.12. Fenolik bileşiklerin sağlık üzerindeki etkisi (Nijveldt ve ark., 2001).

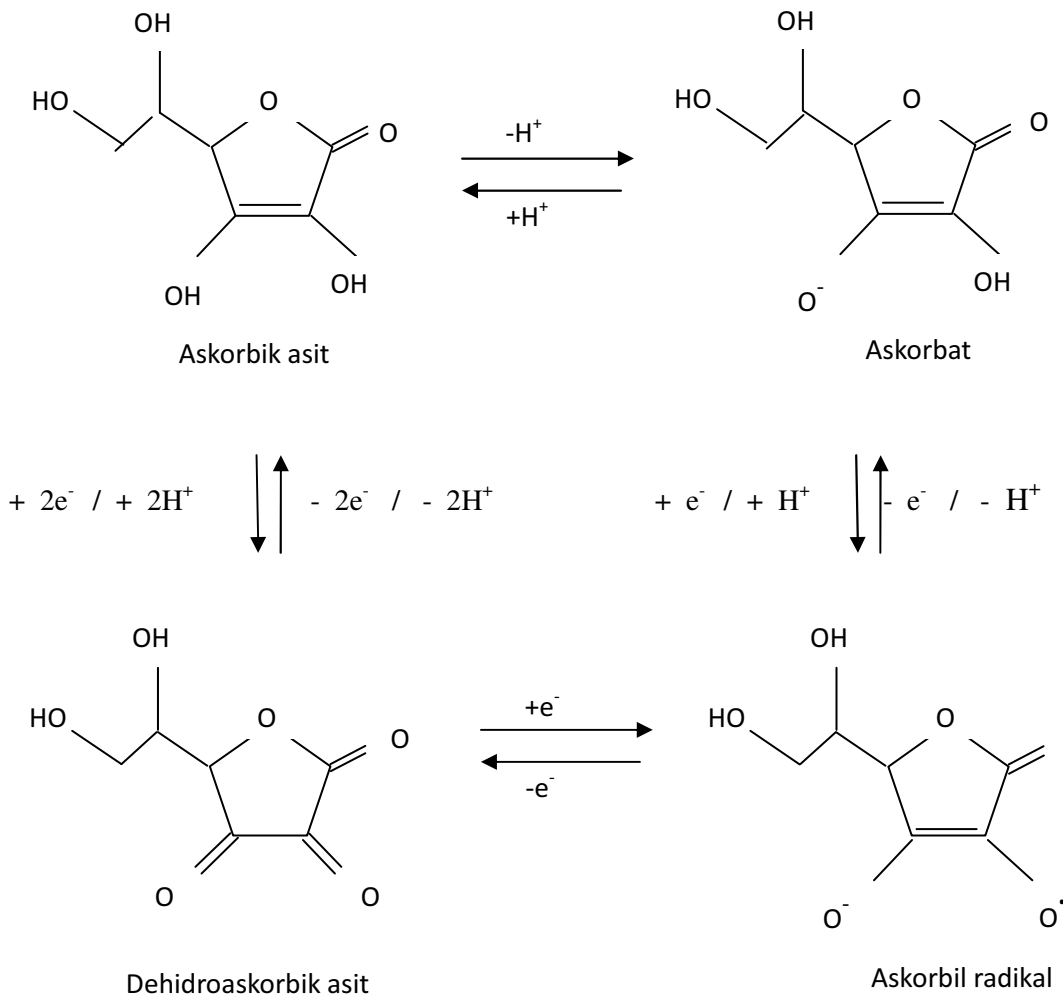
### 1.6.3. Askorbik asit

Askorbik asit, C vitamini olarak bilinen, oksidasyon ve redüksiyonlardaki rolü nedeniyle, neredeyse tüm canlı dokularda bulunan, beyaz renkli kristal halde bir bileşik olup en bilinen izomeri L-askorbik asittir (Cemeroğlu, 2004).

Lipid peroksidasyonu zincir reaksiyonunu elektron vererek durdurur. Bunu serbest radikalleri hücre membranına varmadan etkisiz hale getirerek yapmaktadır. Askorbik asit antioksidan mekanizmaya singlet oksijeni gidermesi, lipid peroksidasyonu ile oluşan peroksi serbest radikalini süpürmesi ve  $\alpha$ -tokoferol radikalini  $\alpha$ -tokoferole indirgemesi ile katkıda bulunur. Askorbik asit türevleri de

metabolizma için kendisi kadar önemlidir. Çünkü insan, glukozu C vitaminine dönüştüren enzimden yoksun birkaç canlıdan biridir (Görünmezoğlu, 2008).

Askorbik asit sahip olduğu yüksek indirgeme potansiyeli ile ROT' lerini indirgeyerek antioksidan etki gösterir. Askorbat oksidasyonunun her adımı tersinirdir ve böylece askorbik asit geri dönüşümü sağlanmaktadır (Şekil 2.13). Ayrıca  $\alpha$ -tokoferol ve GSH' in askorbik asit sayesinde izoformlarına dönüşebildiği de bildirilmiştir (May, 1998; Görünmezoğlu, 2008).



Şekil 2.13. Askorbik asidin oksidatif metabolizması (May, 1998).

Askorbik asit biyolojik sistemler için önemli biyolojik ajanlardan olmasına rağmen prooksidan etkisinin bulunduğu bildirilmiştir. Bunun nedeni olarak iz metallerle

(Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup> vb.) girdiği reaksiyon sonucunda ROT oluşturması gösterilmiştir. Lipid peroksidasyonu açısından vücutta askorbik asitle birlikte karetenoid ve tokoferollerin dengesinin korunması önem arz etmektedir (Görünmezoğlu, 2008).

Askorbik asit sebzelerden biber, brokoli, karnabahar, maydanoz, lahana, ıspanak, kuşkonmaz, kabak ve domateste bulunmaktadır. Meyvelerde ise çilek, kivi, kavun, greycourt, ananas ve karpuzda bulunmaktadır (Mitrea, 2000).

## 2.7. Kurutma ve Gıda Endüstrisi

Kurutma yöntemi insanlığın tabiatın öğrendiği ve bu yüzden ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski muhafaza yöntemidir. Ancak bu işlemin endüstriyel boyuta taşınması 18. yüzyılda gerçekleşmiştir. Isı ve kütle transferinin birlikte gerçekleştiği bir proses olan kurutma işleminin temel amacı gıdaların içeriğinde bulunan suyun kimyasal, enzimatik ve mikrobiyal reaksiyonlarda kullanımını kısıtlayarak gıdanın raf ömrünü arttırmaktadır. Bu sayede hacim azalması ve buna bağlı olarak ambalaj maliyetinin düşmesi ve taşıma kolaylığı da sağlanabilmektedir (Orak ve ark., 2011; Polat ve ark., 2012).

Kurutma işlemi sırasında bazı kalite değişiklikleri görülmektedir. Bunlardan kararlık reaksiyonları; ürünün rengini değiştirmenin yanı sıra çözünürlüğünü ve besinsel değerlerini azaltmakta; tadı istenmeyen şekilde değiştirmekte ve geri dönüşü olmayan yapısal değişimlere neden olmaktadır. Enzimatik olmayan iki ana kararlık reaksiyonları, Maillard ve karamelizasyondur. Lipid Oksidasyonu; birçok gıdada acılaştırma, istenmeyen tat değişimlerinden, yağda çözünen vitamin ve pigmentlerin kaybindan sorumludur. Ürünün nem miktarı, substrat tipi (yağ asitleri) ve enzim aktivitesi, reaksiyon uzunluğu, oksijen içeriği, sıcaklık, metallerin varlığı, doğal antioksidanların varlığı, UV ışığı, protein ve serbest aminoasit içeriği oksidasyonu etkileyen faktörler arasında sayılmaktadır. Rehidrasyon ve büzülme; rehidrasyon kurutulmuş bir ürünün tekrardan su alma kapasitesi olarak tanımlanabilmektedir. Kurutulmuş bir ürünün rehidrasyon özellikleri kurutma esnasında meydana gelen kimyasal ve yapısal değişimler, kurutma koşulları, ürüne kurutma öncesi uygulanan önlemler ve ürün kompozisyonu ile doğrudan ilişkilidir. Çözünbilme kapasitesi;

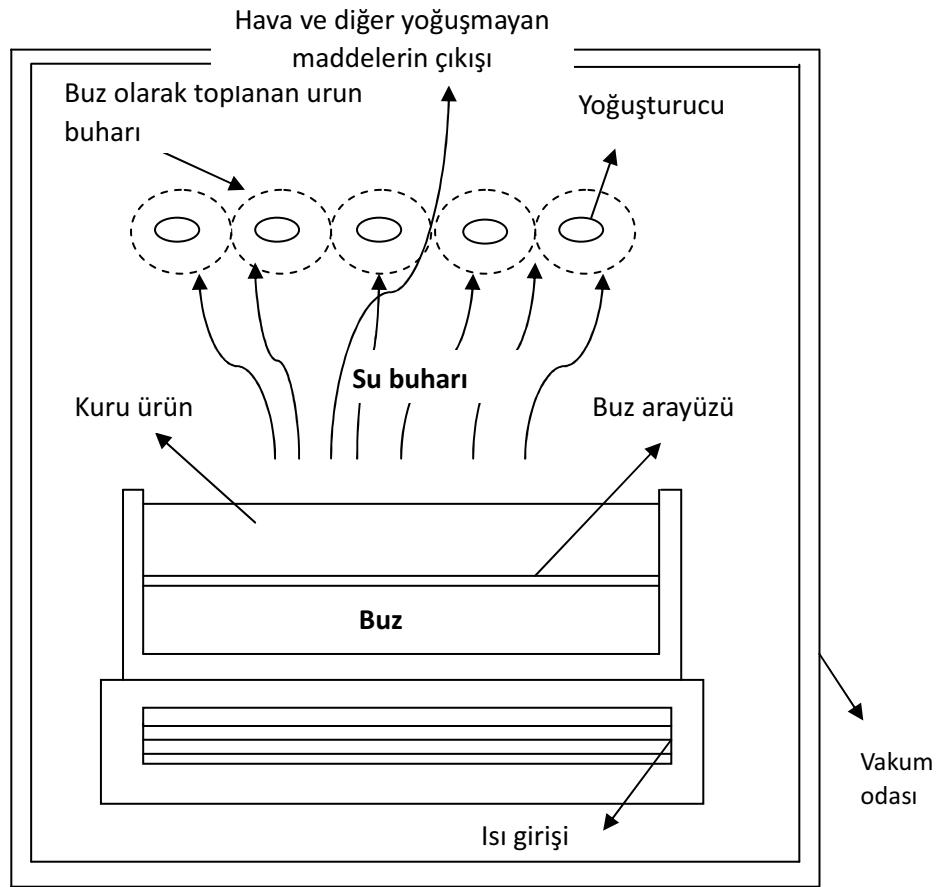
özellikle süt tozu gibi kurutulmuş taneli yapıdaki gıdaların kalite kriterleri arasında yer almaktadır. İşlem koşulları, muhafaza şartları; ürünün kompozisyonu, pH' sı ve tane büyüklüğü çözünebilme kapasitesini etkilemektedir. Önemli ölçüde azalmaktadır. Kabuk oluşumu; kurutmanın ilk aşamasında kurutma hızının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Böylece yüzeyde oluşan kuru tabaka büzüşerek alt tabakalara baskı yapar. Ancak, alt tabakalar henüz nemli olduğundan üstten yapılan basınca direnç gösterir. Bu durumda kuruma sonucu büzüşme olanağı bulamayan üst tabakalar gerilip sert bir kabuk haline dönüşür. Aroma ve tat; Aroma ve tadı sağlayan uçucu bileşikler sudan daha düşük kaynama noktasına sahip olduğundan, kurutma esnasında buharlaşma yoluyla üründen kolayca uzaklaşabilmektedir. Fakat kurutmanın ilk aşamalarında ürün yüzeyi üzerinde çepe çevre ince kuru bir tabaka oluşturulabilirse bu bileşikler muhafaza edilebilmektedir (Wu ve ark., 2007; Bingöl ve Devres, 2009; Arslan ve Özcan, 2010).

Türkiye'de meyve ve sebzelerin çoğu genellikle açık havada güneşe serilerek kurutulmaktadır. Açık havada kurutma bilinen en eski yöntemdir. Güneşte kurutma hiçbir enerji ve bakım masrafı istemediğinden ucuz bir metottur. Yalnız ürünün kalitesi hava şartlarına bağlı olarak değişir. Ayrıca, kuruma hızı çok düşük olduğundan sınırlı kapasite aşılamamaktadır. Kuruma güneş enerjisiyle gerçekleşmekte olduğundan, her yerde ve her zaman uygulanacak bir yöntem değildir. Her ürünün güneşte kurutulması da doğru değildir. Bu yüzden farklı kurutma metotları geliştirilmiştir (Aktaş ve ark., 2004; Mutlu ve Ergüneş, 2008).

Kurutma yöntemleri arasında doğal kurutmadan sonra en ekonomik olanı sıcak hava yardımıyla yapılan kurutmadır. Belirli sıcaklıkta gönderilen sıcak hava akımı sayesinde üründeki su uzaklaştırılmaktadır. Bu sayede kurutma koşulları daha rahat kontrol edilebilmektedir. Kuruma hızı güneşte kurutmaya göre daha hızlıdır. Sıcaklığın azaltılması gereken durumlarda vakum altında kurutmaya başvurulmaktadır. Bu sayede ürünlerin kalite ve besin değerleri daha iyi korunabilmektedir (Doymaz, 2007; Wu ve ark., 2007).

Son olarak geliştirilen, liyofilizasyon olarak da bilinen, dondurarak kurutma tekniği ile ürün sıcaklığının düşürülerek nemin çok önemli bir kısmının katı (buz) hale

getirilmesi ve sonrasında ürün etrafındaki basıncın düşürülmesi ile yapıdaki buzun süblimleştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 2.14). Kurutma iki aşamada gerçekleşmektedir. Birinci kurutma aşamasında donmuş halde bulunan serbest su uzaklaşırken, ikinci kurutma aşamasında vakum altında desorpsiyon ile bağlı suyun uzaklaştırılması sağlanır. Bu sayede ürünün dokusu şeklini korumakta ve hacim kaybı oluşmasına engel olmaktadır. Ancak diğer kurutma yöntemleriyle karşılaştırıldığında kurutma süresi oldukça uzundur, ayrıca birinci ve ikinci kurutma aşamaları için gereken enerji oldukça fazladır. İşçilik ve idari giderlerin eklendiği de düşünülürse yüksek maliyet kaçınılmazdır. Gıda sanayinde özellikle süt gibi besleyici değeri yüksek, meyve suyu gibi sıcaklığa hassas, çay, kahve, baharat gibi aromatik ürünlerin kurutulmasında dondurarak kurutma yönteminin kullanılmakta ve tavsiye edilmektedir (Sadıkoğlu ve ark., 2006; Çam ve Ersus, 2008, Dinçer ve Topuz, 2009; Menlik ve ark., 2009).



Şekil 2.14. Dondurarak kurutmanın şematik olarak gösterimi (Gürses, 1986; Chakraborty ve ark., 2006).

## 2.8. Önceki çalışmalar

Domates içerdiği askorbik asit, fenolik bileşikler ve karetenoidler gibi yapılar sayesinde güçlü antioksidan etkiye sahiptir. Buna bağlı olarak domates tüketiminin kanser riskini azalttığı belirtilmiştir (George ve ark., 2004; Raffo ve ark., 2006).

Literatüre bakıldığında domatesin askorbik asit içeriği farklılık göstermektedir. Örneğin 2005 yılında yapılan bir çalışmada askorbik asit içeriği 277 mg/100 g km olarak saptanırken 2002 yılında yapılan başka bir çalışmada ise 330 mg/100 g km olarak saptanmıştır. Bu farklılıklar domatesin çeşidine, yetiştiği bölgenin iklim şartlarına, toprağın kimyasal bileşimi gibi etkenlerden kaynaklanmaktadır (Kerkhofs ve ark., 2005; Giovanelli, 2002).

Bir çalışmada 3 farklı tür domatesin fenolik madde içeriği 314, 342 ve 387 mg GAE/100 g km olarak bildirilmiştir (Toor ve Savage, 2006).

3 farklı domates türünün incelendiği başka bir çalışmada, domateslerin ortalama askorbik asit, fenolik madde ve likopen içeriğinin sırasıyla 276 mg/100 km, 613 mg GAE/100 g km ve 38 mg/100 g km olduğu bildirilmiştir. 42 °C'de 48 saat sıcak hava akımının uygulanmasının ardından domateslerin C vitamini ve fenolik madde içeriğinde önemli derecede azalmanın olduğunu likopen içeriğinde ise bir artış olduğunu saptamışlardır. Kurutmanın, ABTS (2,2'-Azinobis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonat)) radikali kullanarak troloks eşdeğeri cinsinden saptanan antioksidan aktivite (TEAC) üzerinde C vitamini ve fenolik maddedekine benzer bir etki yaptığını, antioksidan aktivitenin 100 gram km üzerinden 2686.6 TEAC  $\mu$ mol' den 1325.5 TEAC  $\mu$ mol'e düştüğünü bildirmişlerdir (Kerhofs ve ark., 2005).

Domates üzerinde sıcaklığın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 88 °C'de 30 dakikalık bir ısısal işlem uygulanmış ve domatesin C vitamini içeriğinin azaldığını, likopen içeriğinin ve antioksidan aktivitenin arttığı bildirilmiştir (Dewanto ve ark., 2002).

Yapılan başka bir çalışmada, dondurarak kurutma ve sıcak hava akımıyla (etüvde) kurutmanın domatesin askorbik asit içeriğinde sırasıyla %10 ve %61 oranında azalmaya neden olurken fenolik madde içeriğinde sırasıyla %5.9 ve %29 oranında bir artışa neden olduğu gözlenmiştir. (Chang ve ark., 2006).

Domateslerin sıcak hava akımıyla kurutulduğu ve 5 farklı sıcaklığın uygulandığı (60,70, 80, 90, 100 °C) çalışmada, kurutma sıcaklığının likopen,  $\beta$ -karoten ve askorbik asit kaybını önemli derecede etkilediği saptanmıştır. Likopen ve  $\beta$ -karoten kaybı açısından en etkili sıcaklığın 70-80°C olduğu, askorbik asit için ise 60-70°C olduğu bildirilmiştir (Demiray ve ark., 2013).

Özellikle Asya’ da baharat olarak sıkça tüketilen zencefil içerdiği biyoaktif bileşenler ile sağlık üzerinde olumlu etkiler yapmaktadır. İçerdiği biyoaktif bileşenler içinden antioksidanlar bu etki de önemli bir rol üstlenmektedir.

Kırmızı ve beyaz zencefilin antioksidan özelliklerinin incelendiği bir çalışmada askorbik asit içeriğinin sırasıyla 1.83 ve 0.91 mmol/ 100 g taze meyve, toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 95.34 ve 61.89 mmol GAE/ 100 g taze meyve olarak bildirilmiştir.  $Fe^{+2}$  ‘yi şelatlama yetenekleri analiz edildiğinde indirgeme güçleri kırmızı zencefil için %40.58 iken beyaz zencefil için %11.87 olarak saptanmıştır (Obob ve ark., 2012).

Zencefilin yaprak, gövde ve kök kısımlarının antioksidan özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, Halia Bentong türü için fenolik madde içerikleri üç kısım için sırasıyla 33.0, 7.8 ve 10.22 mg GAE/ g km olarak bulunmuştur. 42.3  $\mu$ g/mL metanol ekstraktı ile DPPH radikali giderme aktivitesi üzerinden hesaplanan antioksidan aktivite ise yaprak, gövde ve kök kısımları için sırasıyla %51.12, %32.85 ve %51.41 olarak saptanmıştır (Ghasemzadeh ve ark., 2010).

Zencefil yapraklarının antioksidan özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, zencefil yaprakları mikrodalgada, etüvde, güneşte, havada ve liyofilizatörde olmak üzere 5 farklı şekilde kurutulmuştur. Mikrodalga, etüv ve güneşte kurutulan zencefil yapraklarının toplam fenolik madde miktarları sırasıyla %36, %66 ve %91 oranında



azalırken, DPPH radikali giderme aktiviteleri sırasıyla %27, %66 ve %86 oranında azalmıştır. Havada kurutma yöntemiyle ise toplam fenolik madde miktarı 130 mg GAE/ 100 g' dan 39 mg GAE/ 100 g düştüğü, DPPH radikalini giderme aktivitenin ise 48 mg askorbik asit/100 g 'dan 11 mg askorbik asit/100 g düştüğü rapor edilmiştir. Dondurarak kurutulan örneklerde ise diğer yöntemlerle kıyaslandığında çok daha az kaybın olduğu belirtilmiştir. Fenolik madde içeriği dondurarak kurutma ile 133 mg GAE/ 100 g' dan 112 mg GAE/ 100 g düştüğü, DPPH radikali giderme aktivitesinin ise 42 mg askorbik asit/100 g 'dan 38 mg askorbik asit/100 g düştüğü rapor edilmiştir (Chan ve ark., 2009).

Baharatların tiyol içeriğinin incelendiği bir çalışmada taze zencefilde NAC,  $\gamma$ -glutamil CYS ve HCYS tespit edilemezken 1076 nM/g oranında GSH ve 387 nM/g CYS saptanmıştır. Baharatların içermiş olduğu tiyol seviyeleri ile antioksidan aktivite arasında bir korelasyon olduğu sonucuna varılmıştır (Manda ve ark., 2010).

## **BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT**

### **3.1. Materyal**

Araştırmada kullanılan domates (*Solanum lycopersicum*) ve zencefil (*Zingiber officinale*) örnekleri Sakarya' nın yerel marketlerinden temin edilmiştir.

### **3.2. Metod**

#### **3.2.1. Kullanılan araç ve gereçler**

Çalışmada kullanılan başlıca ekipmanlar Elektro-Mag M 6040 BP etüv, nem tayin cihazı (ANDMX-50 (% 0,01- max 51 gr)), Jeitech model OV-12 vakumlu etüv, Freezone 6 Liter Benchstope (model no:7753027) dondurarak kurutucu, Hettich Universal 320R soğutmalı santrifüj cihazı, Bandelin Sonorex su banyosu, IKA MS3 Basic vortex, Eppendorf Research plus mikropipet, Wiggen- Hauser blender, AND GR-200 hassas terazi, ChromofilXtra Pet 45/25 0,45 µm filtre, Shimadzu Model HPLC cihazı (LC 20-AT model pompa, RF-10-AXL model floresansdedektör, SIL-20A Otosampler, HPLC Column ODS1 C18 5µm çapında kolon, CTO-10 AS vanp kolon fırını ) ve Shimadzu UV-1240 spektrofotometredir.

#### **3.2.2. Kullanılan kimyasal çözeltiler**

Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler analitik saflıkta olup Sigma ve Aldrich' den satın alınmıştır. Çözeltiler aşağıda belirtildiği gibi hazırlanmıştır;

Serin Borat Buffer (SBB) Çözeltisi

1 litre SBB hazırlamak için; 15.74 g TrisHCl, 0.618 g Borate, 0.525 g Serine, 0.393 g DETAPAC (Di etilen tri amin penta asetik asit) 1 litre suyla karıştırılarak pH

Sodyum Hidroksit ile 7'ye ayarlandı. Bu çözelti numunenin hazırlanmasından HPLC analizine kadar geçen sürede oksidasyonu önlemek amacıyla kullanıldı.

#### Mobil Faz

1 litre mobil faz hazırlamak için; 700 ml Asetonitril, 300 ml degaze edilmiş ultra saf su, 1ml Asetik asit, 1ml o-Fosforik asit karıştırıldı.

#### N-(1-pyrenyl)-maleimide (NPM) Çözeltisi

250 ml NPM çözeltisi hazırlamak için; 250 ml Asetonitrilde 0.075g NPM çözdürüldü. Hazırlanan bu çözelti örneklerde bulunan tiyollerin türevlendirmesi (tiyol bileşiklerini floresans ışımaya yapan bileşiklere dönüştürerek floresans dedektörde okunmasını sağlamak) amacıyla kullanıldı.

#### Hidroklorik asit (HCl) Çözeltisi

2N HCl Çözeltisi hazırlamak için; 50 ml HPLC saflıkta H<sub>2</sub>O'da 10 ml 12 M HCl çözdürüldü. Hazırlanan bu çözelti türevlendirme sonrası oksidatif reaksiyonun durdurulması amacıyla kullanıldı.

#### GSH ve CYS Standart Çözeltisi

Miks standart stok solüsyonu;

1mM miks= 0,003 g GSH + 0.0012 g CYS + 10 ml SBB

100µM miks= 1 ml 1mM miks + 9 ml SBB

10µM miks= 1 ml 100µM miks + 9 ml SBB olacak şekilde hazırlandı.

Hazırlanan bu miks standart stok solüsyonlarından 25 nM, 125 nM, 250 nM, 500 nM, 1250 nM, 2500 nM, 5000 nM'lık standart GSH ve CYS çözeltileri Tablo 2.1'deki gibi hazırlandı.

Tablo 3.1. Tiyol standart çözeltilerinin hazırlanışı.

Konsantrasyon	Standart stok solüsyonlar ( $\mu$ l)	SBB ( $\mu$ l)	Ultra saf su ( $\mu$ l)	NPM ( $\mu$ l)	Toplam hacim (ml)
<b>0 nM</b>	0	20	230	750	1
<b>25 nM</b>	2,5 (10 $\mu$ M'den)	17,5	230	750	1
<b>125 nM</b>	12,5 (10 $\mu$ M'den)	7,5	230	750	1
<b>250 nM</b>	2,5(100 $\mu$ M'den)	17,5	230	750	1
<b>500 nM</b>	5(100 $\mu$ M'den)	15	230	750	1
<b>1250 nM</b>	12,5(100 $\mu$ M'den)	7,5	230	750	1
<b>2500 nM</b>	2,5 (1nM' den)	7,5	230	750	1
<b>5000 nM</b>	5 (1nM' den)	12,5	230	750	1

#### %70' lik Metanol Çözeltisi

Balon jøjeye konulan 700 ml metil alkol, distile su ile 1000 ml' ye tamamlanır.

#### Folin Ciocalteau Reaktifi

Ticari olarak satın alındığı şekilde kullanıldı.

#### %20'lik Sodyum Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) Çözeltisi

20 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  tartılarak distile su ile 100 ml' ye tamamlandı.

#### %0.4' lük Okzalik Asit Çözeltisi

4 g okzalik asit tartılarak 1000 ml' lik balon jøjeye kondu ve distile su hacim çizgisine kadar tamamlandı.

#### DCPI (2,6-diklorofenolindofenol disodyum tuzu) Boya Çözeltisi

12 mg DCPI 1000 ml' lik balon jøjeye aktarıldı ve distile su ile hacim çizgisine kadar tamamlandı.

#### Asetat Tampon Çözeltisi

300 g susuz sodyum asetat 700 ml of deiyonize su ve 1000 ml glasiyel asetik asitle çözdürüldü.

#### DPPH çözeltisi

5 mg DPPH 250 ml' lik balon jojeye aktarıldı ve %70'lik metanolle hacim çizgisine kadar tamamlandı.

### **3.2.3. Kurutma İşlemleri**

Domates ve zencefillerin kurutulmasında 4 farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlar; güneşte kurutma, etüvde kurutma, vakumlu etüvde kurutma ve dondurarak kurutmadır.

#### **3.2.3.1. Güneşte kurutma**

1 cm kalınlığında kesilen domates ve zencefil örnekleri paslanmaz çelik tepsilerde herhangi bir kimyasal kullanılmadan güneşte kurutulmuştur. Örnekler 16 -19 Temmuz 2011 tarihlerinde 75 saat süre ile güneşe serilerek kurutulmuştur, bu sürenin 45 saati güneşlidir. Kurutulan örnekler analiz edilene kadar -20 °C' de muhafaza edilmiştir.

#### **3.2.3.2. Etüvde kurutma**

1 cm kalınlığında kesilen domates ve zencefil örnekleri paslanmaz çelik tepsilerde, 60°C' de 36 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan örnekler analiz edilene kadar -20 °C' de muhafaza edilmiştir.

#### **3.2.3.3. Vakumlu etüvde kurutma**

1 cm kalınlığında kesilen domates ve zencefil örnekleri paslanmaz çelik tepsilerde, 60°C' de 0.025 mbar vakum basıncı altında 36 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan örnekler analiz edilene kadar -20 °C' de muhafaza edilmiştir.

### 3.2.3.4. Dondurarak kurutma

1 cm kalınlığında kesilen domates ve zencefil örnekleri, laboratuvar tipi liofilizatörde -40 °C’ de 0,133 mbar vakum basıncı altında 24 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulan örnekler analiz edilene kadar -18 °C’ de muhafaza edilmiştir.

### 3.2.4. Laboratuvar Analizleri

#### 3.2.4.1. Kuru madde tayini

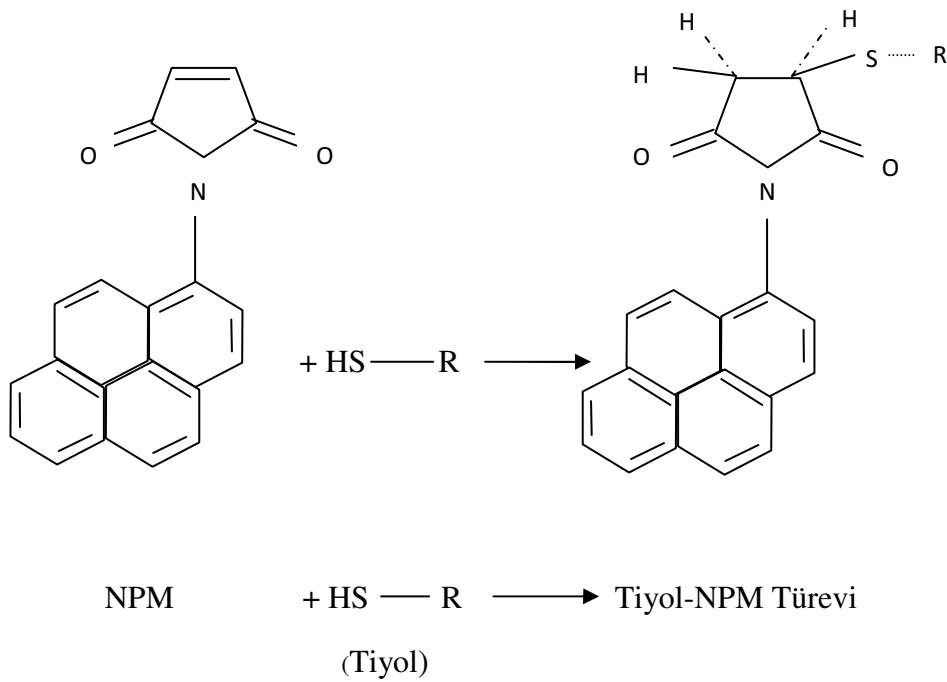
Kurutma işleminden önce ve sonra örneklerin kurumadde içerikleri otomatik nem tayin cihazı kullanılarak yapılmıştır. Örneklerden 1’ er gram tartılarak cihazın kefesine yerleştirilmiştir. Cihaz ısıyı homojen bir şekilde yayarak örneklerdeki nemi % olarak vermiştir. Örneklerin kurumadde oranları ise nem oranının 100’ den çıkarılmasıyla bulunmuştur.

#### 3.2.4.2. Tiyol analizi için örnek ekstraksiyonu ve türevlendirme

Sebzelerin tiyol içerikleri bir örnekten diğerine farklılık göstermektedir. Hatta örneğin alındığı kısmında dahi (kabuk kısmı, etli kısmı, çekirdeğe yakın kısmı) farklılıklar olmaktadır. Bu amaçla zencefilden tiyol ekstraksiyonu için 3 farklı örnekten 0,1’ er g tartılarak ve domatesten tiyol ekstraksiyonu için ise 3 farklı örnekten 0,5’ er g tartılarak 3 ml SBB çözeltisinde homojenize edildi. Homojenizasyon işlemi, buz dolu kap içerisinde doku homojenizatörü ile 2 dakika parçalama şeklinde gerçekleştirildi. Parçalanan numuneler 4°C’de, 9000 rpm devirde çalışan santrifüjde 10 dakika boyunca santrifüjdendi. Santrifüj sonrası numunelerin yüzeyinde toplanan süpernatant pastör pipeti ile alınarak eppendorf tüplerine aktarıldı.

Numunelerdeki tiyol bileşiklerinin HPLC’de okunabilmesi için numunelerin türevlendirilmesi gerçekleştirildi (Demirkol ve ark., 2004). Serbest sülfidril grupları içeren tiyol bileşikleri ile NPM çözeltisinin reaksiyonu Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Zencefil içeren süpernatanttan 250 µl alınıp 750 µl NPM çözeltisi ile, domates içeren süpernatanttan ise 50 µl alınıp 200 µl saf su ve 750 µl NPM çözeltisi ile reaksiyona sokuldu (bu miktarlar ön denemelerle belirlenmiştir). Deney tüpleri, reaksiyonun gerçekleşebilmesi için ağzları kapalı bir şekilde 5 dakika bekletildi. Türevlendirme işlemi sonrası reaksiyonu durdurmak amacıyla deney tüplerine 2 N 10 µl HCl ilave edildi. Tüpler vorteksten geçirildi. Hazırlanan 1 ml'lik numuneler 0,45 µm gözenek çaplı filtrelerden geçirilerek HPLC şişelerine aktarıldı.



Şekil 3.1. Serbest sülfidril grupları içeren tiyol bileşikleri ile NPM çözeltisinin reaksiyonu (Winters ve ark., 1995).

### 3.2.4.3. Tiyol analizi

HPLC şişelerine alınmış örneklerin tiyol analizi HPLC ile gerçekleştirildi. Eksitasyon dalga boyu ( $\lambda_{ex}$ ) 330 nm ve emisyon dalga boyu ( $\lambda_{em}$ ) 375 nm' ye ayarlanan floresans dedektör kullanıldı. 1 mL/dakika akış hızı ile mobil fazın izokratik akışı sağlandı. Kolon sıcaklığı 25°C' ye ayarlandı Enjeksiyon hacmi 5 µl

olacak şekilde analiz gerçekleştirildi. İşlem süresi ise 15 dakika olarak belirlenmiştir.

Bu elüsyon yöntemi ile, GSH ve CYS için 25-5000 nM derişim aralığında çalışılarak kalibrasyon doğruları oluşturuldu (Winters ve ark., 1995).

#### **3.2.4.4. Antioksidan aktivite testi ve toplam fenolik madde miktarı için örnek ekstraksiyonu**

Kurutulmuş ve taze domates ve zencefil örneklerinden uygun tartımlar alınarak deney tüplerine aktarıldı ve 10 ml %70' lik metanol çözeltisinde homojen hale getirildi. Oda sıcaklığında 15 dakika ultrasonik su banyosunda bekletildikten sonra 8000 rpm devir hızında 10 dakika santrifüjlendi. Süpernatantlar eppendorf tüplerine alındı (Wojdyło, 2007).

#### **3.2.4.5. DPPH radikalini giderme aktivitesi**

Antioksidan aktivite deneyi, serbest bir radikal olan DPPH radikali ile, Brand-Williams ve ark. (1995)' nın metodu modifiye edilerek gerçekleştirildi. Bu yöntem; antioksidanların kararlı bir serbest radikal olan DPPH radikalini süpürücü etkilerini ölçmeye dayalı bir yöntemdir. Bu radikal hidrojen donörlerle etkileştiğinde hidrazine indirgenir. Pembe-mor renkli DPPH radikali 517 nm'de maksimum absorpsiyon verir. DPPH çözeltisine antioksidanın ilave edilmesiyle absorbansta düşüş meydana gelir ve antioksidanların varlığıyla radikalın rengi pembe-mordan sarıya döner. Bu yöntem antioksidanların radikal süpürme kabiliyetlerini değerlendiren kolay ve geçerli bir yöntem olarak bilinmektedir (Cemeroğlu 2004).

Analiz için hazırlanan ekstraktlardan 200 µl aktarıldı, deney tüplerine kondu, ardından taze olarak hazırlanan DPPH çözeltisinden 3 ml eklendi ve hızlı bir şekilde vortekslelendikten sonra oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 30 dakika bekletildi. Bu sürenin ardından UV-VIS spektrofotometre kullanılarak 517 nm' de absorbansları okundu. Cihazın sıfırlanması metanol ile yapıldı.



Kontrol olarak örnek ekstraktı yerine %70' lik metanol çözeltisi kullanıldı.

Örneklerin antioksidan aktivitesi, aşağıdaki eşitlik kullanılarak (denklem 3.1) ifade edilmiştir (Costa ve ark., 2005; Martinez-Valverde ve ark., 2002; Brand-Williams ve ark., 1995).

$$\% DPPH \text{ giderme aktivitesi} = \frac{A(\text{kontrol}) - A(\text{örnek})}{A(\text{kontrol})} \times 100 \quad (3.1)$$

A(kontrol)=kontrolün absorbansı, A(örnek)=örneğin absorbansını göstermektedir. Sonuçlar kurumadde üzerinden hesaplanarak verilmiştir.

### 3.2.4.6. Toplam fenolik madde tayini

Zencefil ve domatesin metanol ekstraktındaki çözünebilir toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu reaktifi ile tayin edildi. Folin-Ciocalteu reaktifi fosfotungstik ve fosfomolibdik asitlerin karışımı olup fenol oksidasyonu sırasında bu oksitler mavi renkli bileşiklere indirgenir. Bu renk değişimi polifenolik bileşik miktarı ile orantılı olup 765 nm'de spektrofotometrede takip edilir. Polifenol miktarı genellikle gallik asit veya pirokateşol ekivalenti olarak ifade edilir (Aydın, 2011).

Hazırlanan ekstraktlardan 100 µl alınarak 0.2 ml Folin-Ciocalteu reaktifi ve 2 ml distile su eklendi. Üç dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra %20' lik sodyum karbonat çözeltisinden 1ml ilave edildi. Oda sıcaklığında ve karanlıkta 1 saatlik inkübasyonun ardından 765 nm' de absorbanslar okundu. Standart olarak gallik asit kullanılarak kalibrasyon doğruları oluşturuldu. Ekstraktlarda bulunan fenolik bileşik miktarı mg GAE/ 100 g km şeklinde hesaplandı (Wojdyło ve ark., 2007).

### 3.2.4.7. Askorbik asit tayini için örnek ekstraksiyonu

Beş gram örnek 50 ml %0.4' lük okzalit asit çözeltisi içinde homojen hale getirildi ve karışım kaba filtre kağıdından süzöldükten sonra ependorf tüplerine aktarıldı.

### 3.2.4.8. Askorbik asit tayini

Askorbik asit tayini spektrofotometrik yöntem kullanılarak gerçekleştirildi ( Dürüst ve ark., 1997). Bir ml %0.4'lük okzalik asit çözeltisi, 8 ml DCPI boya çözeltisi ve 1ml asetat tampon çözelti deney tüpünde karıştırıldı ve 15 sn bekleddikten sonra 520 nm dalgaboyunda absorbansı ölçüldü ve bu değer L1 değeri olarak kaydedildi (bu değer in tüm örnek absorbansı hesaplamaları için 1 kez ölçülmesi yeterlidir). Daha sonra 1ml örnek ekstraktı, 8 ml DCPI boya çözeltisi ve 1 ml asetat tampon deney tüpünde karıştırıldı ve 15 sn bekleddikten sonra 520 nm dalgaboyunda absorbansları ölçüldü ve bu değer L2 değeri olarak kaydedildi. Tüm örnekler için L2 değerleri ayrı ayrı kaydedildi. Örneklerin absorbansı L1-L2 olarak hesaplandı.

Standart olarak askorbik asit kullanıldı ve 10, 20, 30, 40, 50 ppm' lik standart çözeltiler hazırlanarak hepsi için L2 değerleri ayrı ayrı ölçüldü. Absorbansları L1-L2 olarak hesaplandı ve kalibrasyon doğruları oluşturuldu. Örneklerin askorbik asit içerikleri mg askorbik asit/ 100 g km şeklinde hesaplandı.

### 3.2.4.9. Değerlendirme

Tüm analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Tiyol analizinde standartların bağıl alıkonma zamanları (relative retention time) HPLC cihazında analizlenerek belirlenmiştir. Böylece elde edilen standartların bağıl alıkonma zamanları yardımı ile kromatogramlardaki piklere karşılık gelen tiyollerin ne oldukları ortaya çıkarılmıştır.

Sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde ise SPSS 13.0 programı kullanılmıştır. Kurutulmuş ve taze gruplar arası farkın önemi bağımsız örneklem T-testi analizi ile, 4 farklı yöntemle kurutulmuş gruplar arası farklılığın belirlenmesi ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (P<0.05).

## BÖLÜM 4. SONUÇLAR

### 4.1. Taze ve Kurutulmuş Örneklerin Yüzde Kurumadde Oranları

En az kuru madde içeriğine güneşte kurutma yöntemiyle, en fazla kurumadde içeriğine ise vakumlu etüvde kurutma yöntemiyle ulaşılmıştır. Kurutma işleminden önce ve sonra yapılan kuru madde analiz sonuçları Tablo 4.1' de olduğu gibidir.

Tablo 4.1. Çeşitli yöntemlerle kurutulmuş ve taze domates ve zencefilin kurumadde içerikleri (%).

Kurutma Yöntemi	Domatesin kurumadde içeriği (%)		Zencefilin kurumadde içeriği (%)	
	Taze	Kurutulmuş	Taze	Kurutulmuş
Güneşte kurutma	6.81±1.26	87.53±0.67	7.29±0.11	86.07±2.51
Etüvde kurutma	6.68±0.14	71.94±.47	8.27±1.53	87.15±1
Vakumlu etüvde kurutma	6.68±0.14	93.93±1.26	8.27±1.53	98.27±0.13
Dondurarak kurutma	5.39±0.23	91.7±0.21	7.74±1.59	92.87±0.06

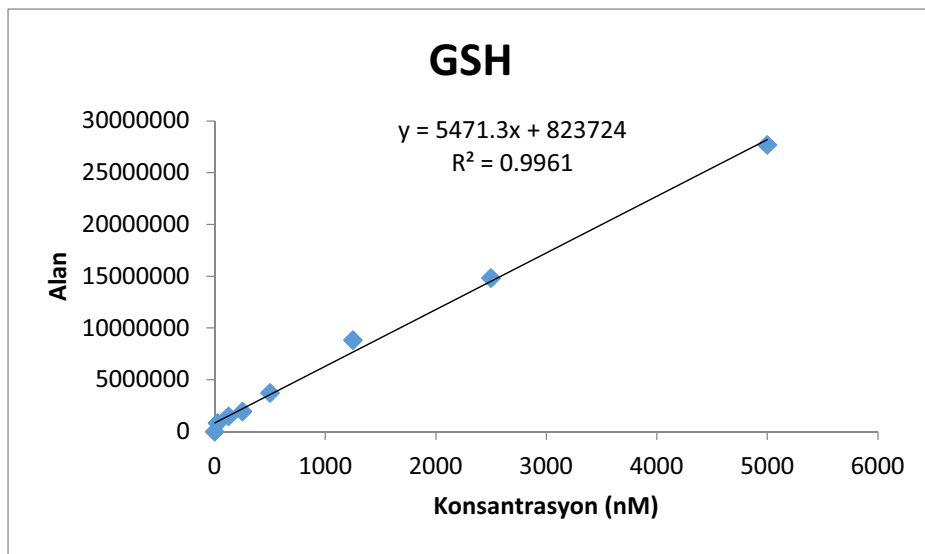
### 4.2. Örneklerin TiyoI İçerikleri

TiyoI bileşenlerinin saptanması için Demirkol ve ark. (2004)' nın geliştirdiği metod uygulanmıştır. Yapılan denemeler ile domates ve zencefilin içerdiği tiyoI bileşenleri GSH ve CYS olarak saptandı. GSH ve CYS' nin HPLC tekniğiyle tanımlanabilmesi için NPM ile türevlendirmelerinin ardından oluşan NPM-GSH ve NPM-CYS

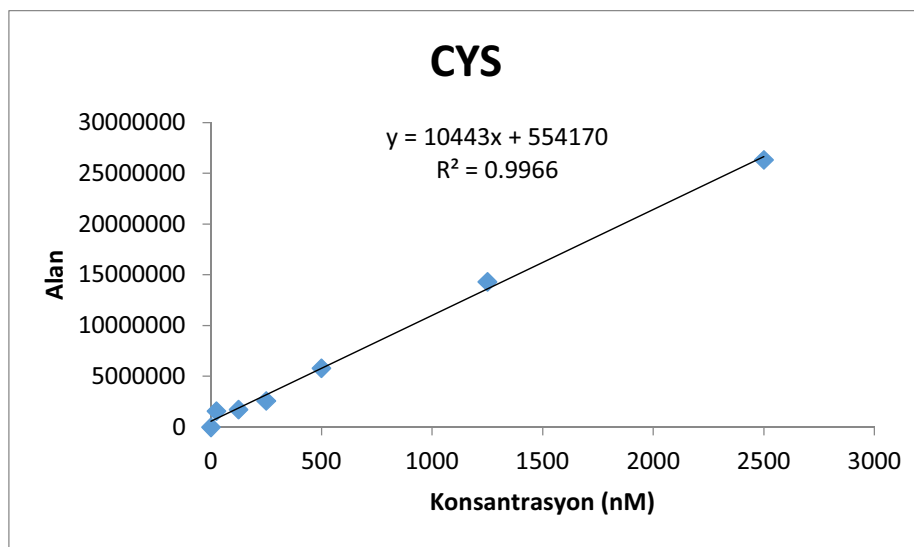
bileşiklerinin saptanması yoluna gidildi. Standart olarak GSH ve CYS kullanılan kalibrasyon eğrileri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 ' de gösterilmiştir.

GSH standart eğrisinden elde edilen elde edilen formülden domates ve zencefil örneklerinin GSH içeriği nM/g km olarak hesaplandı ( $R^2 = 0.9961$ ).

CYS standart eğrisinden elde edilen elde edilen formülden domates ve zencefil örneklerinin CYS içeriği nM/g km olarak hesaplandı ( $R^2 = 0.9966$ ).

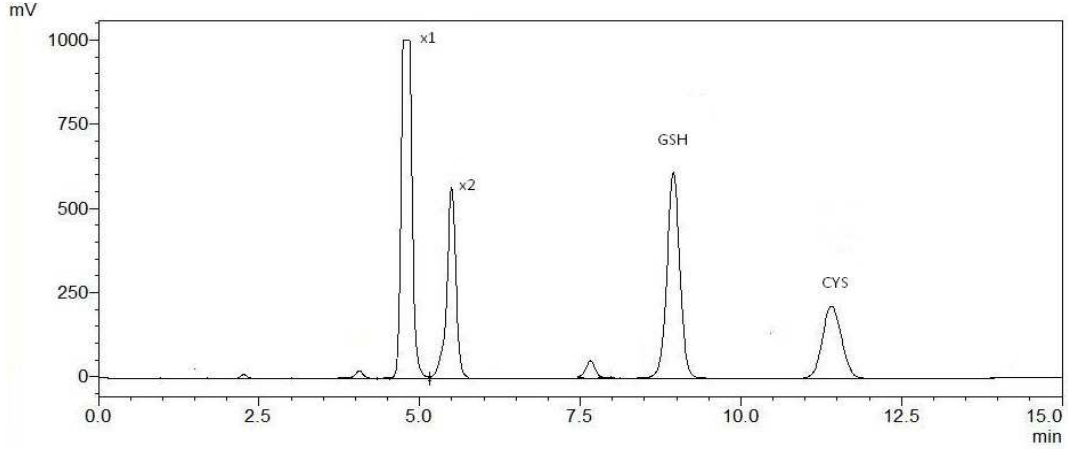


Şekil 4.1. GSH standart eğrisi

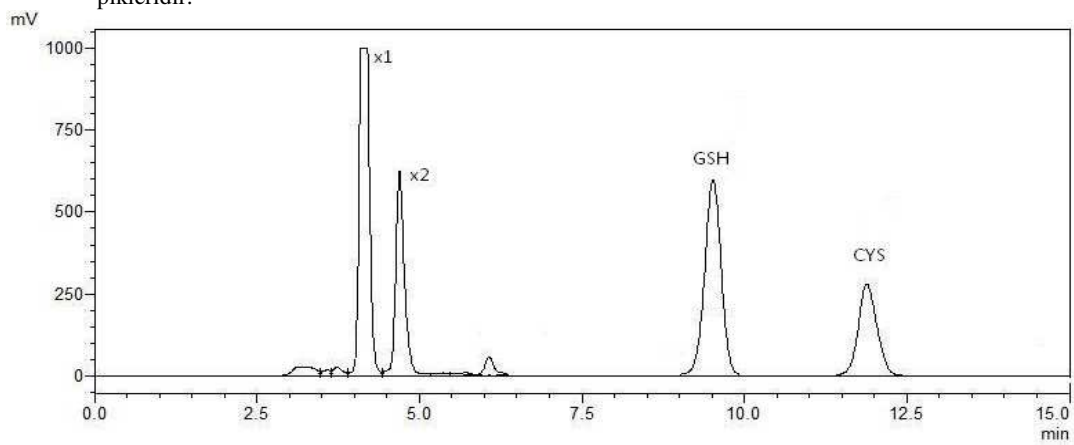


Şekil 4.2. CYS standart eğrisi

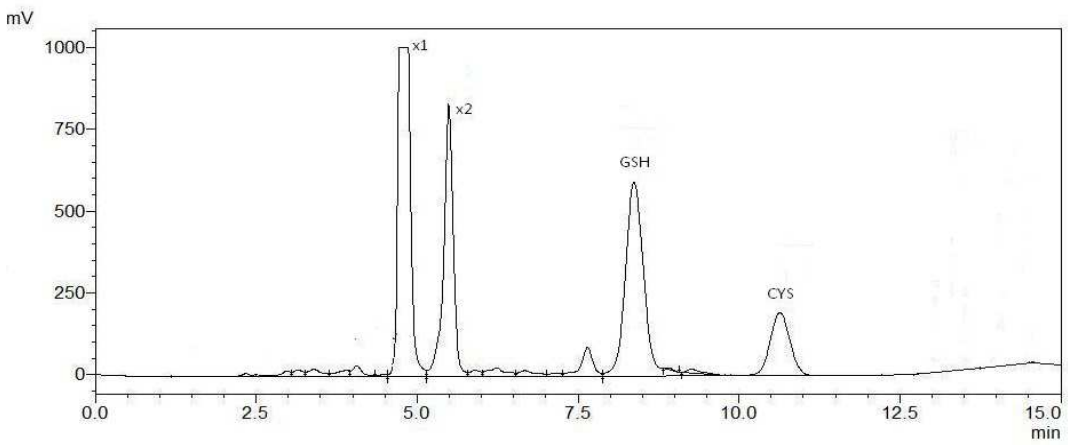
GSH ve CYS standartlarının HPLC’ de okutulmasıyla elde edilen kromatogram Şekil 4.3’ de gösterilmiştir. Taze zencefil ve domates örneklerine ait kromatogram Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. GSH ve CYS standart karışımının HPLC’ den alınan kromatogramı. X1 ve X2 NPM hidroliz pikleridir.



Şekil 4.4. NPM ile türevlendirilmiş taze domates örneğinin GSH ve CYS piklerini gösteren kromatogram. X1 ve X2 NPM hidroliz pikleridir



Şekil 4.5. NPM ile türevlendirilmiş taze zencefil örneğinin GSH ve CYS piklerini gösteren kromatogram. X1 ve X2 NPM hidroliz pikleridir.

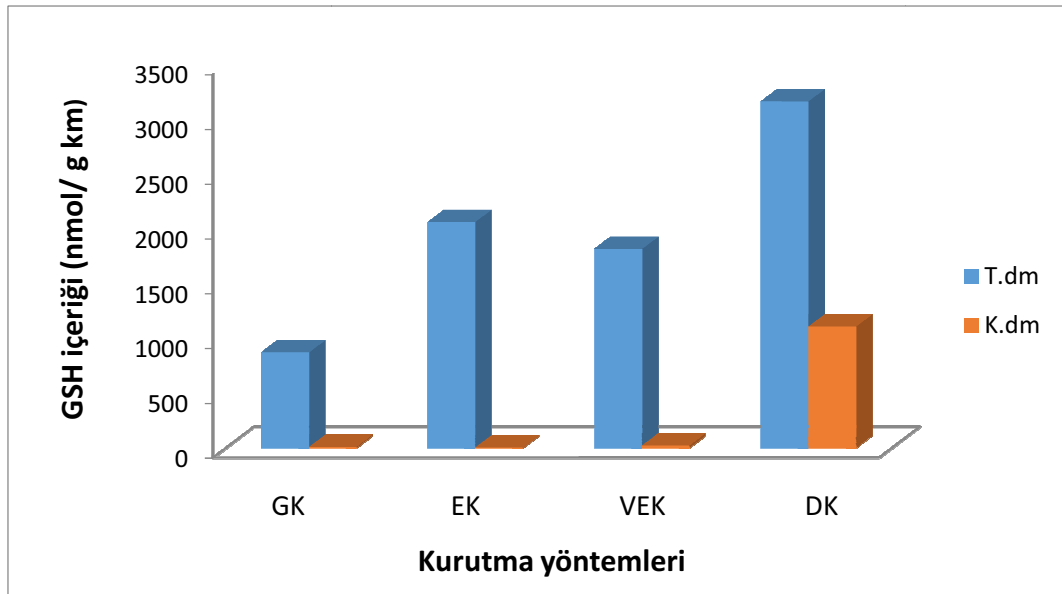
Tablo 4.2' de taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin GSH içeriği gösterilmiştir. Tüm kurutma yöntemlerinden sonra istatistiki açıdan önemli kayıplar meydana gelmiştir ( $P<0.05$ ).

Tablo 4.2. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin GSH içeriği

Kurutma Yöntemi	GSH içeriği (nmol/ g km)	
	Taze Domates	Kurutulmuş Domates
Güneşte kurutma	875.53±7.55 <sup>a</sup>	12.88±8.69 <sup>b</sup>
Etüvde kurutma	2065.09±7.72 <sup>a</sup>	6.83±0.82 <sup>b</sup>
Vakumlu etüvde kurutma	1820.01±3.43 <sup>a</sup>	24.60±0.67 <sup>b</sup>
Dondurarak kurutma	3166.17±8.61 <sup>a</sup>	1111.41±1.81 <sup>b</sup>

a-b: Aynı kurutma yöntemi için taze ve kurutulmuş örneklerde farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ( $P<0.05$ ).

En düşük GSH düzeyi etüvde kurutulan domates örneklerinde gözlenirken, en yüksek GSH düzeyi dondurarak kurutulmuş örneklerde gözlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domatesin GSH içeriği. T.dm: taze domates, K.dm: kurutulmuş domates, GK: güneşte kurutma, EK: etüvde kurutma, VEK: vakumlu etüvde kurutma, DK: dondurarak kurutma.

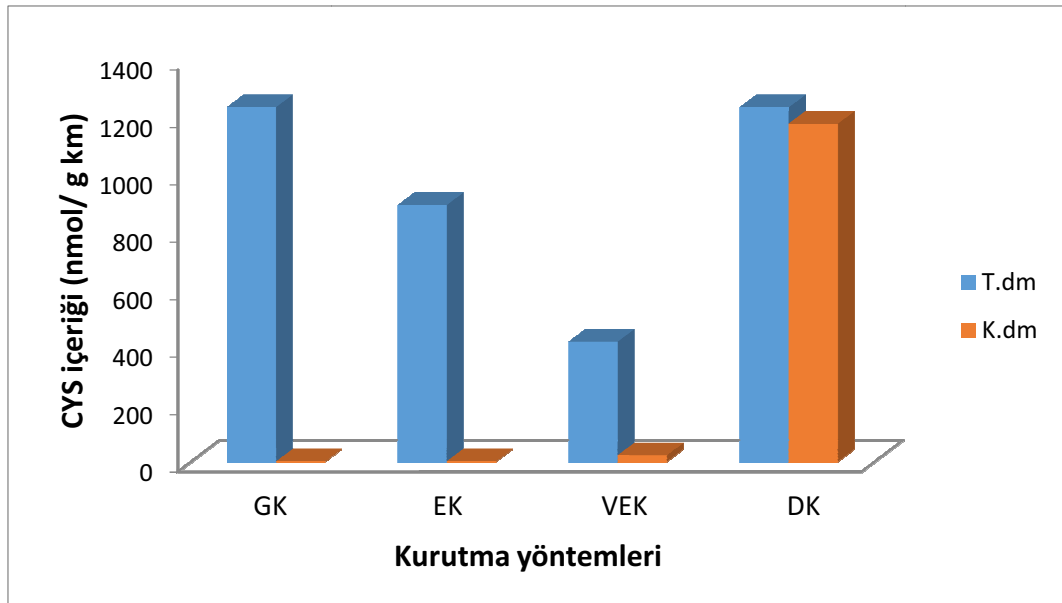
Tablo 4.3' de taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin CYS içeriği gösterilmiştir. Tüm kurutma yöntemlerinden sonra istatistiki açıdan önemli kayıplar meydana gelmiştir ( $P<0.05$ ).

Tablo 4.3. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin CYS içeriği

Kurutma Yöntemi	CYS içeriği (nmol/ g km)	
	Taze domates	Kurutulmuş domates
Güneşte kurutma	1235.35±6.85 <sup>a</sup>	2.26±0.82 <sup>b</sup>
Etüvde kurutma	895.15±7.31 <sup>a</sup>	2.30±2.67 <sup>b</sup>
Vakumlu etüvde kurutma	419.42±15.81 <sup>a</sup>	23.28±0.55 <sup>b</sup>
Dondurarak kurutma	1235.35±6.85 <sup>a</sup>	1178,78±5.16 <sup>b</sup>

a-b: Aynı kurutma yöntemi için taze ve kurutulmuş örneklerde farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ( $P<0.05$ ).

En düşük CYS düzeyi güneşte kurutulan domates örneklerinde tespit edilirken, en yüksek GSH düzeyi dondurarak kurutulmuş örneklerde tespit edilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domatesin CYS içeriği. T.dm: taze domates, K.dm: kurutulmuş domates, GK: güneşte kurutma, EK: etüvde kurutma, VEK: vakumlu etüvde kurutma, DK: dondurarak kurutma.

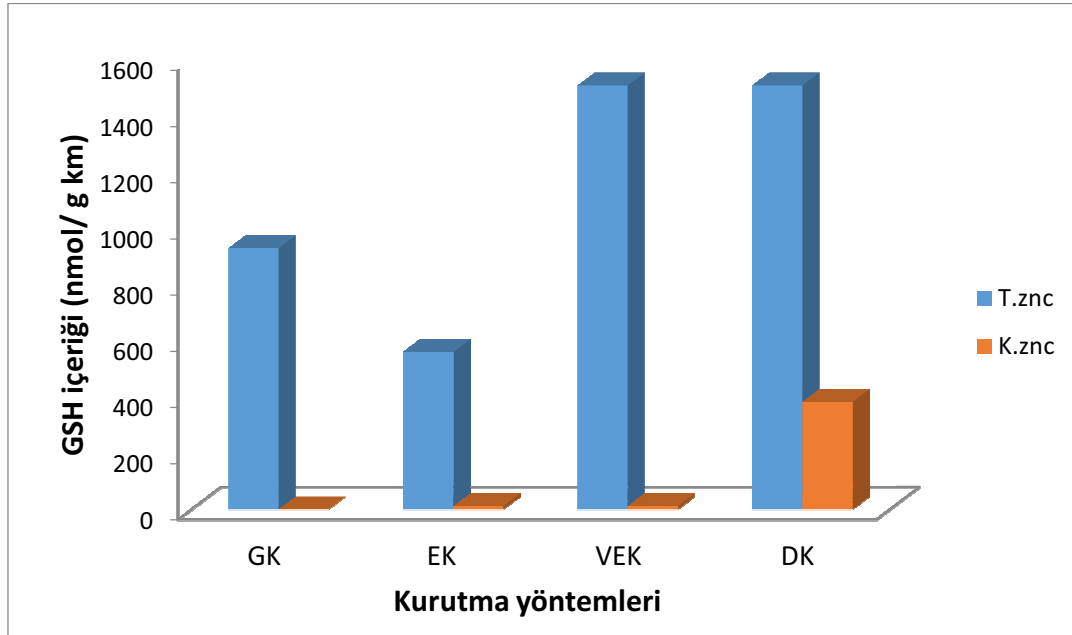
Tablo 4.4’ de taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefil örneklerinin GSH içeriği gösterilmiştir. Tüm kurutma yöntemlerinden sonra istatistiki açıdan önemli kayıplar meydana gelmiştir ( $P<0.05$ ).

Tablo 4.4. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefil örneklerinin GSH içeriği.

Kurutma Yöntemi	GSH içeriği (nmol/ g km)	
	Taze Zencefil	Kurutulmuş zencefil
Güneşte kurutma	930.85±14.62 <sup>a</sup>	0.46±0.19 <sup>b</sup>
Etüvde kurutma	562.23±11.23 <sup>a</sup>	12.24±1.41 <sup>b</sup>
Vakumlu etüvde kurutma	1510.17±13.25 <sup>a</sup>	12.11±1.21 <sup>b</sup>
Dondurarak kurutma	1510.17±13.25 <sup>a</sup>	383.75±2.3 <sup>b</sup>

a-b: Aynı kurutma yöntemi için taze ve kurutulmuş örneklerde farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ( $P<0.05$ ).

En düşük GSH düzeyi güneşte kurutulan zencefil örneklerinde saptanırken, en yüksek GSH düzeyi dondurarak kurutulmuş örneklerde saptanmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefilin GSH içeriği. T.znc: taze zencefil, K.znc: kurutulmuş zencefil, GK: güneşte kurutma, EK: etüvde kurutma, VEK: vakumlu etüvde kurutma, DK: dondurarak kurutma.



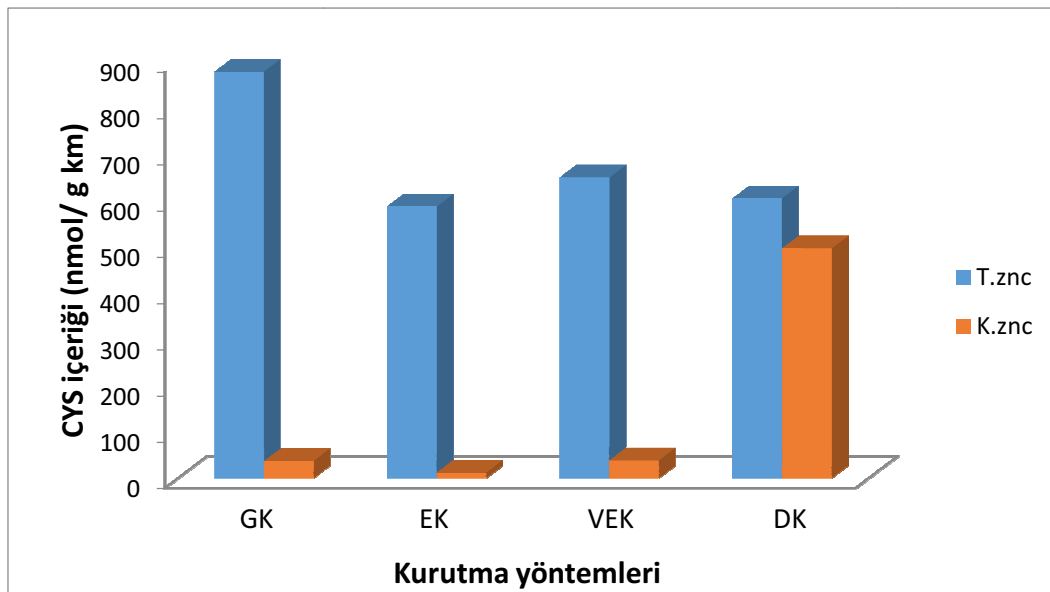
Tablo 4.5’ de taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefil örneklerinin CYS içeriği gösterilmiştir. Tüm kurutma yöntemlerinden sonra istatistiki açıdan önemli kayıplar meydana gelmiştir ( $P<0.05$ ).

Tablo 4.5. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefilin CYS içeriği.

Kurutma Yöntemi	CYS içeriği (nmol/ g km)	
	Taze zencefil	Kurutulmuş zencefil
Güneşte kurutma	879.55±11.45 <sup>a</sup>	38.02±3.19 <sup>b</sup>
Etüvde kurutma	588.38±18.27 <sup>a</sup>	12.31±3.00 <sup>b</sup>
Vakumlu etüvde kurutma	651.13±8.95 <sup>a</sup>	38,91±3.91 <sup>b</sup>
Dondurarak kurutma	605.57±4.17 <sup>a</sup>	497.50±1.57 <sup>b</sup>

a-b: Aynı kurutma yöntemi için taze ve kurutulmuş örneklerde farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ( $P<0.05$ ).

En düşük CYS düzeyi etüvde kurutulan zencefil örneklerinde gözlenirken, en yüksek CYS düzeyi dondurarak kurutulmuş zencefilde gözlenmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefilin CYS içeriği. T.znc: taze zencefil, K.znc: kurutulmuş zencefil, GK: güneşte kurutma, EK: etüvde kurutma, VEK: vakumlu etüvde kurutma, DK: dondurarak kurutma.

Kurutma yöntemlerinin zencefil ve domates örneklerinin GSH ve CYS içeriği üzerinde yaptığı etki Tablo 4.6 'da yüzde üzerinden azalma şeklinde ifade edilmiştir. Her iki örnek için de en az kayıp dondurarak kurutma yönteminde gözlenmiştir. Diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında ise aralarında oldukça büyük farklılık olduğu göze çarpmaktadır.

Tablo 4.6. Çeşitli kurutma yöntemlerinin domates ve zencefilin GSH ve CYS içeriğinde meydana getirdiği azalma oranları (%).

Kurutma Yöntemi	YÜZDE AZALMA (%)			
	GSH		CYS	
	Zencefil	Domates	Zencefil	Domates
<b>Güneşte kurutma</b>	99.95±0.03 <sup>a</sup>	98.53±0.99 <sup>a</sup>	95.68±1.41 <sup>a</sup>	99.82±0.07 <sup>a</sup>
<b>Etüvde kurutma</b>	97.82±0.45 <sup>a</sup>	99.67±0.06 <sup>a</sup>	97.91±1.79 <sup>a</sup>	99.74±0.08 <sup>a</sup>
<b>Vakumlu etüvde kurutma</b>	99.20±0.27 <sup>a</sup>	98.65±0.06 <sup>a</sup>	94.02±0.68 <sup>a</sup>	94.45±0.24 <sup>a</sup>
<b>Dondurarak kurutma</b>	74.59±2.3 <sup>b</sup>	64.90±1.81 <sup>b</sup>	17.84±1.57 <sup>b</sup>	4.62±0.83 <sup>b</sup>

a-b: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

### 4.3. Örneklerin DPPH Radikalini Giderme Aktivitesi

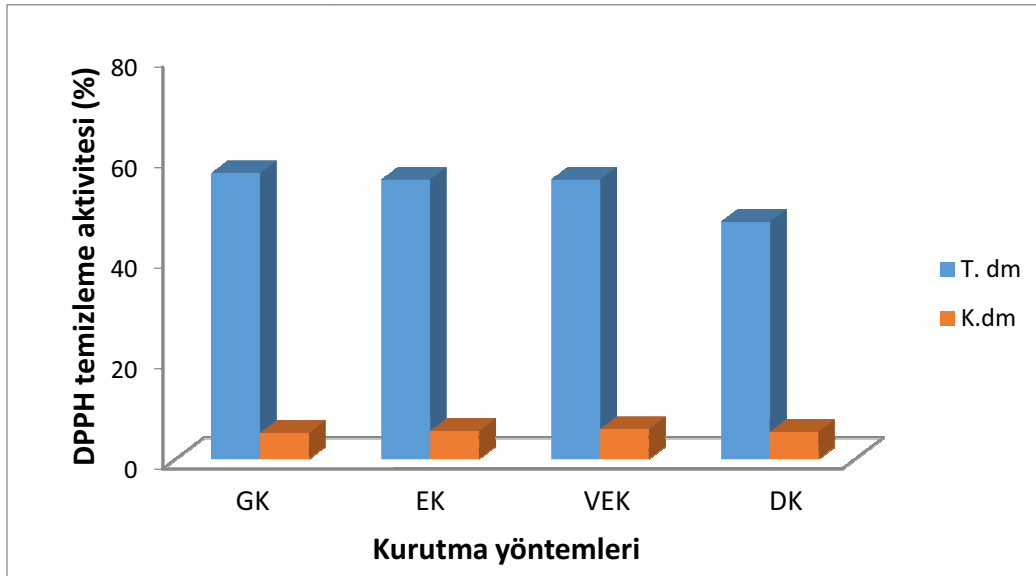
Tablo 4.7' de taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin DPPH radikalini giderme aktiviteleri gösterilmiştir. Tüm kurutma yöntemlerinden sonra istatistiki açıdan önemli kayıplar meydana gelmiştir. (P<0.05).

Tablo 4.7. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domatesin DPPH radikalini giderme aktivitesi.

Kurutma Yöntemi	Kullanılan ekstrakt miktarı (mg km/ ml)	DPPH radikalini giderme aktivitesi (%)	
		Taze domates	Kurutulmuş domates
Güneşte kurutma	6,81	55.94±3.18 <sup>a</sup>	5.25±0.13 <sup>b</sup>
Etüvde kurutma	6.68	55.65±1.13 <sup>a</sup>	5.65±3.95 <sup>b</sup>
Vakumlu etüvde kurutma	6.68	55.65±1.13 <sup>a</sup>	6.04±3.08 <sup>b</sup>
Dondurarak kurutma	5,39	47.27±3.98 <sup>a</sup>	5.39±1.30 <sup>b</sup>

a-b: Aynı kurutma yöntemi için taze ve kurutulmuş örneklerde farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir (P<0.05).

En düşük DPPH radikali giderme aktivitesi güneşte kurutulan domates örneklerinde gözlenirken, en yüksek DPPH radikali aktivitesi vakumlu etüvde kurutulan örneklerde gözlenmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Taze ve kurutulmuş domatesin DPPH temizleme aktivitesi. T.dm: taze domates, K.dm: kurutulmuş domates, GK: güneşte kurutma, EK: etüvde kurutma, VEK: vakumlu etüvde kurutma, DK: dondurarak kurutma

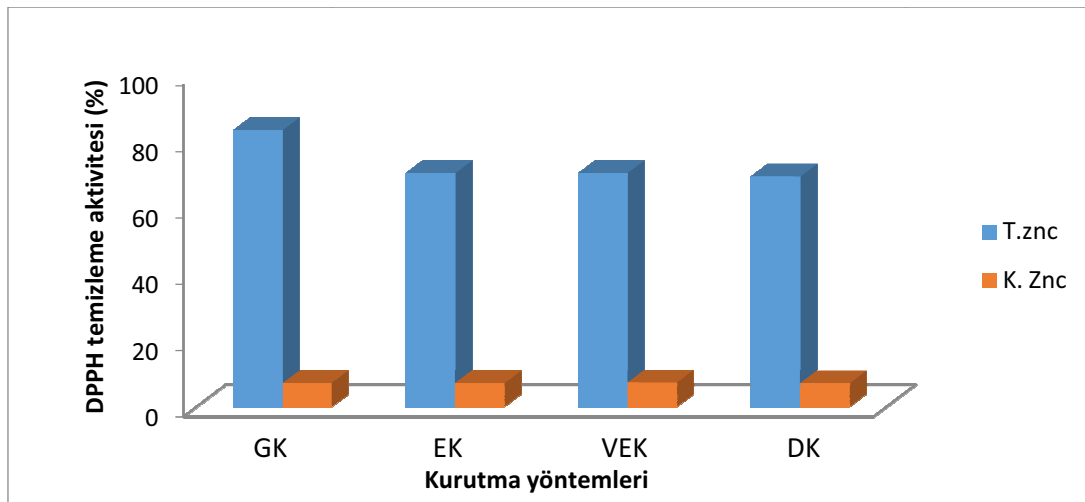
Tablo 4.8' de taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefil örneklerinin DPPH radikalini giderme aktiviteleri gösterilmiştir. Tüm kurutma yöntemlerinden sonra istatistiki açıdan önemli kayıplar meydana gelmiştir ( $P<0.05$ ).

Tablo 4.8. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefilin DPPH radikalini giderme aktivitesi.

Kurutma Yöntemi	Kullanılan ekstrakt miktarı (mg km/ ml)	DPPH radikalini giderme aktivitesi (%)	
		Taze Zencefil	Kurutulmuş zencefil
Güneşte kurutma	7.29	83.55±1.44 <sup>a</sup>	7.18±1.16 <sup>b</sup>
Etüvde kurutma	8.27	70.61±4.94 <sup>a</sup>	7.17±1.51 <sup>b</sup>
Vakumlu etüvde kurutma	8.27	70.61±4.94 <sup>a</sup>	7.31±0.63 <sup>b</sup>
Dondurarak kurutma	7.74	69.55±2.34 <sup>a</sup>	7.22±1.91 <sup>b</sup>

a-b: Aynı kurutma yöntemi için taze ve kurutulmuş örneklerde farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ( $P<0.05$ ).

En düşük DPPH radikali aktivitesi etüvde kurutulan zencefil örneklerinde gözlenirken, en yüksek DPPH radikali aktivitesi vakumlu etüvde kurutulan örneklerde gözlenmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Taze ve kurutulmuş zencefilin DPPH temizleme aktivitesi. T.znc: taze zencefil, K.znc: kurutulmuş zencefil, GK: güneşte kurutma, EK: etüvde kurutma, VEK: vakumlu etüvde kurutma, DK: dondurarak kurutma.

Kurutma yöntemlerinin zencefil ve domates örneklerinin her ikisinin de DPPH temizleme aktivitesi üzerinde yaptığı etki Tablo 4.9 'da yüzde azalma şeklinde ifade edilmiştir. Her iki örnek için de en fazla kayıp etüvde kurutma yönteminde, en az kayıp ise dondurarak kurutma yönteminde gözlenmiştir. Ancak tüm kurutma yöntemleri büyük kayıplara neden olmuştur.

Tablo 4.9. Kurutma yöntemlerinin domates ve zencefilin DPPH radikalini giderme aktivitesinde meydana getirdiği azalma oranları (%).

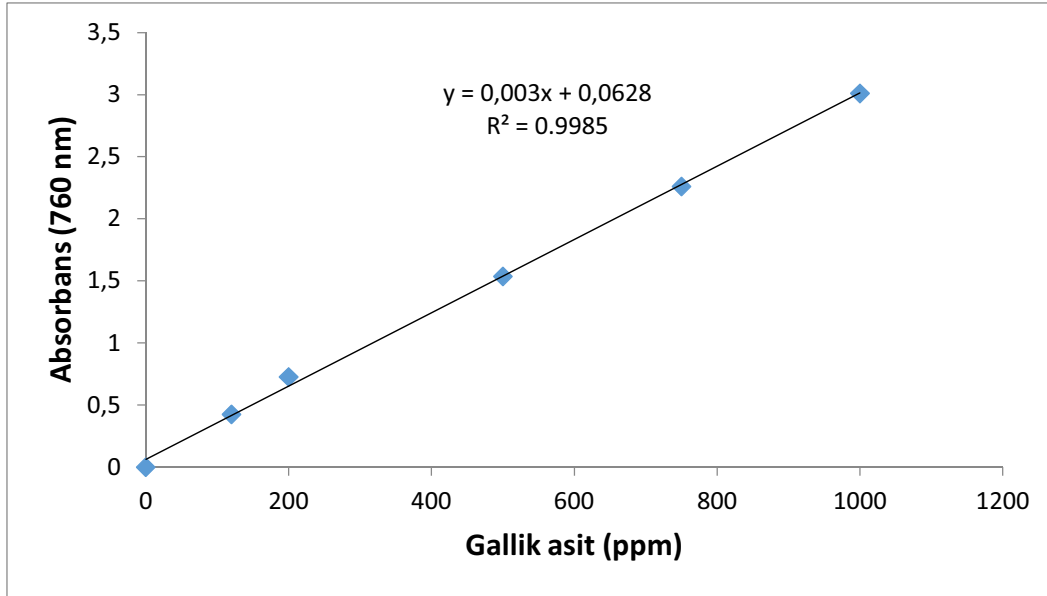
Kurutma Yöntemi	DPPH giderme aktivitesindeki azalma (%)	
	Zencefil	Domates
<b>Güneşte kurutma</b>	91.01±0.50 <sup>a</sup>	90.36±0.29 <sup>a</sup>
<b>Etüvde kurutma</b>	89.81±1.75 <sup>b</sup>	89.51±1.00 <sup>a</sup>
<b>Vakumlu etüvde kurutma</b>	89.61±3.40 <sup>b</sup>	89.15±0.70 <sup>a</sup>
<b>Dondurarak kurutma</b>	89.76±1.40 <sup>b</sup>	88.27±0.20 <sup>a</sup>

a-b: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

#### 4.4. Örneklerin Toplam Fenolik Madde İçerikleri

Zencefil ve domatesin metanol ekstraktlarındaki toplam çözünebilir fenolik maddeler Folin-Ciocalteu reaktifi ile tayin edilmiştir. Standart olarak gallik asit kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur (Şekil 4.12).

Gallik asit kalibrasyon eğrisi kullanılarak taze ve kurutulmuş örneklerin metanol ekstraktlarındaki toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100 g km şeklinde hesaplanmıştır ( $R^2 = 0.9985$ ).



Şekil 4.12. Gallik asit standart eğrisi.

Zencefil ve domates karşılaştırıldığında zencefilin domatesten daha fazla fenolik madde içerdiği belirlendi.

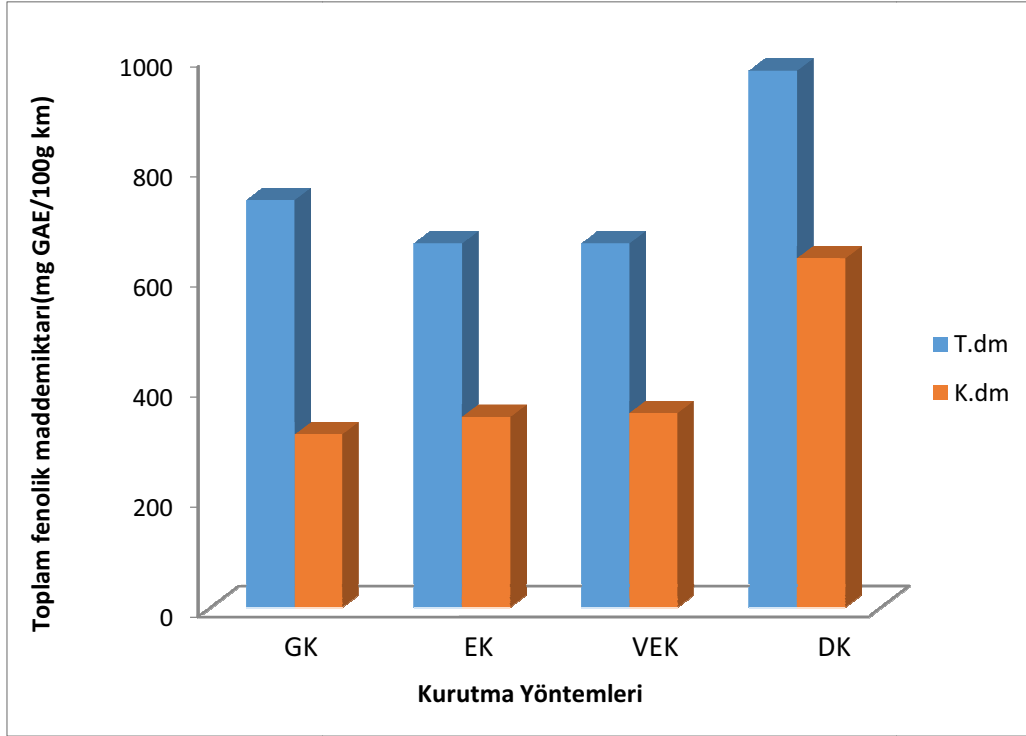
Tablo 4.10' da taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin toplam fenolik madde miktarı belirtilmiştir. Tüm kurutma yöntemlerinden sonra istatistiki açıdan önemli kayıplar meydana gelmiştir ( $P < 0.05$ ).

Tablo 4.10. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin toplam fenolik madde miktarı.

Kurutma Yöntemi	Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/ 100 g km)	
	Taze domates	Kurutulmuş domates
<b>Güneşte kurutma</b>	739.93±11.62 <sup>a</sup>	314.27±2.30 <sup>b</sup>
<b>Etüvde kurutma</b>	661.43±10.73 <sup>a</sup>	346.10±1.97 <sup>b</sup>
<b>Vakumlu etüvde kurutma</b>	661.43±10.73 <sup>a</sup>	352.79±1.29 <sup>b</sup>
<b>Dondurarak kurutma</b>	975.32±12.68 <sup>a</sup>	634.18±2.28 <sup>b</sup>

a-b: Aynı kurutma yöntemi için taze ve kurutulmuş örneklerde farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ( $P < 0.05$ ).

En düşük toplam fenolik madde miktarı güneşte kurutulan domates örneklerinde tespit edilirken, en yüksek toplam fenolik madde miktarı dondurarak kurutulan örneklerde tespit edilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Taze ve kurutulmuş domatesin toplam fenolik madde miktarı. T.dm: taze domates, K.dm: kurutulmuş domates, GK: güneşte kurutma, EK: etüvde kurutma, VEK: vakumlu etüvde kurutma, DK: dondurarak kurutma.

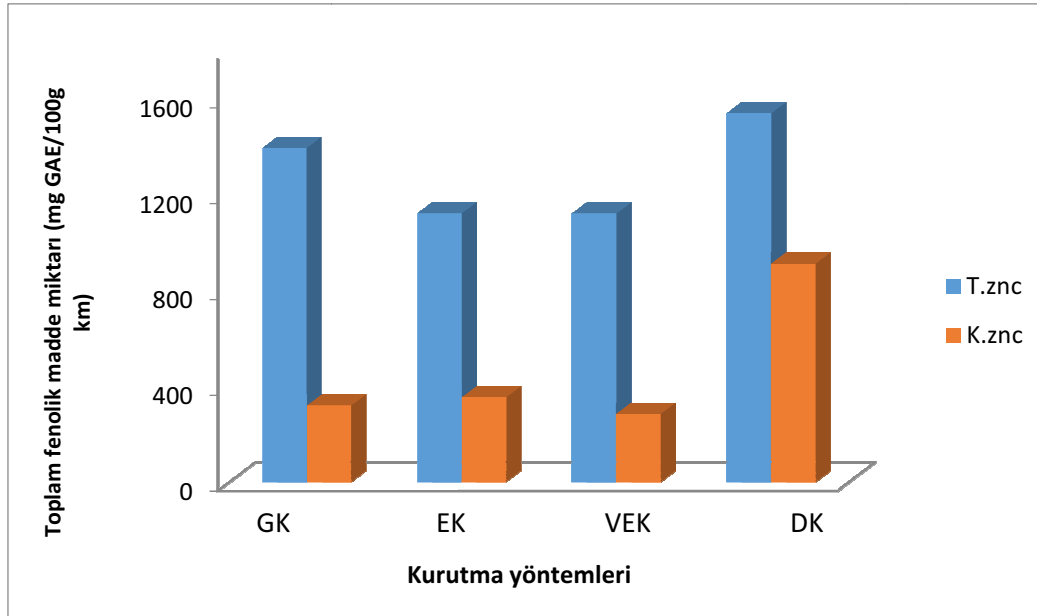
Tablo 4.11' de taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefil örneklerinin toplam fenolik madde miktarı belirtilmiştir. Tüm kurutma yöntemlerinden sonra istatistiki açıdan önemli kayıplar meydana gelmiştir ( $P < 0.05$ ).

Tablo 4.11. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş zencefil örneklerinin toplam fenolik madde miktarı

Kurutma Yöntemi	Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/ 100 g km)	
	Taze zencefil	Kurutulmuş zencefil
Güneşte kurutma	1393.17±17.54 <sup>a</sup>	319.60±7.36 <sup>b</sup>
Etüvde kurutma	1120.86±11.75 <sup>a</sup>	284.10±9.51 <sup>b</sup>
Vakumlu etüvde kurutma	1120.86±11.75 <sup>a</sup>	354.05±3.11 <sup>b</sup>
Dondurarak kurutma	1539.28±18.14 <sup>a</sup>	910.91±4.51 <sup>b</sup>

a-b: Aynı kurutma yöntemi için taze ve kurutulmuş örneklerde farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir (P<0.05).

En düşük toplam fenolik madde miktarı etüvde kurutulan zencefil örneklerinde tespit edilirken, en yüksek toplam fenolik madde miktarı dondurularak kurutulan örneklerde tespit edilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Taze ve kurutulmuş zencefilim toplam fenolik madde miktarı. T.znc: taze zencefil, K.znc: kurutulmuş zencefil, GK: güneşte kurutma, EK: etüvde kurutma, VEK: vakumlu etüvde kurutma, DK: dondurarak kurutma.



Kurutma yöntemlerinin zencefil ve domates örneklerinin her ikisinin de fenolik madde miktarı üzerinde yaptığı etki Tablo 4.12 'de yüzde azalma şeklinde ifade edilmiştir. Her iki örnek için de en fazla kayıp güneşte kurutma yönteminde, en az kayıp ise dondurarak kurutma yönteminde gözlenmiştir.

Tablo 4.12. Kurutma yöntemlerinin domates ve zencefilin toplam fenolik madde miktarında meydana getirdiği azalma oranları (%)

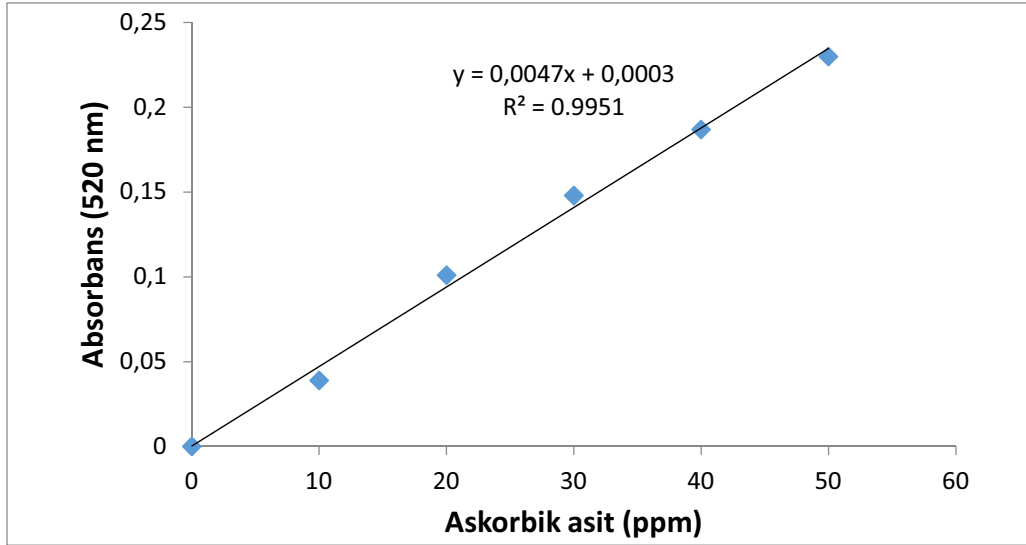
Kurutma Yöntemi	Toplam fenolik madde miktarındaki azalma (%)	
	Zencefil	Domates
<b>Güneşte kurutma</b>	76.45±7.54 <sup>a</sup>	57.53±4.3 <sup>a</sup>
<b>Etüvde kurutma</b>	74.48±6.8 <sup>a</sup>	47.67±14.3 <sup>a</sup>
<b>Vakumlu etüvde kurutma</b>	68.59±3.25 <sup>a</sup>	46.66±6.1 <sup>a</sup>
<b>Dondurarak kurutma</b>	39.86±9.83 <sup>b</sup>	34.98±6.73 <sup>b</sup>

a-b: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

#### 4.5. Örneklerin Askorbik Asit İçerikleri

Zencefil ve domatesin okzalik asit ekstraktlarındaki askorbik asit içeriği spektrofotometrik yöntemle tayin edildi. Standart olarak askorbik asit kalibrasyon eğrileri oluşturuldu (Şekil 4.15).

Askorbik asit kalibrasyon eğrisi kullanılarak taze ve kurutulmuş örneklerin askorbik asit miktarı mg /100 g km şeklinde hesaplanmıştır ( $R^2=0.9951$ ).



Şekil 4.15. Askorbik asit standart eğrisi.

Zencefil ve domates karşılaştırıldığında domatesin zencefilden daha fazla askorbik asit içerdiği belirlenmiştir. Taze zencefilin askorbik asit içeriği  $79.86 \pm 4.37$  mg/100 g km olarak saptanmıştır. Kurutulmuş zencefil örneklerinin hiç birinde askorbik asit tespit edilmemiştir.

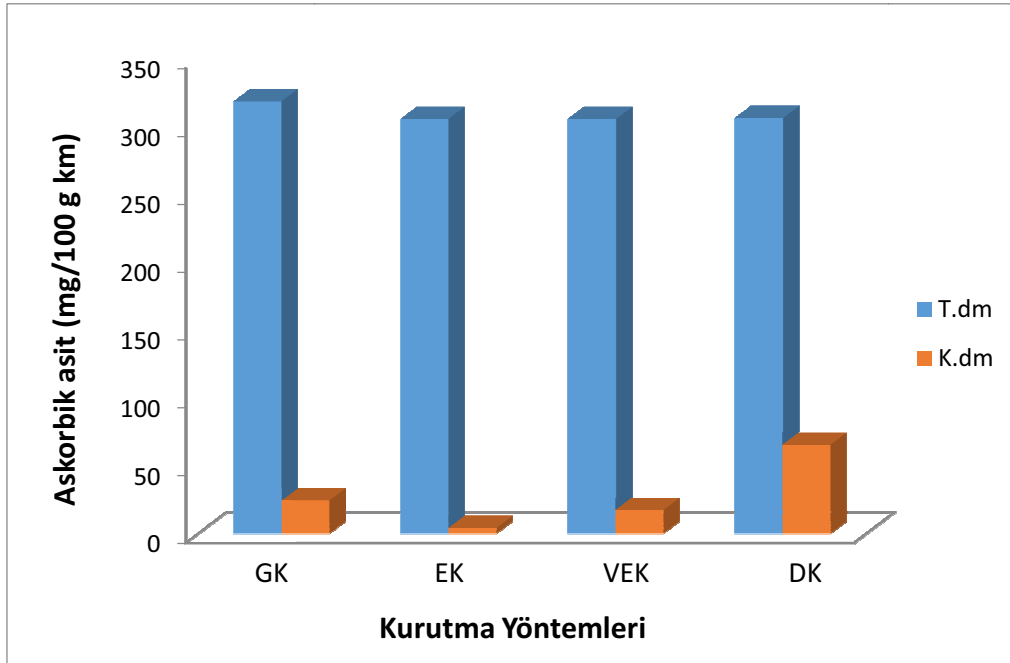
Tablo 4.13' de taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin askorbik asit miktarı belirtilmiştir. Tüm kurutma yöntemlerinden sonra istatistiki açıdan önemli kayıplar meydana gelmiştir ( $P < 0.05$ ).

Tablo 4.13. Taze ve çeşitli yöntemlerle kurutulmuş domates örneklerinin askorbik asit miktarı.

Kurutma Yöntemi	Askorbik asit miktarı (mg/ 100 g km)	
	Taze Domates	Kurutulmuş domates
Güneşte kurutma	$318.68 \pm 10.77^a$	$24.39 \pm 5.92^b$
Etüvde kurutma	$305.77 \pm 13.88^a$	$4.14 \pm 1.29^b$
Vakumlu etüvde kurutma	$305.77 \pm 13.88^a$	$17.37 \pm 1.25^b$
Dondurarak kurutma	$309.58 \pm 22.21^a$	$65.47 \pm 1.14^b$

a-b: Aynı kurutma yöntemi için taze ve kurutulmuş örneklerde farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ( $P < 0.05$ ).

En düşük askorbik asit miktarı etüvde kurutulan domates örneklerinde tespit edilirken, en yüksek askorbik asit miktarı dondurularak kurutulan örneklerde tespit edilmiştir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Taze ve kurutulmuş domatesin askorbik asit içeriği. T.dm: taze domates, K.dm: kurutulmuş domates, GK: güneşte kurutma, EK: etüvde kurutma, VEK: vakumlu etüvde kurutma, DK: dondurarak kurutma.

Kurutma yöntemlerinin domates örneklerinin askorbik asit içeriği üzerinde yaptığı etki Tablo 4.14 'de yüzde azalma şeklinde ifade edilmiştir. Domates örnekleri için en fazla kayıp güneşte kurutma yönteminde, en az kayıp ise dondurarak kurutma yönteminde gözlenmiştir.

Tablo 4.14. Çeşitli kurutma yöntemlerinin domatesin askorbik asit içeriğinde meydana getirdiği azalma oranları(%)

Kurutma Yöntemi	Domatesin askorbik asit miktarındaki azalma (%)
Güneşte kurutma	92.35± 1.5 <sup>a</sup>
Etüvde kurutma	98.65± 0.4 <sup>a</sup>
Vakumlu etüvde kurutma	94.32± 0.7 <sup>a</sup>
Dondurarak kurutma	78.65± 3.12 <sup>b</sup>

a-b: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

## BÖLÜM 5. TARTIŞMA

Domates içerdiği tiyol, askorbik asit, karetenoidler ve fenolik bileşikler gibi fitokimyasallar vasıtasıyla iyi bir antioksidan kaynağı olarak görülmektedir. Bizim çalışmamızda taze domatesin GSH içeriği 875.53-3166.17 nmol/g km, CYS içeriği 419.42-1235.35 nmol/g km, toplam fenolik madde miktarı 661.43-935.32 mg GAE/100 g km, DPPH radikalini temizleme aktivitesi %47.27-55.94 ve askorbik asit miktarı 305.77-318.68 mg/100 g km olarak saptanmıştır. Benzer şekilde zencefilin de yapısındaki çeşitli bileşikler sayesinde yüzyıllar boyunca alternatif tıbbi ışık tutmuş bir çok hastalığın tedavisinde kullanılmıştır. Çalışmamızda zencefilin GSH içeriği 562.23-1510.17 nmol/g km, CYS içeriği 588.38-879.55 nmol/g km, toplam fenolik madde miktarı 1120.86-1539.28 mg GAE/100 g km, DPPH radikalini giderme aktivitesi %69.55-83.55 olarak saptanmıştır. Ancak zencefil ve domatesin tiyol içeriği ile ilgili yapılan literatür taramasında değerlendirmenin yetersiz olduğu görülmüştür. Yapılan bir çalışmada, taze zencefilin tiyol bileşiklerinden GSH ve CYS' ni içerdiği rapor edilmiştir (Manda ve ark., 2010). Çalışmamızda farklı zamanlarda temin edilen taze zencefilin ortalama GSH ve CYS içerikleri sırasıyla 930.85 ve 879.55 nmol/g km olarak bulunmuştur. Manda ve ark., ise taze zencefilin GSH içeriğini 1076 nmol/ g (taze ağırlık üzerinden), CYS içeriğini 387 nmol/g olarak bildirmişlerdir. Domates ve zencefilin farklı zamanda analize alınan taze örneklerine bakıldığında fitokimyasalların miktarları arasındaki fark dikkati çekecektir, fakat bu durumun; gün ışığı, toprak, mevsim, olgunlaşma durumu, tarım bölgesi ve meyve-sebzenin çeşidi gibi değişik faktörlerden etkilendiği düşünülmektedir (Kan ve Bostan, 2010).

Dondurarak kurutma yönteminden sonra domates ve zencefilin GSH içeriği sırasıyla %64.90 ve %74.59 oranında azalırken, kurutmanın ısı yardımıyla gerçekleştirildiği diğer yöntemlerde domateste %98.53-99.67 zencefilde se %97.82-99.85 oranlarında GSH kaybolmuştur. Dondurarak kurutma yöntemi uygulanan zencefil ve domatesteki GSH kaybı diğer yöntemlerdeki kayıplara göre minimum düzeyde olduğu tespit edilmiştir (P<0.05).

GSH, iki karakteristik yapısal özelliğe sahiptir, bunlar içermiş olduğu  $\gamma$ -glutamil bağı ve sülfidril grubudur. Bu yapılar sayesinde bir çok fonksiyona sahiptir. Antioksidan enzimlere (GPx, GST) substrat görevi görür ve böylece bir radikal tutucu gibi davranır. Bunun yanı sıra oksitleyici koşullarda hücrede biriken peroksitler veya serbest radikaller gibi bileşikler enzimatik olmayan bir yolla azalır. Hücrede indirgen bir ortam yarattığından hücre içi proteinlerdeki tiyol gruplarının oksitlenerek disülfid bağları oluşturmasını engeller. GSSG, glutatyonun oksitlenmiş halidir. Ortamdaki oksidatif stresin artmasıyla GSSG oranı da artmaktadır (Pastore ve ark., 2003). Çalışmamızda domates ve zencefile uyguladığımız kurutma prosesinde sıcaklık ve oksijenin etkisiyle artan oksidatif strese bağlı olarak GSH içeriğinde önemli azalmalar gözlenmiştir. Diğer yöntemlerden farklı olarak dondurarak kurutma sonucundaki azalış diğerleriyle kıyaslandığında oldukça düşüktür. Bu yöntemde kurutma sıcaklıkla değil de dondurulmuş ürünün vakum altında suyunun uzaklaştırılması ile sağlandığı için oksidatif stresi tetikleyebilecek etkenler azaltılmıştır.

GSH, CYS' nin depolanması ve taşınmasında da görev almaktadır. CYS antioksidan özellik gösteren düşük molekül ağırlıklı bir diğer tiyol grubu bileşimidir. CYS, önemli bir hücre dışı indirgeyici ajan ve bunun yanı sıra GSH ve taurin biyosentezi için hız sınırlayıcı bir öncü olarak görev yapmaktadır (Sen ve Packer, 2000; Kleinman ve Richie; 2000). Çalışmamıza baktığımızda ısısal kurutma yöntemleri sonucunda CYS, domateste %99.82-94.45 oranında zencefilede ise %97.91-94.02 oranında azalmıştır. Dondurarak kurutma yönteminde ise diğer yöntemlere kıyasla oldukça düşük oranda azalmalar gözlenmiştir; bu oranlar domateste %4.62, zencefilede %17.84 şeklindedir. Bu durum dondurarak kurutma yönteminin üstünlüğü ortaya koymaktadır. GSH ve CYS arasındaki azalmalara göz atacak olursak her iki örnek grubu içinde CYS' de daha düşük bir azalma olmuştur. Bunun sebebi olarak GSH' ın serbest radikallerle direkt olarak reaksiyona girmesi, diğer tiyol gruplarını askorbat,  $\alpha$ -tokoferol gibi membran bileşiklerini koruyucu görev üstlenmesi gösterilebilir (Sen ve Packer, 2000); Aksoy, 2002). Ayrıca CYS' nin azalması glutatyon redoks çemberini ve GSH biyosentezini önemli ölçüde etkilediği için GSH içeriğinde daha büyük azalmalar meydana gelmiş olabilir.

Gıdalardaki tiyol miktarına kurutma yöntemlerinin etkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Sadece Qiang ve ark. (2005)' nın yaptıkları çalışmada gıda sektöründe kullanılan bazı dezenfektanların sebze ve meyvelerdeki tiyol bileşenlerine etkisi incelenmiştir ve bu uygulamanın tiyol içeriğinde azalmaya neden olduğu saptanmıştır.

DPPH radikalini giderme aktivitesi üzerinden verilen antioksidan aktivite değerleri, domates ve zencefil örneklerinin her ikisinde de tüm kurutma yöntemlerinden sonra önemli ölçüde azalmıştır ( $P<0.05$ ). Domates örneklerinde yüzde üzerinden verilen azalma oranları için ise hiçbir kurutma yöntemi arasında istatistiki açıdan bir fark saptanamamıştır, ancak zencefil örneklerinde güneşte kurutma yönteminin neden olduğu azalma diğerlerinden önemli derecede farklı bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Zencefil yapraklarıyla çalışılmış bir çalışmada antioksidan aktivitesinin azalma sebebi olarak ısısız kurutma işlemlerinin uzun süre ve yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi sırasında meydana gelen enzimatik bozulmalar gösterilmiştir. Toor ve Savage (2006) de kurutma sırasında antioksidan aktivitenin önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir. Askorbik asit ve fenolik bileşikler domateslerin antioksidan aktivitesi üzerinde katkı sağlayan ana bileşiklerdendir. Toor ve Savage (2006)' ye göre askorbik asit ve fenolik bileşiklerdeki azalma antioksidan aktivitesinde azalmasına neden olmuştur. Bizim çalışmamızda da domatesin kurutulmasıyla fenolik bileşik ve askorbik asit içeriğinde önemli azalmalar gözlenmiştir. Hatta zencefilin tüm kurutulmuş örneklerinde askorbik asit saptanamamıştır. Bu da antioksidan aktivitesinin azalmasına neden olmuş olabilir.

Kerhofs ve ark. (2005) da  $42^{\circ}\text{C}$  de sıcak hava yardımıyla gerçekleştirdikleri kurutma işleminin domateslerin antioksidan aktivitesi üzerinde önemli derecede azalmaya sebep olduğunu ve bunu benzer şekilde fenolik bileşikler ile askorbik asitteki azalmaların tetiklediğini bildirmişlerdir.

Literatürde belirtildiği gibi kurutma işlemi esnasında ürünün nem içeriği, tek tabakanın nem içeriğinin altına düşerse oksidasyon artmaktadır ve bu durumda artan oksidatif stresin ortadan kaldırılması görevini üstlenen antioksidan bileşikler azalmaktadır (Labuza, 1971; Toor ve Savage, 2006). Giovanelli ve ark (2002), sıcak

hava ile kurutma işleminin optimize edilerek oksidasyonun azalabileceğini öne sürmüşlerdir. Bunun için de daha düşük sıcaklıkların kullanılması, domateslerin kalınlığını azaltılması ve suyun kademeli olarak uzaklaştırılması gibi modifikasyonları önermişlerdir.

Çalışmamızda ısının uygulanmadığı dondurarak kurutma yönteminin antioksidan aktivite üzerindeki etkisi incelendiğinde, domateste ve zencefilde sırasıyla %88.48 ve %89.77 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Chang ve ark. (2006), domatese uyguladıkları sıcak hava ile ve dondurarak kurutma yöntemlerinin antioksidan aktiviteyi önemli ölçüde etkilemediğini rapor etmişlerdir. Bu sonuç bizim çalışmamızla paralellik göstermemektedir. Ancak karşılaştırmayı yaparken sonuçlar kurumadde üzerinden verilmediği için bu sonuç ortaya çıkmış olabilir. Çünkü kurutma ile birlikte artan kurumadde oranı antioksidan aktiviteyi artırıyor gibi gösterse de taze ve kurutulmuş örneklerin kurumadde üzerinden alınan sonuçları karşılaştırıldığında kurutmanın etkisi daha net olarak farkedilecektir.

Chan ve ark. (2009), da dondurarak kurutulmuş örneklerin antioksidan aktivitesinde artış gözlemlemiştir. Ancak yine bu çalışmada da sonuçlar kurumadde üzerinden verilmediği için bizim çalışmamızla paralellik göstermemektedir.

Dondurarak kurutma yönteminde antioksidan bileşiklerin azalmasının sebebi olarak suyun uzaklaştırılmasından önce örneklerin  $-40^{\circ}\text{C}$  gibi oldukça düşük sıcaklıklara getirilmesi gösterilebilir. Yapılan bir çalışmada çalışmada bezelye ve ıspanakların  $-20^{\circ}\text{C}$  dondurularak depolanması sonrasında antioksidan aktivitenin %30-50 oranında azaldığı belirtilmiştir (Hunter ve Fletcher, 2002).

Dört farklı yöntemle kurutulmuş domates ve zencefil örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri tazeleriyle karşılaştırıldığında azalmanın istatistikî açıdan önemli olduğu bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Ancak en az kayıp %34.98 oranıyla dondurarak kurutma yönteminde gözlenmiştir ve diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, dondurarak kurutmanın toplam fenolik madde üzerinde meydana getirdiği azalış diğerlerinden önemli derecede farklıdır ( $P<0.05$ ). Güneşte, etüvde, vakumlu etüvde kurutma yöntemlerindeki büyük kayıplar üründeki suyun uzaklaşması için uygulanan

sıcaklık uygulaması boyunca polifenoloksidaz, peroksidaz gibi oksidatif enzimlerin ortaya çıkması sonucu meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca parçalanmamış bütün haldeki meyvelerdeki fenolik bileşiklerin hücrelerde vakuol (koful) gibi yerleşmiş olduğu ve oksidatif enzimler ile ayrıldığı düşünülürse ve domatesin yapısının dehidrasyon boyunca bozulduğu göz önüne alınırsa kurutma sonrasındaki bu azalış beklenen bir sonuçtur (Toor ve Savage, 2006).

Kurutma prosesi boyunca fenolik maddelerin protein gibi diğer bileşenlerle bağlanması ya da kimyasal yapısında meydana gelen değişimlerden dolayı ekstrakte edilememiş ve dolayısıyla tespit edilememiş olması da fenolik maddedeki azalışına sebep olarak gösterilmiştir (Miranda ve ark., 2010).

Kerkhofs ve ark. (2005), Toor ve Savage (2006), her iki araştırmacı da domatesleri 42°C gibi düşük sıcaklıklarda kurutmuşlardır ve bizim çalışmamızla benzer şekilde toplam fenolik madde içeriğinde önemli azalmalar olduğunu rapor etmişlerdir. Ancak Lavelli ve ark.(1999), 80°C de sıcak hava ile domateslerin 7 saat kurutmalarının ardından toplam fenolik madde içeriğinde bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu artışın sebebi olarak, hücre duvarındaki fenoliklerin salınması ve/veya flavonoid glikozitlerin hidrolizi ile serbest hidroksil fenol gruplarının sayısının artmasını göstermişlerdir. Başka bir çalışmada ise fenolik madde artışını ısıyla birlikte hücre yapısının bozulmasıyla, hücrede bulunan bileşiklerin daha kolay ekstrakte edilebilmesiyle ilişkilendirmiştir (Yang ve ark., 2010). Diğer bir çalışmada ise termal uygulama ile fenolik madde artışını, fenolik yapıda olan Maillard reaksiyon ürünlerinin oluşumu ile açıklamıştır (Şahin ve ark., 2009).

Dewanto ve ark. (2002), domatesleri 80°C' de 30 dakika ısıtmaları sonucunda toplam fenolik madde içeriğinde bir farklılık gözlenmediğini bildirmişlerdir.

Chan ve ark. (2009) da zencefil yapraklarını güneşte ve etüvde kuruttuklarında %42-91 aralığında kayıp olduğunu gözlemlemiştir. Aynı araştırmacılar dondurarak kurutmanın ise yukarıda bahsedilen metotlarla karşılaştırıldığında daha az fenolik madde kaybına neden olduğunu bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Orak ve



ark. tarafından gerçekleştirilen, çileğin ısı ile ve dondurarak kurutulduğu bir çalışmada da gözlenmiştir.

Çalışmamızda taze domates ve zencefilin askorbik asit içerikler sırasıyla 318.68 ve 79.86 mg/100 g km olarak bulunmuştur. Domatesin zencefile göre daha yüksek oranda askorbik asit içerdiği göze çarpmaktadır. Literatürde de domatesin likopenden sonraki içerdiği önemli bileşiğin askorbik asit olduğu bildirilmiştir (Raffo ve ark., 2006). Ancak uyguladığımız kurutma yöntemlerinin hepsi askorbik asit düzeyinde önemli azalmalara neden olmuştur ( $P<0.05$ ). Domateslerin askorbik asit içeriğindeki en az kayıp %78.64 oranıyla dondurarak kurutma yöntemi ile sağlanmıştır. Kurutma sonrasında zencefil örneklerinin hiçbirinde askorbik asit saptanamamıştır.

Domatesin kurutulmasının askorbik asit içeriğinde önemli azalmalara neden olduğunu rapor eden bir çok çalışmada, hava ve ısının askorbik asit yıkımı etkileyen en önemli faktör olduğu ileri sürülmektedir (Lavelli ve ark., 1999; Zanoni ve ark., 1999; Dewanto ve ark., 2002; Chang ve ark., 2006; Toor ve Savage, 2006; Demiray ve ark., 2013).

Çalışmamıza benzer nitelikteki ısı ile ve dondurarak kurutmanın domates üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, düşük sıcak uygulamasının askorbik asit içeriğinde daha az kayba neden olurken yüksek sıcaklık uygulamasının oldukça büyük kayıplara neden olduğu belirtilmiştir (Chang ve ark., 2006).

Taze zencefilde domatese kıyasla çok daha az bulunan askorbik asidin kurutma işlemlerinin ardından saptanamaması olağan bir sonuçtur. Sonuçlar askorbik asidin ısıya karşı oldukça hassas bir bileşik olduğunu doğrular niteliktedir.

Sonuç olarak uygulanan tüm kurutma yöntemleri domates ve zencefilin antioksidan özelliklerini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. Isının uygulandığı 3 kurutma yöntemi dondurarak kurutma yöntemi ile kıyaslandığında çok daha büyük kayıplara neden olmuştur. Ancak bu işlemin maliyetinin yüksek olması gıda sanayindeki kullanım alanını kısıtlamaktadır. Taze halleriyle oldukça iyi birer antioksidan

kaynağı olarak görülen domates ve zencefilin bu besinsel kalitesinin korunması için uygulanacak her türlü teknolojik prosesin neden olabileceği zararlı etkinin minimize edilmesini gerektirmektedir. Bu alışma ile tüketicilere, gıdaları korumada vazgeçilmez bir yöntem olan kurutmanın etkisinin bilincinde olarak diyetlerine dikkat etmeleri, meyve ve sebze açısından mevsimine göre taze beslenmeyi alışkanlık haline getirmeleri tavsiye edilebilir. Ayrıca günümüzde gittikçe büyük önem ve ilgi kazanan fonksiyonel gıdalar için dondurarak kurutulmuş domates, zencefil gibi yüksek antioksidan etkiye sahip ürünler iyi birer kaynak olacaktır.

## KAYNAKLAR

AJITH, T.H., NIVITHA, V., USHA, S., *Zingiber officinale* Roscoe alone and in combination with  $\alpha$ -tocopherol protect the kidney against cisplatin-induced acute renal failure. *Food and Chemical Toxicology*, 45: 921–927, 2007.

AKKUŞ, İ., Serbest Radikaller ve Fizyopatolojik Etkileri. Mimoza Yayınları, Konya.

AKSOY, Y., Antioksidan mekanizmada glutatyonun rolü. *T. Klin. J. Med. Sci.* 2002; 22: 442-448, 1995.

AKTAŞ, M., CEYLAN, İ., DOĞAN, H., Güneş enerjili kurutma sistemlerinin fındık kurutulmasına uygulanabilirliği. *Teknoloji*, 4 (7): 557-564, 2004.

ALTAN, N., DİNÇEL, A.S., KOCA, C., Diabetes Mellitus ve oksidatif stres. *Turk J Biochem.*, 31 (2): 51–56, 2006.

AMINI, M., ZARGHI, A., VATANPOUR, H., Sensitive high-performance liquid chromatographic method for determination of captopril in plasma. *Pharmaceutica Acta Helveticae*, 73: 303-306, 1999.

ARSLAN, D., ÖZCAN, M.M., Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *Food Science and Technology*, 43: 1121-1127, 2010.

ARTS, I.C.W., HOLLMAN, P.C.H., Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *Am. J. Clin. Nutr.*, 81: 317–325, 2005.

AYDIN, H., Bazı baharatların farklı ekstraktlarının antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2011.

BALIGA, M.S., HANIADKA, R.V., PEREIRA, M.M., D'SOUZA, J.J., PALLATY, P.L., BHAT, H.P., POPURI, S., Update on the chemopreventive effects of ginger and its phytochemicals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51: 499–523, 2011.

BIÇAKLI, D.P., USLU, R., Likopen ve kanser. *Türk Onkoloji Dergisi*, 27(2): 93-97, 2012.

BİNGÖL, G., DEVRES, Y.O., Gıda işlemede kurutma teknolojilerinin temel ilkeleri. İstanbul Sanayi Odası - İstanbul Teknik Üniversitesi Doktora / Yüksek Lisans Tezlerine Sanayi Desteği Projesi 2010, İstanbul.

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E., BERSET, C., Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensm-Wiss.U.- Technol.*, 28: 25-30, 1995.

BUTTERFIELD, D.A., GALVAN, V., LANGE, M.B., TANG, H., SOWELL, R.A., SPILMAN, P., FOMBONNE, J. vd, In vivo oxidative stress in brain of Alzheimer disease transgenic mice: Requirement for methionine 35 in amyloid  $\beta$ -peptide of APP. *Free Radical Biology & Medicine*, 48: 136–144, 2010.

CEMEROĞLU, B., Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi.1.Cilt. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları, 79–95, 2004.

CHAN, E.W.C., LIM, Y.Y., WONG, S.K., LIM, K.K., TAN, S.P., LIANTO, F.S., YONG, M.Y., Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry*, 113: 166–172, 2009.

CHANG, C.H., LIN, H.Y., CHANG, C.Y., LIU, Y.C., Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 77: 478–485, 2006.

CIOROI, M., MUŞAT, C.L., Investigations on the correlations between polyphenol content from red wines and their antioxidant capacity. *Cercetări Agronomice in Moldova*, 4(132); 35-41, 2007.

COSTA, M.L., CIVELLO, P.M., CHAVES, A.R., MARTINEZ, G.A., effect of hot air treatments on senescence and quality parameters of harvested broccoli heads. *Journal of The Science of Food And Agriculture*, 85: 1154- 1160, 2005.

CROZIER, A., JAGANATH, I.B., CLIFFORD, M.N., Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. *Nat. Prod. Rep.*, 26: 1001–1043, 2009.

ÇAM, M., ERSUS, S., Dondurularak kurutulmuş çilek meyvesinin toplam fenolik madde içeriğinin ve antioksidan kapasitesinin belirlenmesi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.

ÇAPANOĞLU, E., BOYACIOĞLU, D., Domatesin gelişimi sırasında antioksidan bileşiklerinde meydana gelen değişimler. *Akademik Gıda*, 8(1); 44-48, 2010.

ÇAVDAR, C., SİFİL, A., ÇAMSARI, T., Reaktif oksijen partikülleri ve antioksidan savunma. *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi*, 3(4): 92-95, 1997.

ÇAYLAK, E., Hayvan ve bitkilerde oksidatif stres ile antioksidanlar. *Tıp Araştırmaları Dergisi*, 9 (1) : 73-83, 2011.

CHAKRABORTY, R., SAHA, A.K., BHATTACHARYA, B., Modeling and simulation of parametric sensitivity in primary freeze-drying of foodstuffs. *Separation and Purification Technology*, 49: 258–263, 2006.

- DEMİRAY, E., TULEK, Y., YILMAZ, Y., Degradation kinetics of lycopene, b-carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. *Food Science and Technology*, 50: 172-176, 2013.
- DEMİRKOL, O., ERCAL, N., Glutathione, in *Handbook of Analysis of Active Compounds in Functional Foods*. Edited by Leo M.L. Nollet, Fidel Toldra. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL, USA., 2011.
- DEMİRKOL, O., ADAMS, C., ERCAL, N., Biologically Important thiols in various vegetables and fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 52: 8151-8154, 2004.
- DEWANTO, V., WU, X., ADOM, K.F., LIU, R.H., thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 3010-3014, 2002.
- DİNÇER, C., TOPUZ, A., Dondurarak konsantrasyon işlemi ve gıda endüstrisindeki uygulamaları. *Akademik Gıda*, 7(6): 47-51, 2009.
- DOYMAZ, İ., Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 78: 1291-1297, 2007.
- DÜRÜST, N., SUMENGEN, D., DÜRÜST, Y., Ascorbic acid and element contents of foods of Trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 2085-2087, 1997.
- ESCARPA, A., GONZALES, M.C., An overview of analytical chemistry of phenolic compounds in foods. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 31(2): 57-139, 2001.
- FRANKE, A.A., COONEY, R.V., HENNING, S.M., CUSTER, L.J., Bioavailability and antioxidant effects of orange juice components in humans. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 5170-5178, 2005.
- GEORGE, B., KAUR, C., KHURDIYA, D.S., KAPOOR, H.C., Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*, 84: 45-51, 2004.
- GHASEMZADEH, A., JAAFAR, H.Z.E., RAHMAT, A., Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of malaysia young ginger (*zingiber officinale roscoe*). *Molecules*, 15: 4324-4333, 2010.
- GIOVANELLI, G., ZANONI, B., LAVELLI, V., NANI, R., Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. *Journal of Food Engineering*, 52: 135-141, 2002.
- GÖKPINAR, S., KORAY, T., AKÇİÇEK, E., GÖKSAN, T., DURMAZ, Y., Algal Antioksidanlar. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 23: 85-89, 2006.

GÖRÜNMEZOĞLU Ö., Kayısı ve incir meyvelerinin antioksidan kapasitelerinin araştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 16-17, 2008.

GÜRER, H., ÖZGÜNEŞ, H., NEAL, R., SPITZ, D.R., ERÇAL, N., Antioxidant effects of acetyl cysteine and succimer in red blood cells from lead-exposed rats. *Toxicology*, 128: 181–189, 1998.

GÜRSES, Ö.L., Gıda işleme mühendisliği II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 963, Ders Kitabı: 282, Ankara, 1986.

HALLIWELL, B., ARUOMA, O.I., DNA damage by oxygen-derived species: Its mechanism and measurement in mammalian systems. *Federation of European Biochem. Soc.*, 281(1,2): 9-19, 1991.

HALLIWELL, B., Reactive oxygen species and the central nervous system. *J. Neurochem.*, 59: 1609-1623, 1992.

HALLIWELL, B., CHIRICO, S., Lipid peroxidation: its mechanism, measurement and significance. *Am. J. Clin. Nutr.*, 57: 715-725, 1993.

HALLIWELL, B., Free radicals and antioxidants: updating a personal view. *Nutrition Reviews*, 70(5):257–265, 1994.

HALVORSEN, BL., HOLTE, K., MYHRSTAD, M.C.W., BARIGMO, I., HVATTUM, E., REMBERG, S.F. vd., A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *The Journal of Nutrition*, 132(3): 461-471, 2002.

HUNTER, K.J., FLETCHER, J.M., The antioxidant activity and composition of fresh, frozen, jarred and canned vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3: 399–406, 2002.

JONES, D.P., Glutathione distribution in natural products: absorption and tissue distribution. in: *methods in enzymology*, eds: Abelson J.N., Simon M.I., Academic Press, 252 pp., 1995.

KAN T., BOSTAN, S.Z., Malatya’ da yetiştirilen kayısıların (*Prunus armeniaca* L.) bazı fenolik madde içeriklerinin incelenmesi. *Bahçe*, 39(1): 21-29, 2010.

KEMPER, K.J., Ginger (*Zingiber officinale*). Longwood Herbal Task Force: <http://www.mcp.edu/herbal/Default.htm> 3: 1-18, 1999.

KERKHOFS, N.S., LISTER, C.E. , SAVAGE, G.P. Change in colour and antioxidant content of tomato cultivars following forced-air drying. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60: 117–121, 2005.

KESKİN, H., Domates ve domates salçası 2011/2012 Durum ve Tahmin Raporu, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, 2012 Tepge YAYIN NO: 201 ISBN: 978-975-407-341-6, ISSN: 1305-1512, Ankara, 2012.

KHANNA, S., Thiols antioxidant: Protection against oxidative stress and redox regulation of cellular response. Kuopio University Publications C. Natural and Environmental Sci., 75-109, 2000.

KLEINMAN, W.A., RICHIE, J.P., Status of glutathione and other thiols and disulfides in human plasma. *Biochemical Pharmacology*, 60: 19–29, 2000.

KOTA, N., KRISHNA, P., POLASA, K., Alterations in antioxidant status of rats following intake of ginger through diet. *Food Chemistry*, 106: 991-996, 2008.

KOTÍKOVÁ, Z., LACHMAN, J., HEJTMÁNKOVÁ, A., HEJTMÁNKOVÁ, K., Determination of antioxidant activity and antioxidant content in tomato varieties and evaluation of mutual interactions between antioxidants. *Food Science and Technology*, 44: 1703-1710, 2011.

LABUZA, T.P., Kinetics of lipid oxidation in foods. *CRC Critical Review of Food Technology*, 10: 355-305, 1971.

LAVELLI, V., HIPPELI, S., PERI, C., ELSTNER, E.F., Evaluation of radical scavenging activity of fresh and air-dried tomatoes by three model reactions. *J. Agric. Food Chem.*, 4: 3826-3831, 1999.

LEE, E., SURH, Y.J., Induction of apoptosis in HL-60 cells by pungent vanilloids, [6]-gingerol and [6]-paradol. *Cancer Letters*, 134: 163-168, 1998.

MANDA, K.R., ADAMS, C., ERCAL, N., Biologically important thiols in aqueous extracts of spices and evaluation of their in vitro antioxidant properties. *Food Chemistry*, 118: 589–593, 2010.

MANHU, V., NALINI, N., Chemopreventive efficacy of ginger, a naturally occurring anticarcinogen during the initiation, post-initiation stages of 1,2 dimethylhydrazine-induced colon cancer. *Clinica Chimica Acta*, 35: 60–67, 2005.

MARTINEZ-VALVERDE, I., PERIAGO, M.J., PROVAN, G., CHESSON, A., Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 323-330, 2002.

MAY, J.S., Ascorbate function and metabolism in the human erythrocyte. *Frontiers in Bioscience*, 2(1): 1-10, 1998.

MEMİŞOĞULLARI, R., Diyabette serbest radikallerin rolü ve antioksidanların etkisi. *Düzce Tıp Fakültesi Dergisi*, 3: 30-39, 2005.

MENLIK, T., KIRMACI, V., USTA, H., modeling of freeze drying behaviors of strawberries by using artificial neural network. *J. of Thermal Science and Technology*, 29(2): 11-21, 2009.

MERCAN, U., Toksikolojide Serbest Radikallerin Önemi. *YYU Vet Fak Derg.*, 15 (1-2): 91-96, 2004.

MIRANDA, M., VEGA-GÁLVEZA, A., LÓPEZA, J., PARADAC, G., SANDERSA, M., ARANDAB, M., URIBEA, E., SCALAD, K., D., Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Industrial Crops and Products*, 32: 258–263, 2010.

MITREA, L.S., *Natural Medicine Mosaic: The science of food therapy holistic gerontology, The science of nutritional supplementation. Natural Medicine Books Kanada*, 59-266, 2007.

MUTLU. A., ERGÜNEŞ G., Tokat'ta güneş enerjili raflı kurutucu ile domates kurutma koşullarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1 (1): 61-68, 2008.

NIJVELDT, R.J., NOOD, E.L., HOORN, D.E.C.V., BOELEN, P.G., NORREN, K.V., LEEUWEN, P.A.M.V., Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am. J. Clin. Nutr.*, 74: 418–425, 2001.

OBOH, G., AKINYEMI, A.J., ADEMILIYU, A.O., Antioxidant and inhibitory effect of red ginger (*Zingiber officinale* var. *Rubra*) and white ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on Fe<sup>2+</sup> induced lipid peroxidation in rat brain in vitro. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 1-6, 2010.

ORAK, H.H., AKTAŞ, T., YAGAR, H., İSBİLİR, S.S., EKİNCİ, N., SAHİN, F.H., Effects of hot air and freeze drying methods on antioxidant activity, colour and some nutritional characteristics of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit. *Food Science and Technology International*, 18(4): 391–402, 2012.

ÖĞÜT, S., ATAY, E., Yaşlılık ve oksidatif stres. *S.D.Ü. Tıp Fak. Derg.*, 19(2): 68-74, 2012.

PASTORE, A., FEDERICI, G., BERTINI, E., PIEMONTE, F., Analysis of glutathione: implication in redox and detoxification. *Clinica Chimica Acta*, 333: 19 – 39, 2003.

PAWAR, N., PAI, S., NIMBALKAR, M., DIXIT, G., RP-HPLC analysis of phenolic antioxidant compound 6-gingerol from different ginger cultivars. *Food Chemistry*, 126: 1330–1336, 2011.

PHAM-HUY, L.A., HE, H., PHAM-HUY, C., Free radicals, antioxidants in disease and health. *Int. J. Biomed. Sci.*, 4(2): 89-96, 2008.

PLOTTO, A., *Ginger: Post-production management for improved market access. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), AGST*, 2002.

POLAT, T., AKTAŞ, M., ŞAHİN, H.M., The pine nut drying with a solar energy and heat pump drying system. *Journal of Polytechnic*, 15(1): 1-7, 2012.



PRADEDOVA, E.V., ISHEEVA, O.D., SALYAEV, R.K., Classification of the antioxidant defense system as the ground for reasonable organization of experimental studies of the oxidative stress in plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 58(2); 210–217, 2011.

PUENGPHEAN, C., SIRICHOTE, A., [6]-gingerol content and bioactive properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) extracts from supercritical CO<sub>2</sub> extraction. *As. J. Food Ag-Ind.*, 1(01): 29-36, 2008.

QIANG, Z., DEMIRKOL, O., ERCAL, N., ADAMS, C., Impact of food disinfection on beneficial biophilic contents in vegetables. *J. Agric. Food Chem.*, 53 (25): 9830–9840, 2005.

RAFFO, A., MALFA, G.L., FOGLIANO, V., MAIANI, G., QUAGLIA, G., Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 11–19, 2006.

RAHMAN, H., KARUPPAIYAN, Y., KISHORE, K., DENZONGPA, R., Traditional practices of ginger cultivation in Northeast India. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 8(1): 23-28, 2009.

SADIKOGLU, H., OZDEMİR, M., SEKER, M., Freeze-drying of pharmaceutical products: research and development needs. *Drying Technology*, 24: 849–861, 2006.

SAEID, J.M., MOHAMMED, A.B., AL-BADDY, M.A., Effect of aqueous extract of ginger (*zingiber officinale*) on blood biochemistry parameters of broiler. *Int. J. Poult. Sci.*, 9(10): 944-947, 2010.

SEN, C.K., Redox signaling and the emerging therapeutic potential of thiol antioxidants. *Biochemical Pharmacology*, 55: 1747–1758, 1998.

SEN, C.K., PACKER, L., Thiol homeostasis and supplements in physical exercise. *Am. J. Clin. Nutr.*, 72: 653–669, 2000.

SEVEN A., CANDAN G., Antioksidan savunma sistemleri. *Cerrahpaşa Tıp Dergisi*, 27(1): 41-50, 1996.

SHIRIN, A.P.R., JAMUNA, P., Chemical composition and antioxidant properties of ginger root (*Zingiber officinale*). *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(24): 2674–2679, 2010.

SINGH, M., SHRIVASTAVA, D., KALE, R., Antioxidant potential of *Asparagus adscendens*. *InTech.*, Chapter 12: 323-342, 2012.

SITOILOVA, I., KRASTANOV A., STOYANOVA, A., DENEV, P., GARGOCA, S., Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). *Food Chemistry*, 102: 764–770, 2007.

SUEKAWA, M., ISHIGE, A., YUASA, K., SUDO, K., ABURADA, M., HOSOYA, E., Pharmacological Action of Pungent Constituents, (6)-Gingerol and (6)- Shogaol. *J. Pharma. - Dynamics.*, 7(11): 836-848, 1984.

ŞAHİN, H., TOPUZ, A., PISCHETSRIEDER, M., ÖZDEMİR, F., Effect of roasting process on phenolic, antioxidant and browning properties of carob powder. *Eur. Food. Res. Technol.*, 230: 155–161, 2009.

THOMSON, M., AL-QATTAN, K.K., AL-SAWAN, S.M., ALNAQEEP, M.A., KHAN, I., ALİ, M., The use of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) as a potential anti-inflammatory and antithrombotic agent. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential FattyAcids*, 67(6): 475-478, 2002.

TOOR, R.P., SAVAGE, G.P., Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. *Food Chemistry*, 94: 90–97, 2006.

TURHAN, P., KORKMAZ, S., Çanakkale ilinde domates lekeli solgunluk virüsünün serolojik ve biyolojik yöntemlerle saptanması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(2): 130-136, 2006.

UTPALA, P.,JOHNY, A.K., PARTHASARATHY, V.A., JAYARAJAN, K., MADAN, M.S., Diversity of ginger cultivation in India- a GIS Study. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 15(2): 93-99, 2006.

UYLAŞER, V., İNCE, K., Şaraptaki antioksidanlar ve fenolik bileşikler. *Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum*, 21-23 Mayıs 2008.

WINTERS, R., ZUKOWSKI, J., ERCAL, N., MATTHEWS, R. H., SPITZ, D. R., Analysis of glutathione, glutathione disulfide, cysteine, homocysteine, and other biological thiols by high-performance liquid chromatography following derivatization by N-(1-pyrenyl) maleimide. *Anal. Biochem.*, 22: 14-21, 1995.

WOJDYŁO, A., OSZMIAŃSKI, J., CZEMERYYS, R., Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, 105: 940-949, 2007.

WU, L., ORIKASA, T., OGAWA, Y., TAGAWA, A., Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*, 83: 422–429, 2007.

WU, X., BEECHER, G.R., HOLDEN, J.M., HAYTOWITZ, D.M., GEBHARDT, S.E., PRIOR, R.L., Concentrations of anthocyanins in common foods in the united states and estimation of normal consumption. *J. Agric. Food Chem.*, 54: 4069-4075, 2006.

YAN, M.H., WANG, X., ZHU, X., Mitochondrial defects andoxidative stres in Alzheimer disease and Parkinson disease. *Free Radic. Biol.Med.*, 2012, <http://dx.doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2012.11.014i>.

YANG, J., CHEN J.F., ZHAO Y.Y., MAO L.C., Effects of drying processes on the antioxidant properties in sweet potatoes. *Agricultural Sciences in China*, 9(10): 1522-1529, 2010.

YILMAZ, E., The Chemistry of fresh tomato flavor. Turk J. Agric. For., 25: 149-155, 2001.

YÜCEL, D., ŞENEŞ, M., TOPKAYA, B.Ç., ZENGİ, O., Oxidative / Nitrosative stress in chronic heart failure: a critical review. Turk J Biochem., 31 (2): 86-95, 2006.

ZANONI, B., PERI, C., NANI, R., LAVELLI, V., Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. Food Research International, 31(5): 395-401, 1999.

## ÖZGEÇMİŞ

Özlem AKTÜRK GÜMÜŞAY, 26.12.1987 tarihinde Sakarya' da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Adapazarı' nda tamamladı. 2006 yılında Mithatpaşa Şükrü Ayna Süper Lisesi'nden mezun oldu. 2006 yılında başladığı Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünü 2010 yılında bitirdi. 2010 yılında Sakarya Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümünde yüksek lisansa başladı ve akabinde 2011 yılında Sakarya Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. Bu süre içerisinde bazı projelerde görev aldı. 2013 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Bölümü, Gıda Mühendisliği Anabilim dalında araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı ve hala burada görev yapmaktadır.