

KURUTMA İŞLEMİNİN MEYVE VE SEBZELERİN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

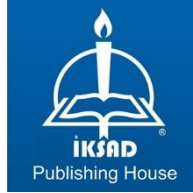
Dr. Menekşe BULUT



İKSAD
Publishing House

KURUTMA İŞLEMİNİN MEYVE VE SEBZELERİN BİYOAKTİF BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Menekşe BULUT



İğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü,
76000, İğdır, Turkey. menekse.bulut@igdir.edu.tr

Copyright © 2021 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced,
distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the
publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of
Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics
rules.

Iksad Publications – 2021©

ISBN: 978-625-8007-58-9

Cover Design: İbrahim KAYA

November / 2021

Ankara / Turkey

Size = 14,8 x 21 cm

ÖNSÖZ

Taze meyve ve sebzeler içerdikleri biyoaktif bileşenler ve sağlık üzerine etkileri nedeniyle insan diyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Taze meyve ve sebzeler yüksek nem içerikleri nedeniyle çabuk bozulabilen gıdalar arasındadır ve bu yüzden taze meyve ve sebzelerin muhafaza edilmeleri zordur. İnsanoğlunun gıdaları muhafaza için kullandığı en eski yöntemlerden biri kurutmadır. Kurutma işlemi, meyve ve sebzelerdeki mikroorganizmaların gelişmesini ve çoğalmasını engelleyecek bir düzeye getirmek, neme bağlı reaksiyonları etkisiz hale getirmek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla uygulanan en yaygın koruma yöntemidir. Ülkemiz meyve ve sebze yetiştiriciliği bakımından oldukça zengin ürün çeşitliliğine sahiptir. Yetiştirilen ürünlerin her mevsim bulunamaması, mevsiminde olmayan meyve ve sebzenin maliyeti, kurutulmuş ürünlerin geleneksel Türk mutfağındaki özel kullanım alanları gibi pek çok neden kurutulmuş meyve ve sebzelere ilgiyi arttırmaktadır. Ayrıca kurutma işlemi, uygulanan gıdalarda ağırlık ve hacmin azalması ile paketleme, işleme, nakliye ve depolama maliyetlerinin en aza indirilmesi gibi faydalar da sağlamaktadır.

Meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşen miktarı ile vücuda alınan biyoaktif bileşen miktarı farklılık göstermekte, bu durum sonucunda ise biyoyararlılık veya biyoerişebilirlik kavramları ortaya çıkmaktadır. Gıda işleme uygulamaları biyoaktif bileşenlerin biyoerişebilirliğini değiştirebilmektedir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ.....	7
2. BİYOAKTİF BİLEŞENLER	12
2.1. Karotenoidler	20
2.2. Fenolik Bileşikler.....	22
2.2.1. Flavonoidler	24
2.2.2. Fenolik Asitler	30
2.3. Stilbenler (Resveratrol).....	32
2.4. Glukosinolatlar	33
2.5. Lignanlar.....	34
2.6. Organosülfür Bileşikleri	35
2.7. Bitkisel Steroller	37
3. KURUTMA TEKNOLOJİSİNİN BİYOAKTİF BİLEŞENLER ÜZERİNE ETKİSİ	38
3.1. Kurutma Sonrası Antioksidanlar ve Fenolik Bileşikler	49
3.2. Kurutma Sonrası: Askorbik Asit (C Vitamini).....	53
3.3. Kurutma Sonrası: Karotenoidler.....	55

3.3.1. α -karoten	56
3.3.2. β -karoten	57
3.3.3. β -kriptoksantin	57
3.3.4. Lutein	58
3.3.5. Likopen	59
3.4. Kurutma Sonrası: Flavonoidler.....	60
3.4.1. Flavonoller	61
3.4.2. Flavonlar	63
3.4.3. Flavanonlar	63
3.4.4. Flavanoller (Kateşinler)	63
3.4.5. Antosiyanidinler.....	64
3.5. Kurutma Sonrası: Fenolik Asitler.....	65
SONUÇ.....	68
KAYNAKÇA	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Biyoaktif bileşenlerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması.....	14
Çizelge 2. Kurutulmuş meyvelerdeki bazı biyoaktif bileşenler.	15
Çizelge 3. Bazı meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşenler	19
Çizelge 4. Karotenoidlerin alt grupları ve ana kaynakları	21
Çizelge 5. Bazı meyve ve sebzelerde bulunan antosiyaninler	29
Çizelge 6. Bazı meyvelerin glisemik indeksi	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kurutulmuş bazı meyve ve sebzeler.	11
Şekil 2. Dondurarak kurutma (FD), vakumlu mikrodalga kurutma (VMD) ve konvektif kurutma (CD) ile dehidre edilmiş pancar örneklerinin yapısı	44
Şekil 3. Dondurarak kurutma (FD), vakumlu mikrodalga ile kurutma (VMD) ve konvektif kurutma (CD) ile kurutulmuş havuç küplerinin görünümü	45

1. GİRİŞ

Son yıllarda sağlıklı beslenme bilincinin gelişmesi ile tüketicilerin gıdalardan beklentisi değişmekte, besin ögesi ihtiyaçlarının tam ve yeterli olarak karşılanması ve sağlık açısından olumlu etkileri nedeniyle biyoaktif bileşenlere ilgi artmaktadır. European Food Safety Authority (EFSA), beslenme alışkanlıkları ile ilgili raporunda; sebze alımını günlük 220 g, meyve alımını günlük 166 g, toplam meyve ve sebze alımını da bu doğrultuda günlük 386 g olarak belirlemiştir (EFSA, 2010). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), günlük minimum 400 g meyve ve sebze tüketiminin kronik hastalıkların oluşumunu en aza indirmeye yardımcı olabileceğini vurgulamaktadır (WHO, 2004). Vücudun fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için meyve ve sebzelerde bulunan gerekli besin öğelerinin ve içerdiği biyoaktif bileşenlerin yeterli oranlarda alınması ve ilerleyen periyotlarda oluşabilecek hastalık riskinin minimuma indirilmesinde, beslenme-sağlık ilişkisini en önemli unsur haline getirmektedir.

Biyoaktif bileşik, bireye arzu edilen sağlık ve zindeliği sağlayabilen hayvansal, bitkisel veya deniz ürünlerinde doğal olarak yer alan kimyasal bileşenlerdir. Barındırdığı biyoaktif

bileşenlerle temel beslenme fonksiyonlarına ek olarak sağlığa katkıda bulunan fonksiyonel gıdanın, rutin beslenme ile tüketilen, pozitif fizyolojik etkilere sahip ve kronik rahatsızlıklar riskini azalttığı belirlenmiştir.

Bunun yanında nutrasötikler (nutraceuticals), gıda maddelerinden izole edilerek saflaştırılmış önemli biyoaktif bileşenlerin konsantre edilerek takviye (tablet, toz veya sıvı formlarda) şeklinde satışa sunulan ürünlerdir. Nutrasötik kelimesi “Nutrition (beslenme)” ve “Pharmaceutical (eczacılığa ait)” sözcüklerinin birleştirilmesi ile sonradan yaratılan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Kefirdeki prebiyotikler, domatesteki likopen, çaydaki kateşinler, brokolideki izotiyosiyanatlar, yulaftaki beta gluklan, etteki konjuge linoleik asitler, balıktaki omega yağ asitleri önemli biyoaktif bileşenlere birtakım örneklerdir (Dayısoylu ve Sakallı, 2020).

Taze meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşenlerinin bazı kanser türleri, kardiyovasküler hastalıklar, iltihaplanmalar, nörolojik hastalıklar, obezite, osteoporoz gibi birçok hastalığa olumlu etkileri olduğu bilinmektedir. Biyoaktif bileşenlerin serbest radikallerin neden olduğu oksidatif strese karşı koruyucu bir vazife gösterdiği, in vitro ve in vivo şartlarda antioksidan

aktivite sergiledikleri bilinmektedir. Reaktif oksijen (ROS) ve reaktif nitrojen (RNS) türlerinin negatif etkilerinin azaltılması, sentetik serbest radikallerin ve 1,1-difenil-2-pikrilhidrazilin (DPPH) tutulması, besinlerdeki lipid peroksidasyon sonucu oluşan RO₂ gibi lipid radikallerinin uzaklaştırılması, metallerle şelat oluşturulması, endojen antioksidan enzimlerinin devreye girmesi, nitrit ve peroksinitritlerin yol açtığı deoksiribonükleik asit (DNA) hasarına karşı koruyucu rol üstlenmesi gibi birden fazla antioksidan aktivite mekanizması bulunmaktadır (Uyar ve Sürücüoğlu, 2010). Biyoaktif bileşenler serbest radikaller ile doğrudan tepkime vererek onların hücre bileşenleri ile reaksiyon vermesini engellemektedirler. Bu bileşenlerin aynı zamanda enzim inhibitörü ve indükleyicisi, reseptör aktivitesini inhibe edici ve indükleyici, gen ekspresyonunu inhibe edici olarak vazife gördükleri de belirtilmektedir (Kris-Etherton ve ark., 2004).

Diyette önemli bir yeri olan meyve ve sebzeler, biyoaktif bileşenler ve sağlık üzerine etkileri nedeniyle önemli hale gelmiştir. Yüksek nem içeren taze ve meyve sebzelerin muhafazası zordur. En eski gıda muhafaza yöntemlerinden birisi kurutmadır. Kurutma işlemi, taze meyve ve sebzelerde

mikroorganizmaların gelişmesini ve çoğalmasını engelleyecek bir seviyeye getirmek, neme bağlı reaksiyonları kontrol etmek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla yapılmaktadır. Ülkemiz meyve sebze yetiştiriciliğinde zengin ürünlere sahiptir. Fakat yetiştirilen ürünlerin her mevsim bulunmaması, bulunsa bile maliyetlerinin artması, kurutulmuş ürünlerin geleneksel Türk mutfağındaki özel kullanım alanlarının bulunması gibi sebeplerden dolayı, kurutulmuş sebze ve meyveler ilgi görmektedir. Ayrıca, meyve ve sebzeler kurutulularak gıdalarda ağırlık ve hacim azalmakta, böylece paketlenme, işleme, nakliye ve depolama maliyetleri de azalmaktadır.





Şekil 1. Kurutulmuş bazı meyve ve sebzeler (Anonim, 2021).

Meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşen miktarı ile vücuda alınan biyoaktif bileşen miktarı arasında farklılıklar olabilmekte, bunun sonucunda da ise biyoyararlılık veya biyoerişebilirlik kavramları üzerinde durulacağı ortaya koyulmaktadır. Ülkemizde ve dünyada kurutulmuş meyve ve sebzelere olan ilgi gittikçe artmaktayken, bu derlemede kurutma işleminin biyoaktif bileşenler üzerine nasıl etki ettiği, meyve ve sebzelerin farklı kurutma teknolojileri ile biyoaktif bileşenlerinin kıyaslanması ve biyoaktif bileşenler ile Covid-19 arasındaki ilişki literatür sonuçları incelenerek elde edilmiştir.

2. BİYOAKTİF BİLEŞENLER

Biyoaktif bileşenler gerek fizyolojik ve gerekse de hücrel aktiviteri etkileyerek sağlık açısından pozitif sonuçlar doğuran ikincil metabolitler şeklinde tanımlanmaktadır. Biyoaktif bileşenler, birincil metabolitler olarak sınıflandırılan karbonhidratlar, proteinler ve yağlar gibi canlıların çoğalması ve gelişmesi için elzem ana besin kaynakları değildir ancak, canlının yaşama devam etmesi ve zorlu hayat şartlarına dayanma gücünü sağlayan bileşenlerdir. Bitkisel kaynaklar biyoaktif bileşenlerce oldukça zengin gıda maddeleridir. Fitokimyasal şeklinde de tabir edilen bitki kaynaklı biyoaktif bileşenleri; terpen ve terpenoidler, alkaloidler ve fenolik bileşenler şeklinde 3 ana grupta toplamak mümkündür. Yapısal özelliklerine göre karatoneidler, fenolik bileşikler, glikosinotlar, lignanlar, organosülfür bileşikleri ve bitki sterolleri gibi bazı alt sınıflara ayrılmaktadırlar.

Biyoaktif bileşenlerin yapılan son araştırmalar ışığında; iltihaplanmalar, kanser, kalp-damar hastalıkları, obezite, diyabet, nörolojik hastalıklar, osteoporoz ve bağışıklık sistemi gibi birçok hastalığa pozitif etkileri bulunmaktadır. Meyve ve sebzelerden elde edilebilecek biyoaktif bileşenlerin günlük alım

miktar ve oranlarının artırılması yaşanabilecek rahatsızlık ve hastalıkların engellenmesinde etkin bir faktör olacaktır.

Biyoaktif Bileşen	Örnekleri	Kaynaklar	Biyolojik Etkiler
Karotenoidler	Likopen, Lutein, α - karoten, β -karoten, β - kriptoksantin, Zeaksantin	Sarı, kırmızı, yeşil, turuncu meyve ve sebzeler	Antioksidan aktivite, DNA hasarını önleme
Flavonoidler	Flavon, Flavonon, İsoflavon, Flavanon, Kateşin, Antosiyanidin	Meyve ve sebzeler, soya ve baklagiller, çay, kakao	Antioksidan aktivite, platalet gregasyonunu önleme
Fenolik Asitler	Kafeik asit, Klorojenik asit, Kumarik asit, Ferrulik asit	Tahıllar, kahve, meyve ve sebzeler, zeytinyağı	Düşük dansiteli lipoprotein (LDL) oksidasyonunu düşürme
Stilbenler	Resveratrol	Üzüm, kırmızı şarap, yer fıstığı	LDL oksidasyonunu düşürme, platelet agregasyonu
Glukosinolatlar	Sülforafan, Benzil (BITC), Fenil (PEITC)	Brokoli, brüksel lahanası, dört yapraklı bitkiler	Tümör oluşumunu ve gelişiminin baskılanması,

Lignanlar			antikarsinojen aktivite
	Enterolakton, Enterodiol, Kumestrol	Keten tohumu, keten tohumu yağı, çavdar	LDL-kolesterolünü düşürme, östrojenik aktivite, prooksidan aktivite
	Allisin, Diallil sülfid (DAD), Diallil disülfid (DADS) Diallil trisülfid (DATS) Diallil tetrasülfid	Sarımsak, soğan, pırasa	Antibakteriyel
	Kampesterol, Sitosterol, Stigmasterol	Pirinç yağı, soya yağı, tall yağı	Total kolesterolü düürme, LDL oksidasyonunu düşürme, kolesterol emilimini azaltır

Çizelge 1. Biyoaktif bileşenlerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması (Kris-Etherton ve ark., 2002; Kris-Etherton ve ark., 2004).

Kurutulmuş meyve ve sebzeler önemli vitamin, mineral ve lif kaynağı olmakla beraber çok çeşitli biyoaktif bileşenler veya fitokimyasallar barındırmaktadır. Kurutulmuş meyvelerdeki bazı biyoaktif bileşenler aşağıda gösterilmiştir (Uyar ve Sürücüoğlu, 2010).

Sınıf	Meyve
Fenolik asitler: Hidroksisinnamik ve Hidroksibenzoik asitler	Sert çekirdekli meyveler: Erik, Şeftali, Kiraz, Nektarin, Vişne, Kayısı, Yıldız meyvesi, Papaya, Siyah Frenk üzümü, Yabanmersini, Armut, Kivi, Böğürtlen, Çilek, Ahududu
Flavonoidler: Flavonoller, Flavanonlar, Flavonlar, Antosiyaninler	Greyfurt, Limon, Ananas, Erik, Karpuz, Portakal, Kırmızı üzüm, Kiraz, Nar, Elma, Mango, Ahududu
Stilbenler	Kırmızı üzüm, Kızılcık, Çilek

Çizelge 2. Kurutulmuş meyvelerdeki bazı biyoaktif bileşenler (Uyar ve Sürücüoğlu, 2010).

Kuru üzümde en çok bulunan biyoaktif bileşenler; flavonoller, kampferol ve fenolik asitlerdir (Williamson ve Carughi, 2010). Hurma biyoaktif bileşen olarak yüksek miktarda kersetin, apigenin, luteolin içerirken; kurutulmuş erik klorojenik ve neoklorojenik asit içermektedir. Kızılcık ve yaban mersini ise antosiyanin ve antosiyanidin bakımından zengindir (Donovan ve ark., 1998). Kurutulmuş meyve ve sebzeler yüksek polifenol içeriği nedeniyle önemli bir antioksidan kaynağıdır ve oksidatif stresin azaltılmasında önemli katkıları bulunmaktadır (Vinson ve ark., 2005). Kuru kayısı ve şeftali, A vitamini ve antioksidan aktiviteye sahip önemli karotenoid kaynaklarıdır. Kurutulmuş erik, kan kolesterol seviyelerini düşürebilen çözünür bir lif olan pektini sağlamaktadır (Tinker ve ark., 1991). Kuru üzüm ise kolon sağlığına katkıda bulunan lif benzeri karbonhidratlar içeren prebiyotik bileşiklerin kaynağıdır (Carughi, 2009). Ayrıca kurutulmuş üzüm ve erik tartarik asit, sorbitol gibi organik asitleri içermektedir. Bu organik asitler, sağlıklı bir sindirim sistemi için sinerjik olarak çalışmakta ve kalsiyum, demir gibi minerallerin biyoyararlanımını arttırmaya yardımcı olmaktadır (Spiller ve ark., 2003). Bazı meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşenler aşağıda gösterilmiştir (Uyar ve Sürücüoğlu, 2010).

Üzüm	Resveratrol, kateşin, antosiyaninler, gallik asit
Greyfurt	Narirulin, hesperidin, hesperetin, askorbik asit
Berry	Antosiyaninler, flavonoller, flavanoller, proantsiyanidinler, ellagitanninler, gallataninler, stilbenoidler, fenolik asitler
Kuşkonmaz	Rutin, klorojenik asit, askorbik asit
Pancar	Ferulik asit
Brokoli	Kafeik asit, ferulik asit, kersetin, kamferol, askorbik asit
Lahana	Klorojenik asit, kafeik asit, kamferol, lutein, askorbik asit

Havuç	Klorojenik asit, kafeik asit, β -karoten
Karnabahar	Sinamik asit, kersetin, askorbik asit
Kereviz	Klorojenik asit, apigenin, apigenin glukozit, luteolin glukozit, α -tokoferol
Mısır	Kafeik asit, sinamik asit, kumarik asit
Sarımsak	Mirisetin, apigenin, askorbik asit
Marul	Klorojenik asit, kafeik asit, kesretin
Mantar	Ferulik asit, askorbik asit
Soğan	Kuersetin glukozit
Dolmalık biber	Kafeik asit, kuersetin glukozit, luteolin glukozit, α -tokoferol, askorbik asit

Patates	Kafeik asit, tarçın asidi, hidroksibenzoik asit, askorbik asit
Ispanak	Kuersetin, askorbik asit, patuletin glukozit, spinasetin glukozit,
Domates	Klorojenik asit, kafeik asit, kersetin, askorbik asit
Soğan	Kuarsetin glukozit
Elma	Benzoik asit, hidroksisinnamik asit, flavan-3-ols, antosiyanidin, flavonoller, dihidrokalonlar

Çizelge 3. Bazı meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşenler (Uyar ve Sürücüoğlu, 2010).

2.1. Karotenoidler

Karotenoidler; bitkiler, algler, mantarlar ve bakterilerde yaygın olarak bulunan bir grup doğal tetraterpenoid pigmentidir. Bazı sebze ve meyvelerde sarı-turuncu-kırmızı rengini veren, 600'den fazla farklı çeşidi olan bileşiklerdir. Karotenoidler, fotosentez ve foto korumada önemli rol oynamaktadırlar (Hashimoto ve ark, 2016). İnsan diyetinde tipik olarak yaklaşık altmış çeşit karotenoid mevcuttur. En sıklıkla telaffuz edilen karotenoidler; lutein, likopen, α -karoten, β -karoten, β -kriptoksantin ve zeaksantindir. Fitohormon absisik asitlerin (ABA) ve strigolaktonların (SL) biyosentezi için öncülük sağlamaktadırlar (Al-Babili ve Bouwmeester, 2015).

Karotenoidler

Meyve ve Sebzeler (0.1-2 mg/100g)

Likopen	Domates ve domates ürünleri, kayısı, kırmızı havuç, greyfurt, papaya, guava, kavun
α -karoten	Havuç, mango, kırmızı biber, ıspanak, brokoli

β-karoten	Kayısı, brüksel lahanası, brokoli, karalahana, havuç, yeşil yapraklı sebzeler, guava, yenidünya, mango, şeftali, hurma yağı, tatlı patates, mısır
Lutein	Bal kabağı, ıspanak, brokoli, brüksel lahanası, biber
Zeaksantin	Trabzon hurması, biber bal kabağı, tatlı mısır
β-kriptoksantin	Papaya, mandalina, balkabağı, avokado, portakal

Çizelge 4. Karotenoidlerin alt grupları ve ana kaynakları (Britton and Khachik 2009)

Bitkilerdeki merkezi işlevlerinin yanı sıra karotenoidler, insan beslenmesi ve sağlığında önemli rol oynamaktadırlar. Provitamin A'nın diyet kaynaklarını sağlamaktadır. β -kriptoksantin, α -karoten ve β -karoten provitamin A aktivitesini sergileyen maddelerdir (Voutilainen ve ark., 2006). Karotenoidlerin biyolojik özellikleri arasında en fazla üzerinde durulan antioksidan mekanizmasıdır. Bu bileşiklerin, LDL oksidasyonunu engellediği ve yüksek kontrasyonlarda prooksidan özellik sergilediği, tümör gelişimini inhibe edici, DNA'yı perooksidaysondan koruyucu, immünomodulator ve

antikarsinojen etkileri olduğu tespit edilmiştir (Tapiero ve ark., 2004.). Karotenoidlerin kanser, kalp hastalığı gibi kronik hastalıklar ve yaşa bağlı göz hastalıklarını azalttığı bilinmektedir. (Fiedor ve Burda, 2014). İnsan gözü korneasında biriken lutein ve zeaksantin, mavi ışığın göze zarar vermesini engeller. Geri döndürülemez körlük ve yaşa bağlı makula dejenerasyonundan bu karotenoidlerin diyetle yetersiz tedariki sorumlu tutulmaktadır. Karotenoidlerin sağlığı geliştirici etkileri yiyeceklerle fizyolojik miktarlarda alındığında ortaya çıkmaktadır. A vitamini için günlük alınması ihtiyaç olan doz sırasıyla erkek-kadın bireylerde, 900 µg- 700 µg retinol eşdeğeridir. 1 µg retinol eşdeğeri; 12 µg β-karoten, 24 µg α-karoten ve β-kriptoksantine eşittir (Russell et al, 2001).

2.2. Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler, bitkilerde çeşitli miktarlarda ikincil metabolitler olarak oluşan organik bileşiklerdir. Polifenolik bileşikler bitkilere renk, koku ve tat gibi özellikleri kazandırarak hastalıklardan koruma gibi bitki fizyolojisinde önemli rolleri bulunmaktadır (Pietta, 2000). Bu bileşikler, fenol grupları olarak adlandırılan bir veya daha fazla hidroksil ikame grubu içeren en az bir aromatik halkanın varlığı ile karakterize edilmektedir.

Serbest halde bulunmalarını yanında karbonhidratlar, hücre duvarı bileşenleri, lipitler, aminler ve organik asitlerle ilişkili olarak bulunabilirler (Arruda ve ark., 2019). Doğada oluşan fenolik bileşikler büyük çeşitlilik gösterirken, insan diyetinde bulunan en önemli fenolik sınıflar hidroksibenzoik asitler, hidroksisinnamik asitler, flavonoidler ve proantosiyanidinlerdir (Vuolo ve ark., 2019). Fenolik bileşiklerin ana besin kaynakları, meyveler (özellikle çilek), baklagiller, çay, kahve, şarap, bira, kakao bazlı ürünler, tahıllar, kabuklu yemişler, yağlı tohumlar, otlar ve baharatlar gibi bitki kaynaklı yiyecekler ve içeceklerdir (Shahidi ve Ambigaipalan, 2015; Pereira ve ark., 2020).

Kanserler, metabolik sendromlar ve nörodejeneratif bozukluklar gibi yaşlanmayla ilişkili dejeneratif hastalıklar, artan bir ekonomik yük ve etkili iyileştirici ilaçların veya tedavilerin bulunmaması nedeniyle küresel bir halk sağlığı sorununu temsil etmektedir (Arruda ve ark., 2020). Artan kanıtlar, fenolik yönden zengin diyetlerin, nörodejeneratif bozukluklar, metabolik yaşlanma ve kanser ile ilişkili hastalık riskini azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Esfandiar ve ark., 2020; Wisnuwardani ve ark., 2020). Fenolik bileşiklerin kardiyovasküler hastalıklara, bazı kanser türlerine (mesane,

prostat ve meme kanseri), Parkinson, Alzheimer, tip 2 diyabet ve obezite gibi hastalıklarda önemli rol oynadığı bilinmektedir (Vita, 2005; Mink ve ark., 2007). Yapılan çalışmalarda fenolik bileşiklerden klorojenik asit, kakao ve siyah pirinçten elde edilen özütlerin öznel belleği, dikkat ve çalışma belleği üzerinde olumlu sonuçlar verdiği; bilişsel esneklik, anlamsal erişim, bellek düşüşü ve hafif bilişsel bozukluğu (normal yaşlanma ile Alzheimer hastalığı arasındaki geçiş dönemi) olan bireylerde bu gerilemeyi yavaşlattığı veya tersine çevirdiği görülmektedir (Krikorian ve ark., 2020; Ochiai ve ark., 2019). Kısaca fenolik asitler gösterdikleri antioksidan, antibakteriyel, antiviral, antikarsinojenik, antiinflamatuvar etkileri sebebiyle son yıllarda önemli derece ilgi görmektedir (Babbar ve ark., 2015). Fenolik asitler, hidroksibenzoik ve hidroksisünamik asitler dahil olmak üzere iki ana alt gruptan oluşur ve birçok meyve ve sebze bol miktarlarda bulunmaktadır. Polifenollerin flavonoidler, fenolik asitler ve stilbenler gibi önemli alt grupları da mevcuttur.

2.2.1. Flavonoidler

Flavonoidler, sekiz bin fenolik bileşiğin yarısından fazlasını oluşturan bitki fenoliklerinin en büyük grubudur (Balasundram ve ark., 2006). Flavonoidlerin temel yapısı iki aromatik halka,

on beş karbon atomu ve üç bağdan meydana gelmektedir (C6-C3-C6). Flavonoidlerin antioksidan ve serbest radikal süpürücü özellikler dahil geniş bir kimyasal ve biyolojik aktivite yelpazesi içerdiği bilinmektedir (Dai ve Mumper, 2010). Flavonoidler, flavonlar, flavononlar, flavanonlar, kateşinler (flavanoller), izoflavonlar ve antosiyanidinler gibi ana alt gruplara ayrılmaktadır. Diğer flavonoid sınıfları biflavonlar, kalkonlar ve kumarinlerdir (Ross ve Kasum, 2002).

Günlük tüketilen flavonoid miktarının çay, kırmızı şarap, meyve ve sebze tüketimine bağlı olarak günde 50-800 mg arasında olduğu belirtilmektedir (Pietta, 2000). Besin maddelerinde en çok bulunan flavonoidler; flavonollerden kuarsetin, kampferol, mirisetin; flavonlardan apigenin ve luteolindir. Kırmızı şarap ve çay 45 mg/L flavonol içermektedir. Flavonların en önemli kaynaklarının başında maydanoz, kereviz ve soğanı saymak mümkündür (1.2 g/kg yaş ağırlık) (Uyar ve Sürücüoğlu, 2010). Ayrıca kıvırcık lahana, pırasa, brokoli ve yaban mersini de zengin kaynaklar arasındadır. Turunçgillerin dış kabuklarında flavonlardan tangeritin, nobiletin ve sinensetin mevcuttur (Macheix ve ark., 1990). İzoflavonlar en yaygın soya fasulyesi, börülce, taze fasulye ve nohut gibi baklagillerde bulunmakta ve

genistein, daidzein ve glisetin gibi 3 temel molekül içermektedirler. Yonca, yonca filizi ve ayçecirdeği de izoflavon kaynağıdır (Pietta, 2000). Flavanonlar, nane gibi bazı aromatik bitkilerde, domateste ve en yüksek oranda da turuncgillerde bulunmaktadır. Greyfurtta naringenin, portakalda hesperidin ve limonda eriodiktiol fazlasıyla bulunmaktadır. Bir bardak portakal suyu 40-140 mg civarında flavanon içermekteyken, portakalın posa kısmında bulunan zengin flavanon bir bardak portakal suyuna oranla beş kat daha fazla flavanon içermektedir (Manach ve ark., 2004). Flavanoller birçok meyvede monomer (kateşin) veya polimer formda (proantosiyanidin) bulunmaktadır. Meyvelerde yer alan ana flavanoller kateşin ve epikateşindir. Gallokkateşin, epigallokkateşin ve epigallokkateşin galat bazı baklagillerin tohumlarında, üzümde ve daha üst düzeylerde de çayda yer almaktadır (Hatcher ve Kruger, 1997). Yeşil çayda bulunan kateşinlerden epigallaktokateşin gallat (EGCG), obezite üzerine olumlu etkilerinin yanı sıra karaciğer ve plazma kolesterol, trigliserit seviyelerinin düşürülmesi, glikoz metabolizması ve kan glikoz seviyelerinin iyileştirilmesinde rol oynamaktadır (Arola ve ark., 2019). Proantosiyanidinler tanin olarak da bilinmekte ve elma, armut, greyfurt, çilek, Trabzon hurması, şeftali gibi meyvelerde umami

tadı, çikolataya da acılığını vermektedir. Antosiyanidinler, çiçek ve meyvelerin epidermal dokularında çözünerek pembe, kırmızı, mavi veya mor rengini verirler. Meyvelerde başta olmak üzere kırmızı şarap, tahıllar, patlıcan, lahana, turp gibi bitkiler antosiyanidin kaynağıdır. Siyanidin besinlerde yer alan en genel antosiyanidindir. Kırmızı şarapta yaklaşık 200 mg/L antosiyanidin vardır ve bu antosiyanidinler şarap yıllar geçtikçe çeşitli kompleks yapılara dönüşür (Clifford, 2000).

Meyve Sebze	Başlıca Antosiyanin	Minör Antosiyaninler	Kaynak
Böğürtlen	Siyanidin-3-glukozit	Siyanidin-3-rutinosid; Siyanidin-3-dioksalilglukozit; Siyanidin-3-ksilosid; Siyanidin-3-malonilglukozit	Fan-Chiang ve Wrolstad, 2005

Çilek	Pelargonidin-3-glukozit	Siyanidin-3-glukozit	Jackman ve ark., 1987
Kan portakalı	Siyanidin-3-glukozit	Delfinidin-3,5-diglukozit; Siyanidin-3,5diglukozit; Delfinidin-3-glukozit; Peonidin-3,5 diglikozit; Siyanidin-3-(asetil)glukozit	Krifi ve Metche, 2000
Yaban mersini	Siyanidin galaktozid	Delfinidin arabinozid, Siyanidin glukozit; Delfinidin galaktozid, Delfinidin glukozit, Petunidin glukozit, Malvidin galaktozid, Siyanidin arabinozid,	Yue ve Xu, 2008

Siyah havuç		Peonidin glukozid, Malvidin arabinozid	
	Siyanidin-3-ksilolgalaktozid	Siyanidin-3-ksilosilglukosil-galaktozid	Stintzing ve ark., 2002
Kiraz	Siyanidin-3-glukozil-rutinosid	Siyanidin-3-glukozit, Siyanidin-3-rutinosid, Peonidin-3-rutinosid	Kim ve Padilla-Zakour, 2004
Kırmızı lahana	Siyanidin-3-soohoroside-5-glukozid	Siyanidin-3,5-diglükosit	Giusti ve ark., 1999

Çizelge 5. Bazı meyve ve sebzelerde bulunan antosiyaninler

Flavonoidler, fotosentetik elektron transport sistemlerinin yardımıyla ROS oluşmasını engellerler. Flavonoidlerin antioksidan özellikleri nedeniyle LDL-kolesterol oksidasyonunu inhibe ettiği, platelet agregasyonunu ve iskemik hasarı azalttığı düşünülmektedir. Sosyal yiyecek tüketiminin bazı kanser türlerini, kalp hastalıklarını, osteoporozu ve menopozal komplikasyonları önlemede önemli rol oynadığı bildirilmiştir (Park ve ark., 2007).

2.2.2. Fenolik Asitler

Fenolik asitler, benzoik asit türevleri ve sinnamik asit türevleri olarak iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Hidroksibenzoik asitler (mangoda gallotannin ve kırmızı meyvelerde ellagitannin), serbest ve esterleşmiş durumda yenilebilir bitkisel ürünlerin çok az bir kısmında bulunmaktadır. Fenilpropan halkasına bağlanan hidroksil gruplarının sayısı ve konumuna göre farklılık sergileyen alt gruplara ayrılmaktadırlar. Bunlar arasında *p*-kumarik asit, kafeik asit, ferulik asit, sinapik asit ve *o*-kumarik asit önem taşımaktadır. Klorojenik asit ve hidroksisinnamik asit meyvelerin birçoğunda ve yüksek oranlarda kahvede mevcut olan bileşiklerdir. Kivi, böğürtlen, kiraz, erik ve elmada yağ ağırlık baz alındığında kg başına 0.5-2 gr hidroksisinnamik asit olduğu bildirilmiştir (Macheix ve ark., 1990).

Kafeik asit en yaygın fenolik asittir. Yapısal olarak ferulik aside benzerlik gösteren kafeik asit kafeinden farklı bir maddedir ve en fazla kahvede bulunmaktadır. Kahvenin haricinde kekik, adaçayı, nane, anason, kırmızı şarap, elma, kayısı, erik gibi gıda maddeleri başlıca temel kaynaklarıdır (Pokorný, 1991). Ferulik asit, en çok tahıllarda bulunmaktadır. Unun işlenmesine bağlı

olarak fenolik asit oranı değişmektedir. Pirinç unu, yulaf unu ve buğday ununun fenolik asit kalitesi benzerken mısır ununda bu oran yaklaşık 3 kat daha fazladır (Hatcher ve Kruger, 1997).

Hidroksisinnamik asitler hidroksibenzoik asitten daha yaygın bulunmaktadır. İşlenmiş gıda maddeleri dışında nadir olarak serbest formda bulunur ve kompleks formları shikimik asit, quinik asit ve tartarik asittir. Kafeik asit ve quinik asit bir araya gelerek klorojenik asiti meydana getirirler. Sinapik asit ise tahıl tanelerinde kabuğa yakın kısımlarda bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda sinapik asitin antimikrobiyal, anti kanserojen ve antiinflamatuvar etki gösterdiği, diyabetik hayvanlarda antihiperglisemik etkisi olduğu belirtilmiştir (Cherng ve ark., 2013). Benzoik asit türevlerinden gallik asidin antioksidan kapasitesi daha yüksektir. Fenolik asitlerin hidrojen peroksitleri kovucu etki sergileyerek lipid peroksidasyonunu engellediği ifade edilmektedir. Kafeik asitin, astım ve alerji gibi bağışıklık sistemi ile alakalı rahatsızlıkların gelişiminde görev yapan lökotrienlerin sentezini seçici olarak inhibe edici özellik sergilediği; ayrıca kolon kanserine karşı antitümoral aktivite gösterdiği belirtilmektedir (Olthof ve ark., 2001). Salisilik asit ilk defa söğüt kabuğundan elde edilmiştir ve antiinflamatuvar,

analjezik, keratolitik ve anti-koagölan etkileri ön plandadır (Norm ve ark., 2009). Protokateşik asit ise Akai üzümü ve soğan türleri içinde yüksek miktarda bulunmaktadır. *Ardisia elliptica* bitkisinde yüksek miktarda yer alan siringik asitin kanser tedavisinde etkinliği ve diyabetik, katarakt gelişimini engellediğine dair çalışmalar mevcuttur (Orabi ve ark., 2013).

2.3. Stilbenler (Resveratrol)

Bireylerin yararlanabileceği çok az sayıda stilben mevcuttur ve en yaygın olanı resveratroldür. En çok kırmızı şarapta ve üzümün dış kabuğunda yüksek miktarda bulunmaktadır. Kırmızı şaraptaki resveratrol oranı saptanamayan çok düşük miktarlardan 14 mg/L'ye kadar değişen miktarlarda bulunmaktadır (Stervbo ve ark., 2007). Üzüm, yer fıstığı, dut gibi 70'den fazla bitki yoğun stres altında (soğuk hava, mantar enfeksiyonları gibi) resveratrol salgılar. Üzümdeki resveratrol miktarını coğrafi şartlar ile kırmızı şarabın üretim yılı gibi pek çok önemli parametre etkilemektedir. Bir diğer resveratrol kaynağı fıstık olup içerisinde 0.02-1,8 mg/g kadar resveratrol bulundurmaktadır (Sanders ve ark., 2000).

Anti-aging etkisi olan ve yaşlanmayı geciktirici daha da önemlisi yaşam süresini uzatıcı etkisi olduğu düşünülen resveratrölün güçlü antioksidan özelliği E vitamininden 50 kat, C vitamininden 30 kat daha fazladır (Kolaç ve ark., 2017). Resveratrolin ayrıca karaciğerden lipoprotein üretimi, lipid sekresyonunu baskılayıcı ve kan yağlarını düşürücü etkileri de tespit edilmiştir (Xie ve ark., 2013). Kanser, kalp hastalıkları, iskemik hasarlar gibi kronik hastalıkların azaltılmasını ve önlenmesini sağlayan bileşik olarak tanımlanan resveratrol; strese karşı vücut direncini de arttırmaktadır (Aslankoc, 2018).

Antioksidan, antiviral, antitümör, kardiyoprotektif, yaşlanmayı geciktirici, enfeksiyondan korunma, bağışıklık hücrelerini koruma, obeziteyi azaltma gibi birçok yararı bulunan resveratrol, tıp ve eczacılık alanında oldukça sık bir şekilde kullanılan stilbendir (Uguralp, 2008).

2.4. Glukosinolatlar

Sülfür içeren bitkisel ürünlerde doğal olarak yer alan bileşiklerdir. 120 çeşit farklı zincir uzunluğunda glukosinolat tanımlanmasına karşın, zincir uzunluklarına göre alifatik, aromatik ve indol olmak üzere 3 temel sınıfa ayrılırlar (Tripathi

ve Mishra, 2007). Enzimatik hidrolizleri sonucu izotiyosinatlar, indoller ve tiyosiyanatlar oluşmaktadır (Vig ve ark., 2009). Bu maddeler turp ve hardala kendilerine özgü karakteristik tatlarını verirler. Besinlerin tohumlarında, köklerinde, gövde ve yapraklarında bulunmaktadırlar. Kolza tohumu, turp, brokoli ve lahana gibi bitkilerde kuru ağırlığında 20 µmol/g kadar bulunmaktadır (Fahey ve ark., 2001).

Glukosinolatların karsinojen maddeleri inhibe edici özelliklerinin, enzimatik hidroliz ürünlerinin potansiyel yararlı etkilerinden ileri geldiği düşünülmektedir. Antifungal, antibakteriyel, biyoherbisidal, biyopestisidal, antioksidan, antimitojenik ve antikarsinojenik özellik gösterdiği bildirilmektedir (Vig ve ark., 2009). Glukosinolatların hidroliz ürünlerinin, insanlarda ve memeli hayvanlarda guatrojenik etki gösterdiği belirtilmektedir. Bu ürünleri içeren sebzelerin aşırı tüketimi guatr gelişimine ve aynı zamanda tat kaybına yol açabilmektedir (Fahey ve ark., 2001).

2.5. Lignanlar

Lignanlar, bitkilerin kök ve tohumlarında yer alan fenilpropil alkoldür. 2 fenil-propanların oksidatif dimerizasyonu ile üretilen

lignanlar stilbenlerle benzer özelliklere sahiptir. Bitkisel ürünlerde mevcut temel lignanlar; matairesinol (MAT), sekoizolarisiresinol (SECO), larisiresinol (LARI) ve larisiresinol (LARI)'dur. (Hu ve ark., 2007).

En zengin kaynağı keten tohumu olup, kilogram başına 3.7 g SECO içerdiği belirtilmiştir. (Yu ve ark., 2015). Keten tohumu, sekoisolarikiresinol diglikozid (SDG) lignan açısından en zengin kaynaktır (Özkaynak Kanmaz ve Ova, 2012). Tam tahıllar, meyveler, bazı sebzeler, çay, kahve, çilekgiller ve fındıkta da bulunmakla birlikte keten tohumundaki lignan miktarı diğerlerinden yaklaşık 75-800 kat daha fazladır (Manach ve ark., 2004).

Bitkisel kaynaklı lignanlarla ilgili yapılan hayvansal deneyler ve laboratuvar çalışmaları lignanların antioksidan özelliğe sahip olduğunu ve tümör gelişimini azalttığını göstermektedir (Kitts ve ark., 1999).

2.6. Organosülfür Bileşikleri

Organosülfür bileşikleri soğan, soğancık, pırasa, sarımsak gibi yiyeceklerde bulunmaktadır. Diallil sülfid (DAS), diallil disülfid (DADS), alisin, diallil trisülfid (DATS) ve diallil tetrasülfid

(DATT) gibi organosülfür bileşikleri soğan ve sarımsağa karakterize tat ve koku vermektedir (Sowbhagya ve ark., 2009). Sarımsak, soğan, soğancık ve pırasa en zengin kaynaklarıdır ve soğanda en yüksek miktarda bulunan organosülfür bileşiği allisindir. Soğanın kuru ağırlığında 30 mg/g alisin mevcuttur ve besin hazırlama-piştirme sırasında biyoaktif bileşenler bu işlemlerden etkilenmektedir. Isıya maruz kalma ve mikrodalgada işlemleri allinaz aktivitesini engellemekte, soğan kesildiğinde, kırıldığında ve doğrandığında içeriğinde yer alan sistein sülfoksitleri hızlıca tiosülfatlara dönüşmektedir (Lawson, 1998).

Organosülfür bileşiklerini içeren sarımsağın immüno-regulator, biyokimyasal ve farmakolojik özelliklerinin yanında; antitrombotik, antiaterosklerotik, antibakteriyel, antiinflamatuvar, antioksidan ve antikarsinojenik etkileri olduğu belirtilmektedir (Sengupta ve ark., 2006; Chu ve ark., 2009). Bu bileşiklerin granüositleri aktive ederek serbest radikalleri etkisiz hale getirip makrofajları aktive ederek nitrik oksit sentezini önlediği ortaya çıkmıştır (Siegers ve ark., 1999).

2.7. Bitkisel Steroller

250'den fazla çeşidi olan bitkisel sterollerin (fitosterol) kolesterolden farklı olarak yapılarında ekstra bir metil veya etil grubu ile bir çift bağ bulundurlar. En yaygın olanları fenolik asitler, kampesterol, stigmasterol ve sitosterol olan bitkisel sterollerdir ve doğada mısır ve buğday gibi besinlerde eser miktarda bulunmaktadır. Steroller vücutta yaşamsal önemi olan bileşiklerin sentezlenmesi için gereklidir. Safra asitleri, cinsiyet hormonları, adrenal hormonlar ve D vitamini sentezi için kolesterole ihtiyaç vardır (Tetik et al., 2007).

Amerikan Kalp Birliği (AHA) ve Uluslararası Aterosklerozis Topluluğu bitkisel sterol ve stanollerin diyet ile günde 2-3 g civarında alınmasını önermekte ve serum kolesterol seviyesi üzerine olumlu etkileri olduğunu bildirmektedir (Uyar ve Sürücüoğlu, 2010). Diyetle günlük 300 mg sterol alınmasının kolesterol emilimini %28 oranında düşürdüğü de belirtilmiştir (Weidner ve ark., 2008).

3. KURUTMA TEKNOLOJİSİNİN BİYOAKTİF BİLEŞENLER ÜZERİNE ETKİSİ

Tarihler boyunca insanlar gıdaların bozulmaması ve uzun ömürlü muhafaza edilebilmeleri için çok sayıda yöntem geliştirmiştir. Gıdaların fiziksel, kimyasal, biyolojik veya mikrobiyolojik olumsuzlukları kontrol altına alınmak istenmiş ve uzun ömürlü, kaliteli, güvenilir gıda anlayışı benimsenmiştir. Nem içeriği %80'den fazla olan taze meyve ve sebzeler çabuk bozulabilen gıdalar arasında sınıflandırılmaktadır (Sagar ve Kamar, 2010). Meyve ve sebzelerin bünyesindeki %80-95 oranındaki suyun %10-20 düzeylerine düşürülerek mikroorganizma gelişiminin engellenmesi ve uzun süre dayanmasını sağlamak amaçlanmaktadır. Nem içeriğinin (su miktarının) düşürülmesi ile hacim ve ağırlığın azalmasından dolayı paketleme, depolama ve taşıma gibi işlemlerin maliyeti düşürülmektedir. Mikroorganizmaların aktiviteleri azalacağından gıda ürünün raf ömrü artmaktadır ve gıdaların dört mevsim tüketilmesi sağlanmaktadır (Yıldız ve İzli, 2020).

Glisemik indeks (GI), karbonhidratların kandaki glikoz seviyelerine olan etkisini ölçme sistemidir. Karbonhidrat içeren gıda ürünleri yüksek (GI 70 ve üzeri), orta (GI 56-69) veya

düşük (GI 55-0) olarak sınıflandırılmaktadır. Lif içeriği yüksek gıdalar genellikle düşük glisemik indekse sahipken mevcut karbonhidrat ve şeker türü, organik asitlerin varlığı gibi başka faktörler de gıdanın glisemik indeksine etki etmektedir. Kurutulmuş meyvelerin çoğunda yaklaşık %50 oranında fruktoz bulunmaktadır (Kim, 2008). Bazı meyvelerin glisemik indeksleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Meyve	Çiğ	Kurutulmuş
Elma	40-44	29
Kayısı	34-57	30-32
Muz	46-70	-
Erik	39	29
Şeftali	28-56	35
Armut	33-44	43
Ananas	43-66	-

Çizelge 6. Bazı meyvelerin glisemik indeksi (Olola ve ark., 2015)

Meyve ve sebzelerin kurutulması fiziksel, kimyasal ve besin değerleri gibi gıda kalite kriterlerine etki etmektedir. Çeşitli kurutma teknikleri arasında; güneşte kurutma, dondurarak kurutma (FD), ısı pompalı kurutma (HP), mikrodalga kurutma (MD), kızılötesi kurutma (ID), radyo frekansı kurutma (FR), kırılma pencere kurutma (RW), düşük basınçlı kızgın buhar kurutma (LPSSD), mikrodalga destekli konvektif kurutma (CD-MD), vakumlu mikrodalga kurutma (VMD), vakumlu mikrodalga kurutma ile konvektif kurutma (CD-VMD), akışkan yataklı kurutma (FBD), yüksek hidrostatik basınç, darbeleri elektrik alan (PEF) ve ultrason gibi bir çok teknik bulunmaktadır (Yıldız ve ark., 2019; İzli ve ark., 2021).

Liyofizasyon olarak bilinen dondurarak kurutma (FD), yüksek kaliteli gıda tozları, meyve ve sebzelerin kurutulması için avantajlı bir tekniktir. Dondurarak kurutma yöntemi meyve ve sebzelerin biyoaktif bileşik içeriklerini korumak için en iyi kurutma tekniğidir. Düşük sıcaklıklarda ve yüksek vakum altında çalıştığı için, termal olarak hassas ve oksidasyona yatkın bileşikler içeren gıdaların kurutulmasında tercih edilen bir yöntemdir. Dondurarak kurutma, uzun kurutma süresine ve yüksek maliyetine rağmen diğer kurutma teknikleriyle

karşılaştırıldığında gıda kalitesinin maksimum düzeyde olduğu ve biyoaktif bileşen kaybının en az olduğu yöntemdir. FD, çoğu araştırma çalışmasında standart veya referans kurutma yöntemi olarak kabul edilir. Son zamanlarda, FD yöntemlerinin karşılaştığı zorlukların üstesinden gelmek için, örneğin ön işlemden geçirilmesi veya kızılötesi, mikrodalga ve ultrason enerjisi gibi dondurarak kurutma ile yenilikçi teknolojilerin kullanılması gibi çeşitli işlem kombinasyonları uygulanmaktadır (Yıldız, 2018; Yıldız, 2019; Yıldız ve Feng, 2019; Yıldız ve İzli, 2019).

Dondurarak kurutma yönteminde; elma, guava, çilek, böğürtlen, kabak, domates, kuşkonmaz, kahve, çay, sarımsak, zencefil gibi çeşitli bitki bazlı gıdalarda sıkça uygulanmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda tropikal meyvelerde dondurarak kurutma sonucunda önemli C vitamini kayıpları görülmektedir (%3-70) (Marques ve ark., 2006). Asami ve ark. (2003), dondurarak kurutma yönteminin çilek ve mısırdaki toplam fenolik bileşiklerin sıcak hava ile kurutma yöntemine kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmektedirler. Yapılan bir başka çalışmada dondurarak kurutma uygulanmış yaban mersini ve ahudununun hava ile kurutma yöntemi uygulanmış benzerlerine

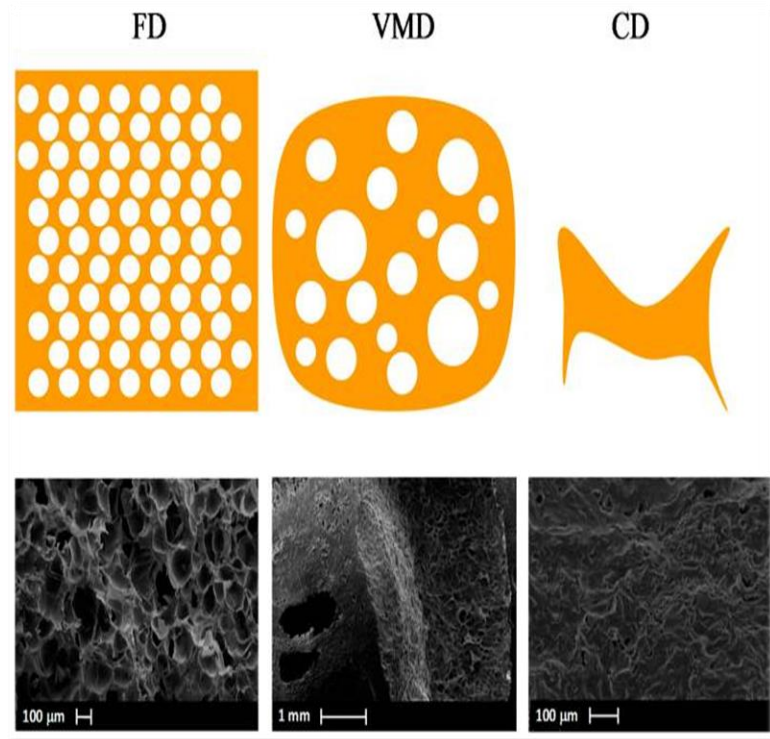
kıyasla antosiyanin, fenolik bileşikler ve antioksidan kapasitelerinin daha yüksek olduğu ve hatta bazı durumlarda biyoaktif bileşen miktarındaki artışlara dikkat çekmektedir (Sablani ve ark., 2011). Sonuç olarak C vitamini ve fenolik içeriğinin tutulması için vakumla dondurarak kurutma yöntemi tavsiye edilmektedir. Son zamanlarda mikrodalga destekli dondurarak kurutma (MFD) tekniği üzerinde durulmakta, geleneksel dondurarak kurutma yöntemine göre benzer ya da daha iyi kalitede ürün elde edilmektedir. Atmosferik dondurarak kurutmada (AFD) ise inert gazlar atmosferik basınçta uygulanmaktadır, ancak bu yöntemde kurutma süresi oldukça yavaştır. Kurutma süresini hızlandırmak için AFD, akışkan yataklı ve sprey dondurmalı kurutucular gibi diğer tekniklerle birleştirilmektedir. Yakın zamanlarda güç ultrasonunun AFD sürecini hızlandırmanın çevre dostu, etkili ve toksik olmayan yolu olduğu kanıtlanmıştır.

Konvektif kurutma (CD), meyve ve sebzelerin dehidrasyonu için kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Bu yöntemde uygulanan sıcak hava oksidasyonu, biyoaktif bileşenlerin içeriğini ve miktarını etkilemektedir. Konvektif kurutma meyve ve sebzelerin tat, renk ve besin değerlerinde bozulmalara neden

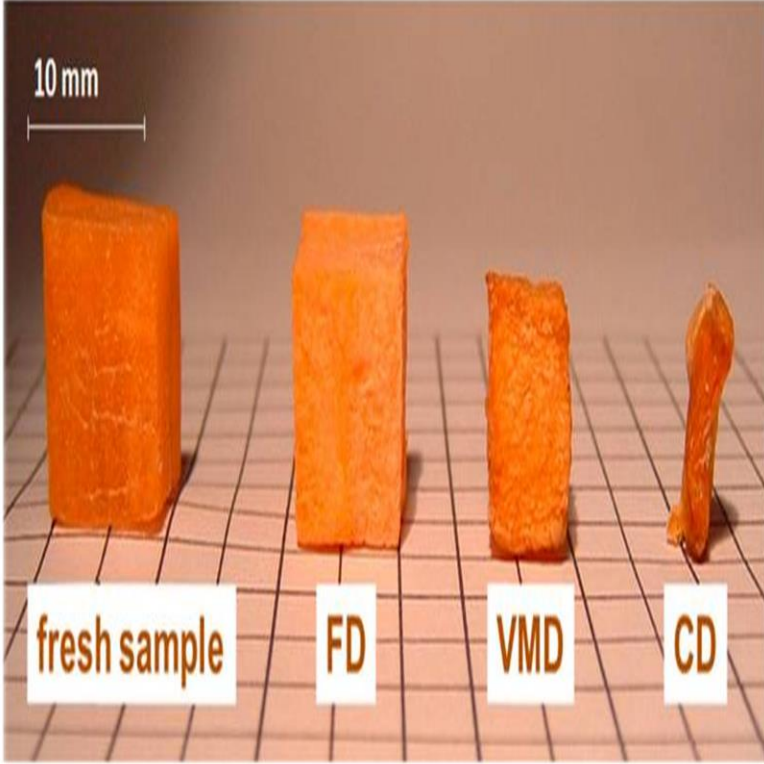
olmaktadır. Genel olarak sıcak hava ile kurutma güneşte kurutma işlemlerine kıyasla toplam polifenolik bileşik içeriği ve antioksidan kapasitesi açısından ürünlerin kalitesini önemli ölçüde azaltmaktadır (Melgar-Almanza ve ark., 2015). Konvektif kurutmanın dezavantajı uzun işlem süresi ve gereken enerjinin fazla olmasıdır.

Meyve ve sebzelerin kurutulmasında diğer bir yöntem kurutma süresindeki azalma ve yüksek enerji verimliliğine sahip darbeli akışkan yataklı kurutmadır (VMD). Bu yöntemin dezavantajı sermaye harcamaları ve yüksek elektrik enerjisi maliyetleridir. Darbeli akışkan yataklı kurutmanın başlangıcında hammaddeden yoğun su buharlaşması vakum pompasının kapasitesini aşabilmekte ve bu nedenle kurutmaya tabi tutulan malzeme ağırlığının azaltılması veya daha büyük bir vakum tesisatı uygulanması gerekir. Bu sorun ön kurutma uygulanarak vakumlu mikrodalga ekipmanının kütle yüklerini azaltabilir. Darbeli akışkan yataklı kurutmadan önce konvektif yöntemle hammaddenin ön işleme kombinasyonu elde edilen ürünün yüksek kalitesini koruyarak toplam dehidrasyon maliyetini azaltmaktadır (VMFD). CPD yerine ısı pompası ön kurutma (HPPD) uygulanması kurutulmuş ürün kalitesini arttırmaya

yardımcı olmaktadır. Enerji verimliliği ve ürün kalitesi açısından HPPD’de sıcak hava yerine kurutma ajanı olarak vakum altında ısıtılmış buhar kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir.



Şekil 2. Dondurarak kurutma (FD), vakumlu mikrodalga kurutma (VMD) ve konvektif kurutma (CD) ile dehidre edilmiş pancar örneklerinin yapısı (Figiel ve Michalska, 2017).



Şekil 3. Dondurarak kurutma (FD), vakumlu mikrodalga ile kurutma (VMD) ve konvektif kurutma (CD) ile kurutulmuş havuç küplerinin görünümü (Figiel ve Michalska, 2017)

Çileklerin kurutulmasında uygulanan bir çalışma, VMD'nin CD'ye kıyasla antosiyaninler, flavanoller ve C vitamini tutma kapasitesinin daha yüksek olduğunu göstermiştir (Wojdyło ve ark., 2009). VMD'nin doğru şekilde uygulanması sıcaklığı

etkileyen mikrodalga gücünün kontrolü ile ilgilidir. Yüksek sıcaklık, meyve ve sebzelerdeki biyoaktif bileşenleri bozmaktadır ancak Maillard reaksiyonu veya karamelizasyonunun ürünleri güçlü antioksidan kapasiteye sahip yeni bileşiklerin oluşumuna katkı sağlamaktadır (Manzocco ve ark., 2000). Eriklerin VMD'si sırasında, güçteki 120 W'tan 480 W'a artışın, bir Maillard reaksiyon / karamelizasyon ürünü olan hidrosimetilfurfural içeriğini neredeyse iki katına çıkardığı ve TEAC (Trolox Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi) ile ölçülen antioksidan kapasitesinde önemli bir artış olduğu belirtilmektedir (Figiel ve Michalska, 2017). VMD teknolojisinin meyve ve sebze kurutmada FD teknolojisi kadar nispeten kaliteli ürün elde etmesine rağmen, yatırım ve yüksek elektrik maliyetleri nedeniyle önerilmemektedir.

Son yıllarda yüksek hidrostatik basınç, darbeli elektrik alan (PEF) ve ultrason gibi termal olmayan alternatif kurutma teknikleri üzerinde durulmaktadır. Yapılan çalışmalar peroksidaz aktivitesinin, 15 dakika süre 300 MPa uygulanan yüksek basınçla azaldığını, 300MPa'nın üzerindeki basınçta ise arttığını ve enzimatik aktivitenin 900 MPa tamamen

kaybolduğunu göstermektedir (Cano ve ark., 1997). Yapılan bir diğer çalışma ise peroksidaz aktivitenin 400 MPa'da yüksek aktiviteye sahipken 800 MPa'ya yükseldikçe azaldığı belirtilmiştir (Zabetakis ve ark., 2000). Ultrason (US), düşük US yoğunluk seviyelerinde akustik kaviteasyonların neden olduğu mekanik stresler ve mikro akış nedeniyle ikincil metabolit biyosentezi için hücrelerden enzimleri serbest bırakır (Yildiz ve ark., 2016; Yıldiz ve ark., 2017; Yıldiz ve ark., 2018). Hava ile kurutma koşulları ile birleştirilen uzun süreli ultrason ön işlemi, kurutulmuş elmaların toplam fenolikleri, flavonoid içerikleri ve antioksidan kapasitesini azaltmaktadır (Opalić ve ark., 2009; Yıldiz, 2021; İzli ve Yıldiz, 2021; Yıldiz ve ark., 2021). Bununla birlikte, ultraviyole (UV) ışınları ve ultrason, yer fıstığının toplam fenoliklerini, toplam antioksidan kapasitesini (TEAC ve ORAC) arttırmakta ve ultrason, toplam antioksidanların artmasında UV'den daha etkilidir (Sales and Resurreccion, 2010).

Genellikle kısa kuruma sürelerinin ekonomik avantaj sağlaması nedeniyle sıcak ile hava kurutma sıklıkla kullanılmaktadır. Bunun birlikte uygulanan yüksek sıcaklıklar biyoaktif bileşen kayıplarına sebebiyet vermektedir. İşlenmiş domates ve tatlı

mısır, büyük oranda C vitamini kaybına rağmen fenolik bileşiklerin salınımının artması ile taze emsallerine kıyasla daha yüksek antioksidan kapasiteye sahiptir (Dewanto ve ark., 2002). Çeşitli çalışmalar, düşük sıcaklıklarla elde edilen kurutulmuş ürünlerdeki biyoaktif bileşen içeriğinin, yüksek sıcaklıklarla elde edilen kurutulmuş ürünlerden daha yüksek olduğunu göstermektedir (Sablani, 2006). Alternatif olarak mikrodalgada ışık yokluğunda oksijen seviyelerinin azaltılması, kırılma penceresi, düşük basınçlı kızgın buhar ve vakumlu kurutma yöntemleri biyoaktif bileşenlerin tutulmasını arttırabilir. (Sagar ve Kumar, 2010).

Meyve ve sebzelerin kurutulmasında uygulanan yöntemlerin belirlenmesinde; kurutulmuş ürünlerin organoleptik kalitesini büyük ölçüde etkileyen lezzet maddelerinin ve A, C vitaminleri, tiamin gibi ısı ve oksijene duyarlı diğer biyoaktif bileşenlerinin tutulması belirlemektedir (Sagar ve Kumar, 2010). Kurutma sırasında besin kayıplarını en aza indirmek için uygun ön işlemler, uygun kurutma yöntemlerinin belirlenmesi ve kurutma koşullarının optimizasyonu belirlenmelidir (Yildiz ve Aadil, 2020; Yıldiz ve ark., 2020; Yıldiz ve Aadil, 2021).

3.1. Kurutma Sonrası Antioksidanlar ve Fenolik Bileşikler

Meyve ve sebzelerin toplam fenolik miktarını ölçmek için Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılmaktadır. Kurutma işleminin, meyve ve sebzelerin toplam fenolik içeriği üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Özkan, 2007).

Sıcak hava, mikrodalga ve ısı pompalı kurutma uygulanan mango ve armut; dondurarak kurutma uygulanan lahanaya, sıcak hava ile kurutma uygulanan dut, kırmızı dut; sıcak hava, dondurarak ve mikrodalga ile kurutma uygulanan nar ve vişne; dondurularak kurutulan mango, kavun, yıldız meyvesi, karpuz; güneşte kurutulmuş kayısı, dolmalık biber ve incir gibi meyvelerin çoğunda fenolik madde miktarında azalmalar görülmektedir (Kovacı ve ark., 2018).

Kurutma işlemleri sırasında fenolik madde kaybına polifenoloksidaz ve peroksidaz gibi oksidatif enzimlerin aktivasyonu neden olabileceği gibi fenolik bileşiklerin proteinlere bağlanması, kimyasal yapılarındaki değişiklikler veya düşük ekstraksiyon verimlilikleri de neden olabilmektedir. Çeşitli kurutma yöntemleri uygulanan elma, yaban mersini,

hünnap, papaya, erik, ahududu ve tatlı patatesin toplam fenolik içeriği 10 kat artmaktadır. Toplam fenolik içeriğindeki bu artışların sebebi bitki hücre duvarına bağlanan fenolik bileşiklerin salınmasıyla açıklanmaktadır (Gümüşay ve ark., 2015). Yüksek moleküler ağırlıklı biyoaktif bileşenlerin düşük moleküler ağırlıklı birkaç küçük bileşiğe ayrıldığını ve böylece işlenmemiş gıdalara kıyasla işlenmiş toplam fenolik içerikleri, antioksidan aktiviteleri ve flavonoid içeriklerini arttırdığını desteklemektedir (Nayak, 2011).

Meyve ve sebzelerin in vitro antioksidan kapasitelerini değerlendirmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. 2,2-azinobis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) (ABTS), 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), demir indirgeyici antioksidan (FRAP), oksijen radikal absorbans kapasitesi (ORAC) ve bakır iyon indirgeme esaslı antioksidan kapasitesi (CUPRAC) bu yöntemlerdendir. Bu yöntemler her zaman in vitro antioksidan ölçüm teknikleri yarı kantitatifdir ve her zaman in vivo antioksidasyon kapasitesini göstermemektedir (Niki, 2011). Elma, mango, papaya, kayısı, incir, hünnap, nar, ahududu, vişne ve domatesin kurutma sonrasında antioksidan kapasitelerinde azalmalar görülmektedir. Kurutma işleminin ardından

antioksidan kapasitesindeki azalmanın nedeni biyoaktif bileşenlerin yüksek sıcaklıklarda kimyasal, enzimatik veya termal ayrışmaya bağlı olarak bozunmasıyla açıklanmaktadır (Nicoli ve ark., 1999). Diğer kurutma yöntemleriyle kurutulmuş meyvelerdeki düşen antioksidan seviyelerine karşı dondurularak kurutma yöntemi uygulanan yaban mersini, ahududu, kırmızı guava, kavun, karpuz, papaya ve tatlı patatesin toplam antioksidan kapasitelerinde artış görülmektedir. Yapılan son araştırmalarda meyve ve sebzelerin kurutulduktan sonraki antioksidan içeriklerinin yüksek olmasının nedeni, kısmen oksitlenmiş polifenollerin oksitlenmemiş polifenollere göre daha fazla antioksidan kapasiteye sahip olabileceği ile açıklanmaktadır (Dalla Nora ve ark., 2014). Ayrıca kurutma sonrasında antioksidan kapasitesindeki artışın ısı işlem veya uzun süreli depolama sonucunda oluşabilen ve genellikle güçlü antioksidan özellikler sergileyen Maillard reaksiyon ürünlerinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Kamiloglu ve Çapanoglu, 2014).

Mikrodalga ile kurutma yöntemi uygulanan karnıbahar, bezelye, ıspanak ve pazı sebzelerinin toplam fenolik içeriği azalırken toplam antioksidan kapasitesinde önemli artışlar görülmektedir

(Jiménez-Monreal ve ark., 2009). Brokoliye uygulanan mikrodalga işlemi ise çiçek ve saplardaki fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesini ciddi oranda düşürmektedir (Zhang ve Hamauzu, 2004). Yeşil sebzeler ve bitkiler üzerine yapılan araştırmalar, fenolik içeriğin ve antioksidan kapasitesinin 1000 W, 1–1.5 dakika süreyle mikrodalga ışınlamasından sonra arttığı veya değişmeden kaldığı bildirilmektedir (Turkmen ve ark., 2005)

Uzun süreli yüksek basınç uygulaması (600 MPa/30 dakika) ısı işleme (60 °C) birleştirildiğinde antioksidan seviyesinde %25 oranında azalmaya neden olduğu belirtilmektedir (Sanchez-Moreno ve ark., 2009). Yüksek basınç uygulanmış (400 MPa, 25°C, 15 dakika) domates püresinin antioksidan kapasitesinde azalmalar görülmektedir. Butz ve ark., (2003) yaptıkları çalışmada; portakal, elma, şeftali ve sebze püreleri üzerine uygulanan yüksek basınç uygulamasının (600 MPa, 20C, 60 dakika) antioksidan kapasitesinde değişiklik meydana getirmediğini belirtmektedirler. Yüksek hidrostatik basınç uygulamasının çilek suyundaki antioksiyanin üzerinde minimum etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Zabetakis ve ark., 2000).

3.2. Kurutma Sonrası: Askorbik Asit (C Vitamini)

Gıda işleme sırasında pH, sıcaklık, ışık ve enzimler gibi birçok değişkene bağlı olarak C vitamininde bozulmalar görülmektedir. Bu nedenle kurutma işlemi de dahil olmak üzere birçok işlemde kalite göstergesi olarak C vitamini baz alınmaktadır (Santos ve Silva, 2008).

Kayısı, nektarin, erik ve mangonun C vitamini içeriği 48-72 saatlik dondurarak kurutma sonucunda önemli ölçüde etkilenmediği görülmektedir (Leong ve Oey, 2012; Shofian ve ark., 2011). Aynı zamanda 48-72 saatlik dondurarak kurutma yönteminde havuç, kavun, şeftali, papaya ve karpuzun askorbik asit içeriği 3 kat artışla sonuçlanmıştır (Leong ve Oey, 2012; Shofian ve ark., 2011). Kurutma sonucunda C vitaminindeki bu artışın sebebi askorbik asitin enzimatik oksidasyona karşı askorbik asit oksidazın inaktivasyonu ile açıklanmaktadır (Leong ve Oey, 2012).

Uygulanan kurutma yöntemlerinin çoğunda C vitamini kaybı görülmektedir. Bu kaybın nedeni askorbik asitin yüksek sıcaklık ile kurutulmasında oksidasyonun yanı sıra polifenollerin oksidasyonunu korumak için kullanılması tükenmeye sebep

olarak gösterilebilir (Toor ve Sevage, 2006; Joshi ve ark., 2011). Daha uzun kurutma süreleri askorbik asitin oksidasyonunu kolaylaştırdığından belirli kurutma prosedürleri diğer benzer tekniklere göre daha yüksek miktarlarda askorbik asit kaybına neden olmaktadır (Nindo ve ark., 2003).

Kayısların kurutulmasında koyulaşma oranını düşürmek için sıklıkla kullanılan sülfite ilavesi gibi bazı ön işlemlerin askorbik asit kaybına neden olabileceği belirtilmektedir (García-Martínez ve ark., 2013). Lezzet ve dokuda istenmeyen değişikliklere neden olan enzim ve mikrobiyal aktiviteyi yavaşlatmak veya durdurmak için ön işlem olarak kullanılan ağartma işlemi, ürünlerin vitamin içeriği ve renginin korunmasına yardımcı olmaktadır (Korus, 2011). Sodyum metabisülfite çözeltisi ile ağartma uygulanan ve vakumlu bir fırında dehidre edilen bamyada örnekleri, havada kurutulmuş bamyada örneklerinden daha yüksek miktarda askorbik asit tutmuştur (Inyang, 1998).

Kuşkonmazda askorbik asidin tutulması için tepsili kurutma, püskürtmeli kurutma, birleşik ağızlı yatak ve mikrodalga kurutma, kırılma pencere (RW) kurutma ve dondurarak kurutma (FD) gibi kurutma teknolojilerinin uygulanmış ve askorbik asidin korunmasının RW ve FD ile daha yüksek olduğu

belirtilmiştir. Isıtılmış hava kullanımını içeren yöntemler arasında mikrodalga püskürtmeli yatak kurutma, kuşkonmazda toplam askorbik asidin en yüksek oranda korunduğu kurutma yöntemi olmuştur (Nindo ve ark., 2003).

3.3. Kurutma Sonrası: Karotenoidler

Karotenoidler bitki pigmentlerinden sorumlu olup, sağlığa olumlu etkileri ile bilinmektedir. Provitamin A aktivitesine sahip oldukları için sağlıklı beslenmede önemli rol oynamaktadırlar. Meyve ve sebzelerde bulunan α -karoten, β -karoten, β -kriptoksantin, lutein ve likopen başlıca karotenoidlerdir.

Genel olarak meyve ve sebzelerin toplam karotenoid içeriğinin kurutma sonrası azaldığını söylemek mümkündür. Kurutma sonrası karotenoidlerin bozunması ve miktarındaki azalış nedeni oksidasyona olan yüksek hassasiyet olarak belirlenmiştir. Özellikle meyve ve sebzelerin güneş ile kurutulmasında doğrudan maruz kalınan ısı ve ışık enzimleri aktive ederek oksidasyona neden olmaktadır. Ayrıca ısıl işlem uygulanarak yapılan kurutma teknikleri diğer tekniklere oranla daha yüksek bozunmalara neden olmaktadır (Türkyılmaz ve ark., 2014). Kurutma anında meyve ve sebzelerin içerisindeki karotenoid

konsantre hale gelir ve moleküllerdeki konjuge çift bağların oksidasyonu ve tahrip olması nedeniyle ısıya karşı savunmasız hale gelmektedir. Park (1987), yaptığı çalışmada mikrodalga ile kurutma yöntemi uyguladığı havuçlarda %63 oranında karotenoid kaybı olduğunu belirtmektedir. Mudahar ve ark. (1989) yaptığı çalışmada ise 12 dakikalık uygulanan ağartma işleminden sonra 150 °C’de 12.5 dakika kurutulan havuçların karotenoid kaybının %15,7 olduğunu belirtmişlerdir. Bazı kurutma yöntemlerinde ise bunun aksine kurutma sırasında azalan oksijen karotenoidlerin stabilitesini arttırmaktadır. Aynı zamanda kurutma işlemlerinden önce uygulanan ağartma işlemi de kurutmada β -karoten ve likopenin stabilitesini arttırmaktadır (Liu ve ark., 2016).

3.3.1. α -karoten

α -karotenin, antioksidan potansiyeli, antikanserojen özellikleri ve ölüme neden olabilecek bazı hastalık semptomlarını iyileştirici etkileri olduğu tespit edilmiştir (Kemp ve ark., 2013).

Sıcak hava ile 60-70 °C’ de kurutulmuş havuç, kaju, kırmızı guava; dondurularak kurutulmuş kaju, kırmızı guava, havuç, erik ve kırmızı dolmalık biber; mikrodalga ile kurutulmuş

havuç, güneşte kurutulmuş hünnap, taze ürünlere kıyasla içeriğindeki α -karoten miktarının düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca 48 saat uygulanan dondurarak kurutma ile kurutulmuş kayısı, kiraz ve nektarinin α -karoten içeriğinde herhangi bir değişiklik olmamış, aksine şeftalinin α -karoten içeriği dondurularak kurutulduktan sonra %33 arttığı tespit edilmiştir (Leong ve Oey, 2012). Benzer şekilde 70 °C’de 8 saat fırında kurutulup -50 °C’de 48 saat dondurularak kurutulan hünnapın, α -karoten içeriğinde %82-88 oranında artış olduğu belirtilmektedir (Gao ve ark., 2012).

3.3.2. β -karoten

Meyve ve sebzelerdeki β -karoten, A vitamini aktivitesine sahiptir ve bu değer yaklaşık %80’nini karşılamaktadır (Desobry ve ark., 1997). β -karoten yüksek antioksidan potansiyeli ve oksidasyon reaksiyonlarının bir sonucu olarak ortaya çıkan peroksil radikallerini temizlemesi sebebiyle ilgi görmektedir (Hiranvarachat ve ark., 2008).

3.3.3. β -kriptoksantin

β -kriptoksantin kanserin önlenmesinde ve tedavisinde önemli bir rol oynamaktadır. Kurutmanın β -kriptoksantin üzerindeki

etkisini araştıran çalışmalar kurutmanın meyve ve sebzelerin β -kriptoksantin içeriğini azalttığını ortaya koymaktadır (Rodríguez-Amaya ve Kimura, 2004).

Bu dūřūřün aksine 48 saat dondurularak kurutulmuř kayısı, kiraz ve nektarinin β -kriptoksantin içeriđinde önemli bir deđiřiklik gözlenmezken řeftalinin β -kriptoksantin içeriđinde %33 artıř tespit edilmiřtir (Leong ve Oey, 2012).

3.3.4. Lutein

Karotenoidler arasında luteinin, retinayı UV işınlarından ve buna bağlı olan hasardan koruyan bir bileşen olduğu bilinmektedir (Mamatha ve ark., 2007). Luteinin meyve ve sebzelerin kurutulmasından sonra bozulmaya uğradığı bildirilmektedir. Sıcak hava ile kurutulmuş kaju, kırmızı guava, soğan ve kırmızı dolmalık biber; dondurularak kurutulmuş kayısı, havuç, nektarin, erik, biber ve kaju; gūneřte kurutulmuş incir taze emsallerindeki lutein içeriğine oranla %5-77 oranında dūřūř göstermektedir. Buna karşılık 48 saat dondurularak kurutulan kirazın lutein oranında bir değişim gözlenmezken, 45 °C'de 6-8 saat hava ile kurutulan brokolinin lutein oranında %84, dondurularak -54 °C'de kurutulmuş şeftali ve kırmızı

guavanın lutein oranında sırası ile %33 ve %65 artış görülmektedir (Leong ve Oey, 2012; Mamatha ve ark., 2007; Dalla Nora ve ark., 2014).

3.3.5. Likopen

Tüm karotenoidler arasında likopen en bol bulunan biyoaktif bileşendir. Yüksek sıcaklık, ışık ve oksijen gibi işleme koşulları likopen üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Isıl işlem domates dokusunu parçalar, maruz kalınan oksijen ve ışık likopenin yok olmasına neden olmaktadır. Meyve ve sebzelerdeki likopenin bozunması hem ürün rengini hem de besin değerlerini olumsuz etkilemektedir (Demiray and Tülek, 2010).

Yapılan araştırmalar sıcak hava ile 50-80 °C’de kurutulmuş papaya ve domatesin; dondurularak kurutulmuş kayısı, havuç, vişne, nektarin, erik, kırmızı biber ve domatesin taze emsallerine kıyasla %11-85 daha az likopen içerdiği görülmektedir. Beraberinde 48 saatlik dondurularak kurutulmuş şeftalinin ise likopen oranında %50 artış görülmektedir (Leong ve Oey, 2012). Benzer şekilde 70 °C’de 24 saat sıcak hava ile kurutulup -54 °C’de dondurularak kurutulmuş domatesin likopen içeriğinde

10 kata kadar bir artış görülmektedir (Jorge ve ark., 2014). Yapılan başka bir araştırmada ozmotik vakumlu kurutma ile kurutulmuş domatesin likopen miktarının, vakumlu kurutmaya göre daha fazla olduğu belirtilmiştir (Shi ve ark., 2004). Püskürtmeli kurutma yöntemi uygulanan domates hamurunun likopen stabilitesini araştıran bir çalışmada, koşullara bağlı olarak % 8.1-20.9 oranında değişmekte ve kaybın boyutunun sadece giriş ve çıkış hava sıcaklıklarından değil, aynı zamanda besleme hızı, başlangıçtaki katı madde konsantrasyonu, kurutma ve basınçlı hava akış hızından da etkilendiği belirtilmektedir (Goula ve Adamopoulos, 2005).

3.4. Kurutma Sonrası: Flavonoidler

Meyve ve sebzelerdeki flavanoidler diğer gruplar gibi kurutma işlemlerinden etkilenmektedirler. 60 °C’de 24 saat fırın yöntemi ile kurutulmuş ham papayanın toplam flavonoid içeriği artmaktayken, aynı işlemin uygulandığı olgun papayada flavonoid içeriği azalmaktadır. Ham papayanın olgun papayaya göre artan flavonoid içeriğine zıt olarak -50 °C’de 24 saat dondurularak kurutulan olgun papayalarda flavonoid içeriği yaklaşık 2 kat artarken aynı işlemin uygulandığı ham

papayalarda flavonoid içeriği azalmaktadır (Annegowda ve ark., 2014).

İncirlerdeki toplam flavonoidlerin 31-34 °C'de 8 gün süre ile güneşte kurutulduktan sonra içerik olarak değişiklik gösterdiği belirtilmektedir (Kamiloglu ve Çapanoglu, 2015). Kurutma sırasında yüksek sıcaklığın kullanılması diğer kurutma yöntemlerine göre daha çok flavonoid kaybına neden olabilmektedir. Kurutma sonucunda toplam flavonoid miktarındaki artış hücre duvarlarının parçalanması ve numunelerdeki bileşiklerin daha yüksek ekstrakte edilebilirliği ile açıklanmaktadır (Kamiloglu ve Çapanoglu, 2015).

3.4.1. Flavonoller

Meyve sebzelerdeki flavonoid grupları arasında flavonoller esas olarak kampferol ve kuarsetin glikozitlerinden oluşmaktadır. Dondurularak kurutulmuş lahana; sıcak hava, dondurularak ve mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ahududu kampferol ve kuarsetin içeriklerinin taze emsallerine kıyasla % 2-92 kadarını kaybetmiştir. Buna karşılık fırın ve güneş ile kurutma yöntemleri uygulanmış kurutulmuş incirlerde kampferol-3-O-glukozit miktarı taze emsallerine oranla 2-24 kat

artarken; konvektif ve mikrodalga ile kurutulmuş vişnede de kampferol-3-O-rutinosid miktarı %2-37 oranında arttığı tespit edilmiştir (Sidor ve ark., 2021).

Elmada bulunan kuarsetin-3-O-galaktozid; sıcak hava, fırın ve vakumla kurutumadan sonra %20-43 oranında azalmaktadır. Kuarsetin-3-O-glukosid fırında ve güneşte kurutulmuş incirler; sıcak hava ve mikrodalgada kurutulmuş vişne taze emsallerine oranla sırasıyla 0.17-12 kat artış göstermektedir (Lavelli ve Corti, 2011). Dondurularak kurutulmuş hünnap meyvesinin rutinosid içeriğinde %11-90 oranlarında azalma rapor edilmiştir (Gao ve ark., 2012). Tüm bu azalmaların aksine 62-64 °C'de 24 saat sıcak hava ile kurutma yöntemi uygulanmış incirler ve 31-34 °C'de 8 gün güneşte kurutulmuş incirlerde rutinosid içeriğinin %16 arttığı rapor edilmiştir (Slatnar ve ark., 2011). Kuru soğana uygulanan -70 °C'de 28 saat dondurularak kurutma işlemi sonucunda ise %32-46 oranında kuarsetin ve toplam flavonol içeriğindeki artış tespit edilmiştir (Pérez-Gregorio ve ark., 2011).

3.4.2. Flavonlar

Meyve ve sebzelerdeki başlıca flavonlar apigenin ve luteolin biyoaktif bileşenleridir. 30-35 °C’de 8-14 gün süre ile güneşte kurutulan dolmalık biber ve incirlerde apigenin bileşeninin %16-33 oranında azaldığı görülmektedir. Taze incirlerde luteolin-8-C-glukozit bileşeni görülmezken kurutulmuş incirlerde fırın kurutma ve güneşte kurutma yöntemi bu bileşiğin oluşmasına neden gösterilmektedir (Slatnar ve ark., 2011).

3.4.3. Flavanonlar

Flavanonlar grubuna ait başlıca aglikonlardan biri naringeninidir. Ahududuya uygulanan sıcak hava, dondurarak kurutma ve mikrodalga ile kurutma yöntemi naringenin miktarında hem artış hem de azalmalara neden olmuştur (Mejia-Meza ve ark., 2010).

3.4.4. Flavanoller (Kateşinler)

Kateşin ve epikateşin meyve ve sebzelerde bulunan başlıca flavanollerdir (Williamson ve Manach, 2005). 70 °C’de 10 saat süre ile fırında kurutma ve 20-50 °C’de 24 saat süre ile vakumla kurutma uygulanan elmalarda epigallokateşin içeriğinde %18-

50 oranında azalama görülürken; 47 °C’de 7 saat hava ile kurutma uygulanan elmalarda epigallokateşin miktarında %50 ve daha fazla artış görülmektedir (Joshi ve ark., 2011).

3.4.5. Antosiyanidinler

Antosiyanidinlerden en yaygın olarak bilinen ve meyvelere renk verenler siyanidin, delfinidin, malvidin, pelargonidin ve peonidindir (Espín et al., 2000). 70-90 °C’de sıcak hava ile kurutulan ve -54 °C’de dondurularak kurutulan erik, kaju ve kırmızı guavada %51-100 oranında siyanidin kaybına rastlanmıştır. Ayrıca 47 °C’de 7 saat sıcak hava ile kurutma ve 20-50 °C’de 24 saat vakumla kurutma elmalardaki siyanidin-3-O-galaktozid içeriğinde %45-66 oranında azalmalara sebep olmuştur (Joshi ve ark., 2011).

Üzümlerdeki delfinidin içeriği hava ile kurutma yönteminde azalırken dondurularak kurutma yönteminde %83’lük artış göstermektedir (Dalla Nora ve ark., 2014). Yapılan bir araştırmada antosiyaninleri korumak için, dondurulmuş çileklere şeker ilavesinin yapılması antosiyaninler üzerinde olumlu etkiler sağlamakta ve ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır (Wrolstad ve ark., 1990).

3.5. Kurutma Sonrası: Fenolik Asitler

Fenolik asitler; antioksidan, antibakteriyel, antiviral, antikarsinojenik, antiinflamatuvar ve vazodilatör etki gösterdiklerinden ilgi gören biyoaktif bileşenlerdendir. Fenolik asitler, hidroksisinnamik asitler ve hidroksibenzoik asitler olarak gruplandırılmaktadır. Meyve ve sebzelerdeki hidroksisinnamik asitler aromatik bileşiklerdir ve en yaygın olanları kafeik, klorojenik, sinamik, *p*-kumarik, ferulik ve sinapik asitlerdir (Kolaç ve ark., 2017).

Hava ve dondurarak kurutma sonucunda lahananın kafeik asit içeriğinde %28-73 oranında azalma görülürken, 90 °C'de hava ile kurutulan eriklerin kafeik asit içeriği %11-19 oranında artmaktadır (Miletić ve ark., 2013). Aynı zamanda sıcak hava ile kurutulmuş elma ve domates; konvektif, dondurularak ve mikrodalga ile kurutulmuş vişne klorojenik asit içeriği bakımından taze emsallerine kıyasla %87 oranında azalmaktadır. Bu durumun aksine fırında ve güneşte kurutulan incirlerde de klorojenik asit içeriğinin 3-11 kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Slatnar ve ark., 2011). Dondurularak kurutulmuş ve güneşte kurutulmuş hünnapların tarçın asidi içeriği %15-69 oranında azalırken, 40-80 °C'de sıcak havayla

kurutulmuş murta berry ve 4 dakika boyunca 700W mikrodalga ile kurutulmuş hünnapın %8-35 oranında daha fazla sinamik asit içerdiği belirlenmiştir (Gao ve ark., 2012; Rodríguez ve ark., 2014). Ayrıca sıcak hava ve dondurularak kurutulmuş lahana ve hünnapın *p*-kumarik ve ferulik asit içerikleri %33-100 oranında azalırken, güneşte kurutulan hünnapın *p*-kumarik asit ve ferulik asit içeriği 1.4 kat yükselmektedir (Gao ve ark., 2012).

Meyve ve sebzelerdeki başlıca hidroksibenzoik asitler; elajik, gallik, *p*-hidroksibenzoik, protokatekuik ve vanilik asittir. 40-80 °C'de 5-24 saat boyunca sıcak hava ile kurutulan murta berry meyvesinin gallik asit içeriğinde %49-63 oranında azalma görülürken, 90 °C'de 5-24 saat boyunca sıcak hava ile kurutulan eriklerde ise kurutmanın ardından gallik asit içeriği 3-3,5 kat artmaktadır (Miletić ve ark., 2013). Meyvelerdeki *p*-hidroksibenzoik asit içeriği fırında kurutma, dondurarak kurutma ve mikrodalga ile kurutma sonrası düşerken, güneşte kurutulan hünnapın *p*-hidroksibenzoik asit içeriğinde 2,6 kat artış görülmektedir (Gao ve ark., 2012). Sıcak hava ile kurutulan murta berry ve eriğin protokatekuik asit içeriği %28-88 oranında, güneşte ve dondurularak kurutulan hünnapların protokatekuik asit içeriği de %89-98 oranında azalmaktadır. Bu

işlemlerin aksine, 4 dakika süre ile 700 W'da mikrodalga ile kurutulan hünnapın protokatekuik asit içeriğinde %37 artış gözlenmektedir. Fırın ve dondurularak kurutma işlemi uygulanan hünnaplarda kurutma sonrası vanilik asit içeriği %46-92 oranında azalırken, güneşte kurutma sonrası hünnaplarda vanilik asit 1.5 kat artmaktadır (Gao ve ark., 2012).

SONUÇ

Son yıllarda, gıda anlayışı, beslenme tarzı ve besin teknolojilerinin hızlı geliştiği ve değiştiği bir dönem yaşanmaktadır. Fonksiyonel gıdalar, hiper besleyiciler, antioksidanlar, biyoaktif bileşenler (fitokimyasallar), nutrosötikler, prebiyotikler gibi yaklaşımlar gıda konusundaki klasik yaklaşımları değiştirmiştir. Biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine faydalarını yakından tanımak, besinlerin fonksiyonelleştirilerek ilaç gibi kullanımını sağlamak, biyoaktif bileşenlerden yararlanmak bilimsel çalışmaların hedefi olmuştur.

Biyoaktif bileşen içeren meyve ve sebzelerin terapötik amaçla kullanımı çok eski tarihlere uzansa da bilimsel çalışmalar yenidir. Biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine olumlu etkilerinin anlaşılması, biyoaktif bileşenlerce zengin meyve ve sebzelere bakış açısını değiştirmiş, bu bileşiklere ilgiyi arttırmış ve bu yüzden bu bileşiklerin etki profilleri ile öncelikli araştırma alanları arasına girmiştir.

Günümüzde taze meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşenlerin besin içerikleri ve çeşitlilikleri, miktarları ve kompozisyonları bitkilerin türlerine, tarımsal uygulama ve

teknolojilerine, hasat dönemine, gübrelere, sulama rejimine ve bitkinin yetiştiği coğrafi bölge gibi birçok faktöre göre farklılık göstermektedir. Ayrıca meyve ve sebzelerde bulunan biyoaktif bileşenlerin vücuda ne miktarda alındığı biyoyararlılık veya bioerişebilirlik kavramlarının önemini vurgulamaktadır.

Bu derleme kurutma teknolojilerinin meyve ve sebzelerin biyoaktif bileşenler üzerindeki etkilerinin açıklandığı son literatür çalışmalarından gözlemlenen sonuçları sunmaktadır. Çoğu durumda oksidasyon ve termal bozunma kaynaklı antioksidan seviyelerinde düşüşler meydana gelirken bazı durumlarda ise olağanüstü artışlar görülmektedir. Bu hammadde olarak kullanılan meyve ve sebzelerin çeşitliliği, olgunluğundaki farklılıklara, tarımsal işlemlere, zaman, sıcaklık, oksijen varlığı, ışık gibi bilinmeyen dış etkenlere ve doku, kabuk kalınlığı gibi fiziksel özelliklere bağlanmaktadır. Genel olarak literatürdeki bulgular, biyoaktif bileşenlerin korunmasında dondurarak kurutuma yönteminin diğer kurutma yöntemlerine göre üstün olduğunu göstermektedir. Diğer kurutma yöntemlerinde uygulanan yüksek sıcaklıkların olumsuz etkilerine ek olarak daha az hücre hasarına neden olmaktadır. Ayrıca yeşil teknolojiler olarak adlandırılan ultrason, infrared

kurutma gibi geleneksel olmayan kurutma yöntemleri ve bunların diğer kurutma yöntemleriyle kombinasyonları biyoaktif bileşiklerin korunmasında en etkili yöntem olacaktır (Yıldız ve İzli, 2018; Yıldız ve İzli, 2020). Kurutma öncesinde uygulanan ön işlemler de biyoaktif bileşiklerin korunmasında önemli bir faktördür.

KAYNAKÇA

- Al-Babili, S., & Bouwmeester, H. J. (2015). Strigolactones, a novel carotenoid-derived plant hormone. *Annual Review of Plant Biology*, **66**, 161-186.
- Annegowda, H. V., Bhat, R., Yeong, K. J., Liong, M. T., Karim, A. A., & Mansor, S. M. (2014). Influence of drying treatments on polyphenolic contents and antioxidant properties of raw and ripe papaya (*Carica papaya* L.). *International Journal of Food Properties*, **17**(2), 283-292.
- Anonim (2021). <https://www.cyfoodgroup.com/urunler/kurutulmus-veya-ogutulmus-meyve-ve-sebzeler>. (Erişim tarihi: Ekim, 2021).
- Arruda, H. S., Silva, E. K., Pereira, G. A., Angolini, C. F. F., Eberlin, M. N., Meireles, M. A. A., & Pastore, G. M. (2019). Effects of high-intensity ultrasound process parameters on the phenolic compounds recovery from araticum peel. *Ultrasonics Sonochemistry*, **50**, 82-95.

- Arruda, H. S., Neri-Numa, I. A., Kido, L. A., Júnior, M. R. M., & Pastore, G. M. (2020). Recent advances and possibilities for the use of plant phenolic compounds to manage ageing-related diseases. *Journal of Functional Foods*, **75**, 104203.
- Asami, D. K., Hong, Y. J., Barrett, D. M., & Mitchell, A. E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**(5), 1237-1241.
- Aslankoc, R., Gumral, N., Saygin, M., Senol, N., Asci, H., Cankara, F. N., & Comlekci, S. (2018). The impact of electric fields on testis physiopathology, sperm parameters and DNA integrity—The role of resveratrol. *Andrologia*, **50**(4), e12971.
- Babbar, N., Oberoi, H. S., & Sandhu, S. K. (2015). Therapeutic and nutraceutical potential of bioactive compounds extracted from fruit residues. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **55**(3), 319-337.

- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, **99**(1), 191-203.
- Britton, G., & Khachik, F. (2009). Carotenoids in food. In *Carotenoids* (pp. 45-66). Birkhäuser Basel.
- Butz, P., García, A. F., Lindauer, R., Dieterich, S., Bognar, A., & Tauscher, B. (2003). Influence of ultra high pressure processing on fruit and vegetable products. *Journal of Food Engineering*, **56**(2-3), 233-236.
- Cano, M. P., Hernandez, A., & De Ancos, B. (1997). High pressure and temperature effects on enzyme inactivation in strawberry and orange products. *Journal of Food Science*, **62**(1), 85-88.
- Carughi, A. (2009). Raisins as a source of prebiotic compounds in the diet. *The FASEB Journal*, **23**, 716-9.
- Cherng, H. Y. S., Calarco, J. M., & Kao, G. (2013). Along for the ride: Best friends' resources and adolescents' college

completion. *American Educational Research Journal*, **50**(1), 76-106.

Chu, H. L., Wang, B. S., & Duh, P. D. (2009). Effects of selected organo-sulfur compounds on melanin formation. *Journal Of Agricultural and Food Chemistry*, **57**(15), 7072-7077.

Clifford, M. N. (2000). Anthocyanins—nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **80**(7), 1063-1072.

Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, **15**(10), 7313-7352.

Dayısoylu, K. S., & Sakallı, F. B. T. (2020). Commonly Consumed Functional Foods and Food Ingredients. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*, **4**(2), 155-160.

Demiray, E., & Tülek, Y. (2010). Donmuş muhafaza sırasında meyve ve sebzelerde oluşan kalite değişimleri. *Akademik Gıda*, **8**(2), 36-44.

- Desobry, S. A., Netto, F. M., & Labuza, T. P. (1997). Comparison of spray-drying, drum-drying and freeze-drying for β -carotene encapsulation and preservation. *Journal of Food Science*, *62*(6), 1158-1162.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(10), 3010-3014.
- Donovan, J. L., Meyer, A. S., & Waterhouse, A. L. (1998). Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice (*Prunus domestica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *46*(4), 1247-1252.
- Esfandiar, Z., Hosseini-Esfahani, F., Mirmiran, P., Yuzbashian, E., & Azizi, F. (2020). The association of dietary polyphenol intake with the risk of type 2 diabetes: Tehran lipid and glucose study. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, *13*, 1643.
- Espín, J. C., Soler-Rivas, C., Wichers, H. J., & García-Viguera, C. (2000). Anthocyanin-based natural colorants: a new

source of antiradical activity for foodstuff. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**(5), 1588 -1592.

European Food Safety Authority (EFSA) 2010. The EU Menu.

Fahey, J. W., Zalcmann, A. T., & Talalay, P. (2001). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, **56**(1), 5-51.

Fan-Chiang, H. J., & Wrolstad, R. E. (2005). Anthocyanin pigment composition of blackberries. *Journal of Food Science*, **70**(3), C198-C202.

FAO / WHO. Sağlık için Meyve ve Sebzeler: Ortak FAO / WHO Çalıştayı Raporu. FAO / WHO; Kobe, Japonya: 2004.

Fiedor, J., & Burda, K. (2014). Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. *Nutrients*, **6**(2), 466-488.

Figiel, A., & Michalska, A. (2017). Overall quality of fruits and vegetables products affected by the drying processes with

- the assistance of vacuum-microwaves. *International Journal of Molecular Sciences*, **18**(1), 71.
- Gao, Q. H., Wu, C. S., Wang, M., Xu, B. N., & Du, L. J. (2012). Effect of drying of jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.) on the contents of sugars, organic acids, α -tocopherol, β -carotene, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **60**(38), 9642-9648.
- García-Martínez, E., Igual, M., Martín-Esparza, M. E., & Martínez-Navarrete, N. (2013). Assessment of the bioactive compounds, color, and mechanical properties of apricots as affected by drying treatment. *Food and Bioprocess Technology*, **6**(11), 3247-3255.
- Giusti, M. M., Rodríguez-Saona, L. E., Griffin, D., & Wrolstad, R. E. (1999). Electrospray and tandem mass spectroscopy as tools for anthocyanin characterization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**(11), 4657-4664.
- Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2005). Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. *LWT-Food Science and Technology*, **38**(5), 479-487.

- Gümüştay, Ö. A., Borazan, A. A., Ercal, N., & Demirkol, O. (2015). Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food chemistry*, **173**, 156-162.
- Hashimoto, H., Uragami, C., & Cogdell, R. J. (2016). Carotenoids and photosynthesis. *Carotenoids in Nature*, 111-139.
- Hatcher, D. W., & Kruger, J. E. (1997). Simple phenolic acids in flours prepared from Canadian wheat: relationship to ash content, color, and polyphenol oxidase activity. *Cereal Chemistry*, **74**(3), 337-343.
- Hiranvarachat, B., Suvarnakuta, P., & Devahastin, S. (2008). Isomerisation kinetics and antioxidant activities of β -carotene in carrots undergoing different drying techniques and conditions. *Food Chemistry*, **107**(4), 1538-1546.
- Hu, C., Yuan, Y. V., & Kitts, D. D. (2007). Antioxidant activities of the flaxseed lignan secoisolariciresinol diglucoside, its aglycone secoisolariciresinol and the mammalian lignans enterodiol and enterolactone in vitro. *Food and Chemical Toxicology*, **45**(11), 2219-2227.

- Russell, R., Beard, J. L., Cousins, R. J., Dunn, J. T., Ferland, G., Hambidge, K. M., ... & Yates, A. A. (2001). Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. *A Report of the Panel on Micronutrients, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and of Interpretation and Uses of Dietary Reference Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes Food and Nutrition Board Institute of Medicine.*
- İzli, G., & Yildiz, G. (2021). Evaluation of high intensity ultrasound pre-treatment effects on the physical properties and bioactive compounds of convective dried quince samples. *International Journal of Fruit Science*, **21**(1), 645-656.
- İzli, G., Yildiz, G., & Berk, S. E. (2021). Quality retention in pumpkin powder dried by combined microwave-convective drying. *Journal of Food Science and Technology*, 1-12.

- Inyang, U. E., & Ike, C. I. (1998). Effect of blanching, dehydration method and temperature on the ascorbic acid, colour, sliminess and other constituents of okra fruit. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **49**(2), 125-130.
- Jackman, R. L., Yada, R. Y., & Tung, M. A. (1987). A review: separation and chemical properties of anthocyanins used for their qualitative and quantitative analysis. *Journal of Food Biochemistry*, **11**(4), 279-308.
- Jorge, A., Almeida, D. M., Canteri, M. H. G., Sequinel, T., Kubaski, E. T., & Tebcherani, S. M. (2014). Evaluation of the chemical composition and colour in long-life tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill) dehydrated by combined drying methods. *International Journal of Food Science & Technology*, **49**(9), 2001-2007.
- Joshi, A. P. K., Rupasinghe, H. P. V., & Khanizadeh, S. (2011). Impact of drying processes on bioactive phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of red-fleshed apple slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, **35**(4), 453-457.

- Jiménez-Monreal, A. M., García-Diz, L., Martínez-Tomé, M., Mariscal, M. M. M. A., & Murcia, M. A. (2009). Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *Journal of Food Science*, **74**(3), H97-H103.
- Ross, J. A., & Kasum, C. M. (2002). Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annual Review of Nutrition*, **22**(1), 19-34.
- Kamiloglu, S., & Capanoglu, E. (2015). Polyphenol content in figs (*Ficus carica* L.): Effect of sun-drying. *International Journal of Food Properties*, **18**(3), 521-535.
- Kemp, M., Dever, J., Thompson, A., Metzger, B., & Barnes, D. (2013). Evaluation of Pumpkins as a novel source for α -carotene, *FASEB J.* **27**:1079, 60.
- Kim, D. O., & Padilla-Zakour, O. I. (2004). Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: Cherry, plum, and raspberry. *Journal of Food Science*, **69**(9), S395-S400.
- Kim, Y., Hertzler, S. R., Byrne, H. K., & Mattern, C. O. (2008). Raisins are a low to moderate glycemic index food with a

correspondingly low insulin index. *Nutrition Research*, **28**(5), 304-308.

Kitts, D. D., Yuan, Y. V., Wijewickreme, A. N., & Thompson, L. U. (1999). Antioxidant activity of the flaxseed lignan secoisolariciresinol diglycoside and its mammalian lignan metabolites enterodiol and enterolactone. *Molecular and Cellular Biochemistry*, **202**(1), 91-100.

Kolaç, T., Gürbüz, P., & Yetiş, G. (2017). Doğal ürünlerin fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, **5**(1), 26-42.

Korus, A. (2011). Effect of preliminary processing, method of drying and storage temperature on the level of antioxidants in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) leaves. *LWT-Food Science and Technology*, **44**(8), 1711-1716.

Kovacı, T., & Dikmen, E. (2018). Kurutma sistemleri, enerji tüketimleri ve ürün kalitesine etkileri ve örnek sistem tasarımı. *Teknik Bilimler Dergisi*, **8**(2), 25-39.

- Krifi, B., & Metche, M. (2000). Degradation of anthocyanins from blood orange juices. *International Journal of Food Ccience & Technology*, **35**(3), 275-283.
- Krikorian, R., Kalt, W., McDonald, J. E., Shidler, M. D., Summer, S. S., & Stein, A. L. (2020). Cognitive performance in relation to urinary anthocyanins and their flavonoid-based products following blueberry supplementation in older adults at risk for dementia. *Journal of Functional Foods*, **64**, 103667.
- Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., ... & Etherton, T. D. (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*, **113**(9), 71-88.
- Kris-Etherton, P. M., Lefevre, M., Beecher, G. R., Gross, M. D., Keen, C. L., & Etherton, T. D. (2004). Bioactive compounds in nutrition and health-research methodologies for establishing biological function: the antioxidant and anti-inflammatory effects of flavonoids on atherosclerosis. *Annual Review of Nutrition*, **24**, 511-538.

- Lavelli, V., & Corti, S. (2011). Phloridzin and other phytochemicals in apple pomace: Stability evaluation upon dehydration and storage of dried product. *Food Chemistry*, **129**(4), 1578-1583.
- Lawson, L. D. (1998). Garlic: a review of its medicinal effects and indicated active compounds. *Blood*, **179**, 62.
- Leong, S. Y., & Oey, I. (2012). Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. *Food Chemistry*, **133**(4), 1577-1587.
- Liu, X., Wang, H., & Chen, Z. (2016). Effect of carotenoids on body colour of discus fish (*Symphysodon aequifasciatus axelrodi* Schultz, 1960). *Aquaculture Research*, **47**(4), 130
- Macheix, J.J., Fleuriot, A. and Billot, J. (1990) Fruit Phenolics. CRC Press, Boca Raton, 378 p.
- Mamatha, B. S., Namitha, K. K., Senthil, A., Smitha, J., & Ravishankar, G. A. (2007). Studies on use of Enteromorpha in snack food. *Food Chemistry*, **101**(4), 1707-1713.

- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **79**(5), 727-747.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C., & Lerici, C. R. (2000). Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science & Technology*, **11**(9-10), 340-346.
- Marques, L. G., Silveira, A. M., & Freire, J. T. (2006). Freeze-drying characteristics of tropical fruits. *Drying Technology*, **24**(4), 457-463.
- Mejia-Meza, E. I., Yanez, J. A., Remsberg, C. M., Takemoto, J. K., Davies, N. M., Rasco, B., & Clary, C. (2010). Effect of dehydration on raspberries: polyphenol and anthocyanin retention, antioxidant capacity, and antiadipogenic activity. *Journal of Food Science*, **75**(1), H5-H12.
- Melgar-Almanza, A., Horacio Guzmán-Maldonado, S., Nunez-Colin, C., Herrera-Hernández, M. G., & Medina-Ramos,

- G. (2015). Effect of drying on antioxidant capacity, physicochemical and functional characteristics of Mexican serviceberry fruit. *Journal of Berry Research*, **5**(2), 97-105.
- Miletić, N., Mitrović, O., Popović, B., Nedović, V., Zlatković, B., & Kandić, M. (2013). Polyphenolic Content and Antioxidant Capacity in Fruits of Plum (*Prunus domestica* L.) Cultivars “Valjevka” and “Mildora” as Influenced by Air Drying. *Journal of Food Quality*, **36**(4), 229-237.
- Mink, P. J., Scrafford, C. G., Barraj, L. M., Harnack, L., Hong, C. P., Nettleton, J. A., & Jacobs Jr, D. R. (2007). Flavonoid intake and cardiovascular disease mortality: a prospective study in postmenopausal women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **85**(3), 895-909.
- Mudahar, G. S., Toledo, R. T., Floros, J. D., & Jen, J. J. (1989). Optimization of carrot dehydration process using response surface methodology. *Journal of Food Science*, **54**(3), 714-719.

- Nayak, B., Liu, R. H., Berrios, J. D. J., Tang, J., & Derito, C. (2011). Bioactivity of antioxidants in extruded products prepared from purple potato and dry pea flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**(15), 8233-8243.
- Nicoli, M. C., Anese, M., & Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, **10**(3), 94-100.
- Niki, E. (2011). Antioxidant capacity: which capacity and how to assess it?. *Journal of Berry Research*, **1**(4), 169-176.
- Nindo, C., Sun, T., Wang, S. W., Tang, J., & Powers, J. R. (2003). Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis*, L.). *LWT-Food Science and Technology*, **36**(5), 507-516.
- Dalla Nora, C., Müller, C. D. R., de Bona, G. S., de Oliveira Rios, A., Hertz, P. F., Jablonski, A., ... & Flôres, S. H. (2014). Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleianum* Sabine)

and guabiju (*Myrcianthes pungens*). *Journal of Food Composition and Analysis*, **34**(1), 18-25.

Norn, S., Permin, H., Kruse, P. R., & Kruse, E. (2009). From willow bark to acetylsalicylic acid. *Dansk medicinhistorisk arbog*, **37**, 79-98.

Ochiai, R., Saitou, K., Suzukamo, C., Osaki, N., & Asada, T. (2019). Effect of chlorogenic acids on cognitive function in mild cognitive impairment: A randomized controlled crossover trial. *Journal of Alzheimer's Disease*, **72**(4), 1209-1216.

Olthof, M. R., Hollman, P. C., Zock, P. L., & Katan, M. B. (2001). Consumption of high doses of chlorogenic acid, present in coffee, or of black tea increases plasma total homocysteine concentrations in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **73**(3), 532-538.

Olthof, M. R., Hollman, P. C., & Katan, M. B. (2001). Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans. *The Journal of Nutrition*, **131**(1), 66-71.

- Orabi, K. Y., Abaza, M. S., El Sayed, K. A., Elnagar, A. Y., Al-Attayah, R., & Guleri, R. P. (2013). Selective growth inhibition of human malignant melanoma cells by syringic acid-derived proteasome inhibitors. *Cancer Cell International*, *13*(1), 1-16.
- Opalić, M., Domitran, Z., Komes, D., Belščak, A., Horžić, D., & Karlović, D. (2009). The effect of ultrasound pre-treatment and air-drying on the quality of dried apples. *Czech Journal of Food Sciences*, *27*(Special Issue 1), The-Effect.
- Özkan, M., Kırca, A. ve Cemeroğlu, B. (2007). Gıdalara uygulanan bazı özel analiz yöntemleri. *Gıda Analizleri*, Cemeroğlu, B. (ed.), s.129-186. Bizim Büro Basımevi, Ankara.
- Özkaynak Kanmaz, E. ve Ova, G. (2012). Keten Tohumunun Yapısındaki Fenolik Bileşikler. *Akademik Gıda*, *10*(4), 85-90.

- Park, Y. W. (1987). Effect of freezing, thawing, drying, and cooking on carotene retention in carrots, broccoli and spinach. *Journal of Food Science*, **52**(4), 1022-1025.
- Park, J. S., Woo, M. S., Kim, D. H., Hyun, J. W., Kim, W. K., Lee, J. C., & Kim, H. S. (2007). Anti-inflammatory mechanisms of isoflavone metabolites in lipopolysaccharide-stimulated microglial cells. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, **320**(3), 1237-1245.
- Pereira, G. A., Arruda, H. S., de Moraes, D. R., Araujo, N. M. P., & Pastore, G. M. (2020). Mutamba (Guazuma ulmifolia Lam.) fruit as a novel source of dietary fibre and phenolic compounds. *Food Chemistry*, **310**, 125857.
- Pérez-Gregorio, M. R., Regueiro, J., González-Barreiro, C., Rial-Otero, R., & Simal-Gándara, J. (2011). Changes in antioxidant flavonoids during freeze-drying of red onions and subsequent storage. *Food Control*, **22**(7), 1108-1113.
- Pietta, P. G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of natural products*, **63**(7), 1035-1042.

- Pokorný, J. (1991). Natural antioxidants for food use. *Trends in Food Science & Technology*, **2**, 223-227.
- Rodríguez, K., Ah-Hen, K., Vega-Gálvez, A., López, J., Quispe-Fuentes, I., Lemus-Mondaca, R., & Gálvez-Ranilla, L. (2014). Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during convective drying of murta (*Ugni molinae* T.) berries. *International Journal of Food Science & Technology*, **49**(4), 990-1000.
- Rodríguez -Amaya, D. B., & Kimura, M. (2004). Harvest Plus Handbook for Carotenoid Analysis; International Food Policy Research Institute (IFPRI): Washington, DC, USA. *International Center for Tropical Agriculture (CIAT): Cali, Colombia*.
- Sablani, S. S. (2006). Drying of fruits and vegetables: retention of nutritional/functional quality. *Drying Technology*, **24**(2), 123-135.
- Sablani, S. S., Andrews, P. K., Davies, N. M., Walters, T., Saez, H., & Bastarrachea, L. (2011). Effects of air and freeze

drying on phytochemical content of conventional and organic berries. *Drying Technology*, **29**(2), 205-216.

Sagar, V. R., & Kumar, P. S. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, **47**(1), 15-26.

Sanchez-Moreno, C., De Ancos, B., Plaza, L., Elez-Martinez, P., & Cano, M. P. (2009). Nutritional approaches and health-related properties of plant foods processed by high pressure and pulsed electric fields. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **49**(6), 552-576.

Sanders, T. H., McMichael, R. W., & Hendrix, K. W. (2000). Occurrence of resveratrol in edible peanuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**(4), 1243-1246.

Santos, P. H. S., & Silva, M. A. (2008). Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables—A review. *Drying Technology*, **26**(12), 1421-1437.

Sengupta, A., Ghosh, S., Das, R. K., Bhattacharjee, S., & Bhattacharya, S. (2006). Chemopreventive potential of

diallylsulfide, lycopene and theaflavin during chemically induced colon carcinogenesis in rat colon through modulation of cyclooxygenase-2 and inducible nitric oxide synthase pathways. *European Journal of Cancer Prevention*, **15**(4), 301-305.

Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of Functional Foods*, **18**, 820-897.

Shi, J., Kakuda, Y., & Yeung, D. (2004). Antioxidative properties of lycopene and other carotenoids from tomatoes: synergistic effects. *Biofactors*, **21**(1-4), 203-210.

Shofian, N. M., Hamid, A. A., Osman, A., Saari, N., Anwar, F., Pak Dek, M. S., & Hairuddin, M. R. (2011). Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, **12**(7), 4678-4692.

- Sidor, A., Drożdżyńska, A., Brzozowska, A., & Gramza-Michałowska, A. (2021). The Effect of Plant Additives on the Stability of Polyphenols in Dried Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Fruit. *Foods*, **10**(1), 44.
- Siegers, C. P., Röbbke, A., & Pentz, R. (1999). Effects of garlic preparations on superoxide production by phorbol ester activated granulocytes. *Phytomedicine*, **6**(1), 13-16.
- Slatnar, A., Klancar, U., Stampar, F., & Veberic, R. (2011). Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**(21), 11696-11702.
- Sowbhagya, H. B., Purnima, K. T., Florence, S. P., Rao, A. A., & Srinivas, P. (2009). Evaluation of enzyme-assisted extraction on quality of garlic volatile oil. *Food Chemistry*, **113**(4), 1234-1238.
- Spiller, G. A., Story, J. A., Furumoto, E. J., Chezem, J. C., & Spiller, M. (2003). Effect of tartaric acid and dietary fibre from sun-dried raisins on colonic function and on bile acid

- and volatile fatty acid excretion in healthy adults. *British Journal of Nutrition*, **90**(4), 803-807.
- Stervbo, U., Vang, O., & Bonnesen, C. (2007). A review of the content of the putative chemopreventive phytoalexin resveratrol in red wine. *Food Chemistry*, **101**(2), 449-457.
- Stintzing, F. C., Stintzing, A. S., Carle, R., Frei, B., & Wrolstad, R. E. (2002). Color and antioxidant properties of cyanidin-based anthocyanin pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**(21), 6172-6181.
- Tapiero, H., Townsend, D. M., & Tew, K. D. (2004). The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, **58**(2), 100-110.
- Tetik, N., Erbaş, M., & Turhan, İ. (2007). Fonksiyonel gıda bileşeni olarak fitosteroller. *Gıda*, **32**(6), 317-324.
- Tinker, L. F., Schneeman, B. O., Davis, P. A., Gallaher, D. D., & Waggoner, C. R. (1991). Consumption of prunes as a source of dietary fiber in men with mild hypercholesterolemia. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **53**(5), 1259-1265.

- Toor, R. K., & Savage, G. P. (2006). Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. *Food Chemistry*, **94**(1), 90-97.
- Tripathi, M. K., & Mishra, A. S. (2007). Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, **132**(1-2), 1-27.
- Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, **93**(4), 713-718.
- Türkyılmaz, M., Özkan, M., & Güzel, N. (2014). Loss of sulfur dioxide and changes in some chemical properties of Malatya apricots (*Prunus armeniaca* L.) during sulfuring and drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **94**(12), 2488-2496.
- Uguralp, S., Irsi, C., Aksoy, T., Karabulut, A. B., Kirimlioglu, H., & Mizrak, B. (2008). Resveratrol attenuates inflammation and stricture formation in experimental

- caustic esophageal burns. *Pediatric Surgery International*, **24**(4), 425-430.
- Uyar, B. B., & Sürücüoğlu, M. S. (2010). Besinlerdeki Biyolojik Aktif Bileşenler. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, **38**(1-2), 69-76.
- Vig, A. P., Rampal, G., Thind, T. S., & Arora, S. (2009). Bio-protective effects of glucosinolates—A review. *LWT-Food Science and Technology*, **42**(10), 1561-1572.
- Vinson, J. A., Zubik, L., Bose, P., Samman, N., & Proch, J. (2005). Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition*, **24**(1), 44-50.
- Vita, J. A. (2005). Polyphenols and cardiovascular disease: effects on endothelial and platelet function. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **81**(1), 292S-297S.
- Voutilainen, S., Nurmi, T., Mursu, J., & Rissanen, T. H. (2006). Carotenoids and cardiovascular health. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **83**(6), 1265-1271.

- Vuolo, M. M., & Lima, V. S. Maróstica Junior MR (2019) Chapter 2-phenolic compounds: structure, classification, and antioxidant power. *Bioactive compounds. Woodhead Publishing, Cambridge*, 33-50.
- Weidner, C., Krempf, M., Bard, J. M., Cazaubiel, M., & Bell, D. (2008). Cholesterol lowering effect of a soy drink enriched with plant sterols in a French population with moderate hypercholesterolemia. *Lipids in Health and Disease*, **7**(1), 1-8.
- Williamson, G., & Manach, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. II. Review of 93 intervention studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **81**(1), 243S-255S.
- Williamson, G., & Carughi, A. (2010). Polyphenol content and health benefits of raisins. *Nutrition Research*, **30**(8), 511-519.
- Wisnuwardani, R. W., De Henauw, S., Forsner, M., Gottrand, F., Huybrechts, I., Knaze, V., ... & Michels, N. (2020). Polyphenol intake and metabolic syndrome risk in

European adolescents: The HELENA study. *European Journal of Nutrition*, **59**(2), 801-812.

Wojdyło, A., Figiel, A., & Oszmianski, J. (2009). Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **57**(4), 1337-1343.

Wojdyło, A., Nowicka, P., & Teleszko, M. (2019). Degradation kinetics of anthocyanins in sour cherry cloudy juices at different storage temperature. *Processes*, **7**(6), 367.

Wrolstad, R. E., Skrede, G., Lea, P. E. R., & Enersen, G. (1990). Influence of sugar on anthocyanin pigment stability in frozen strawberries. *Journal of Food Science*, **55**(4), 1064-1065.

Xie, X., Tan, J., Wei, D., Lei, D., Yin, T., Huang, J., ... & Wang, G. (2013). In vitro and in vivo investigations on the effects of low-density lipoprotein concentration polarization and haemodynamics on atherosclerotic localization in rabbit

and zebrafish. *Journal of The Royal Society Interface*, **10**(82), 20121053.

Yıldız, G. (2018). Physicochemical properties of soy protein concentrate treated with ultrasound at various amplitudes. *Journal of the Institute of Science and Technology*, **8**(4), 133-139.

Yıldız, G., Gökçen, İ. Z. L. İ., Çavuş, M., & Ceylan, M. M. Ultrason Ön İşleminin Kurutulmuş İğdır Kayısısının Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, **11**(1), 303-313.

Yildiz, G., Rababah, T. M., & Feng, H. (2016). Ultrasound-assisted cutting of cheddar, mozzarella and Swiss cheeses—Effects on quality attributes during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **37**, 1-9.

Yildiz, G., Andrade, J., Engeseth, N. E., & Feng, H. (2017). Functionalizing soy protein nano-aggregates with pH-shifting and mano-thermo-sonication. *Journal of Colloid and Interface Science*, **505**, 836-846.

- Yildiz, G., Ding, J., Andrade, J., Engeseth, N. J., & Feng, H. (2018). Effect of plant protein-polysaccharide complexes produced by mano-thermo-sonication and pH-shifting on the structure and stability of oil-in-water emulsions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **47**, 317-325.
- Yildiz, G., ve Izli G. (2018). Non-thermal process: Ultrasound Technology. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. ISBN: 978-3-659-97350-5.
- Yildiz, G. (2019). Application of ultrasound and high-pressure homogenization against high temperature-short time in peach juice. *Journal of Food Process Engineering*, **42**(3), e12997.
- Yildiz, G., & Izli, G. (2019). The effect of ultrasound pretreatment on quality attributes of freeze-dried quince slices: Physical properties and bioactive compounds. *Journal of Food Process Engineering*, **42**(5), e13223.
- Yildiz, G., & Feng, H. (2019). Sonication of cherry juice: comparison of different sonication times on color,

antioxidant activity, total phenolic and ascorbic acid content. *Latin American Applied Research-An International journal*, **49**(4), 255-260.

Yildiz, G., Palma, S., & Feng, H. (2019). Ultrasonic Cutting as a New Method to Produce Fresh-Cut Red Delicious and Golden Delicious Apples. *Journal of Food Science*, **84**(12), 3391-3398.

Yildiz, G., & Aadil, R. M. (2020). Comparison of high temperature-short time and sonication on selected parameters of strawberry juice during room temperature storage. *Journal of Food Science and Technology*, **57**(4), 1462-1468.

Yildiz, G., İzli, G., & Aadil, R. M. (2020). Comparison of chemical, physical, and ultrasound treatments on the shelf life of fresh-cut quince fruit (*Cydonia oblonga* Mill.). *Journal of Food Processing and Preservation*, **44**(3), e14366.

Yıldız, G., ve İzli G. (2020). Microwave and Convective Drying Methods on Food Drying. Ankara, Turkey: Iksad

International Publishing House. ISBN: 978-605-7811-87-5.

Yildiz, G., & Aadil, R. M. (2021). Comparative analysis of antibrowning agents, hot water and high-intensity ultrasound treatments to maintain the quality of fresh-cut mangoes. *Journal of Food Science and Technology*, 1-10.

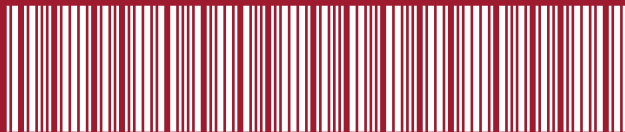
Yildiz, G. (2021). The Effect of High Intensity Ultrasound Pre-treatment on the Functional Properties of Microwave-dried Pears (*Pyrus communis*). *Latin American Applied Research Journal*, **51**(2),133-137.

Yu, D. U., Shrestha, B. L., & Baik, O. D. (2015). Thermal conductivity, specific heat, thermal diffusivity, and emissivity of stored canola seeds with their temperature and moisture content. *Journal of Food Engineering*, **165**, 156-165.

Yue, X., & Xu, Z. (2008). Changes of anthocyanins, anthocyanidins, and antioxidant activity in bilberry extract during dry heating. *Journal of Food Science*, **73**(6), C494-C499.

Zabetakis, I., Leclerc, D., & Kajda, P. (2000). The effect of high hydrostatic pressure on the strawberry anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**(7), 2749-2754.

Zhang, D., & Hamauzu, Y. (2004). Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, **88**(4), 503-509.



ISBN: 978-625-8007-58-9