

Gıda Hazırlama ve Pişirme İşlemlerinin Biyoaktif Bileşikler Üzerine Etkisi

Effect of Food Preparation and Cooking Processes on Bioactive Compounds

Muhammet Ali ÇAKIR¹ , Açıyla ÇETİNKAYA² , Fatma Eylül HIRCA³ , Aleyna DOĞAN⁴ 

ÖZET

Biyoaktif bileşikler, meyve, sebze, kuruyemiş, tohum ve baklagiller gibi bitkisel gıdalarda bulunan ve sağlığa olumlu etkileri olan doğal maddelerdir. Gıda işleme süreçlerinin biyoaktif bileşiklerin antioksidan kapasite, fenolik bileşik içeriği ve biyoerişilebilirlik gibi önemli biyolojik özelliklerini nasıl etkilediği araştırılmaktadır. Bu çalışmada gıda işleme tekniklerinin biyoaktif bileşikler üzerindeki etkisi detaylı olarak incelenmiş olup mevcut literatürdeki boşluklara katkı sağlanması amaçlanmıştır. Değerlendirmeye, 2004-2024 yılları arasında yayımlanan gıda hazırlama ve pişirme işlemlerinin biyoaktif bileşikler üzerine etkisiyle ilgili 39 çalışma dahil edilmiştir. Gıda işleme yöntemlerinin, biyoaktif bileşiklerin biyoyararlanımını ve biyoerişimini artırıcı ya da azaltıcı etkileri bulunmaktadır. Bu süreçler, gıdanın yapısal matrisini değiştirerek, bileşiklerin salınımını ve emilim hızını etkileyebilir. Pişirme yöntemlerinin biyoaktif bileşikler üzerindeki etkisi, bu bileşiklerin stabilitesini, antioksidan kapasitesini ve fenolik içeriğini önemli ölçüde değiştirebilir. Kaynatma, haşlama ve kavurma gibi pişirme yöntemleri, bazı fitokimyasalların ve antioksidanların kaybına neden olabilece de belirli koşullarda bileşiklerin daha fazla salınımını sağlayarak biyoerişimini arttırabilir. Sonuç olarak bu konuda yapılan çalışmalar gıda işleme tekniklerinin biyoaktif bileşikler ve antioksidan aktivite üzerindeki etkileri hakkında elde edilen veriler, daha sağlıklı gıdalar üretmek için bu tekniklerin optimize edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: biyoaktif bileşen, biyoyararlılık, biyoerişim, pişirme, gıda hazırlama

ABSTRACT

Bioactive compounds are natural substances found in plant foods such as fruits, vegetables, nuts, seeds and legumes that have positive effects on health. It investigates how food processing processes affect important biological properties of bioactive compounds such as antioxidant capacity, phenolic compound content and bioaccessibility. This study aimed to contribute to filling the gaps in the existing literature by examining the effects of food processing techniques on bioactive compounds in detail. The assessment included 39 studies on the impact of food preparation and cooking on bioactive compounds published between 2004 and 2024. Food processing methods have the effect of increasing or decreasing the bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds. These processes can affect the release and absorption rate of compounds by changing the structural matrix of the food. The effect of cooking methods on bioactive compounds can significantly alter the stability, antioxidant capacity and phenolic content of these compounds. Although cooking methods such as boiling, scalding and roasting may result in the loss of some phytochemicals and antioxidants, under certain conditions they may increase the bioavailability of compounds by releasing more of them. In conclusion, the data obtained from these studies on the effects of food processing techniques on bioactive compounds and antioxidant activity suggest that these techniques should be optimized to produce healthier foods.

Keywords: Bioactive compounds, bioavailability, bioaccess, cooking, food preparation

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kırklareli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Kırklareli, Türkiye.

E-posta adresi: m.ali.cakir@klu.edu.tr

^{2,3,4} Kırklareli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli, Türkiye.

E-posta adresi: , 1238305003@ogr.klu.edu.tr , 1238305002@ogr.klu.edu.tr , 1238305004@ogr.klu.edu.tr



GİRİŞ

Karotenoidler, izoflavonlar, flavonoidler, izosiyanatlar, fenolik asitler, fitoöstrojenler, polifenoller, glukosinolatlar, lignanlar, fitosteroller, organik sülfür bileşikler, çözünür diyet lifleri, bitki stanoller ve steroller, polioller, probiyotikler, prebiyotikler ve sinbiyotikler “biyoaktif bileşikler” olarak ifade edilmektedir.¹ Bu biyoaktif bileşikler canlı dokularına bir veya daha fazla bileşeniyle etkileşime girme yeteneğine sahiptirler.² Başta meyve ve sebzeler olmak üzere, kuruyemişler, tohumlar ve baklagillerin yüksek seviyelerde besin ve biyoaktif bileşikler içerdiği ve bu bileşiklerin sağlık üzerinde çeşitli yararlı etkiler sağlayarak kronik hastalıkların önlenmesine katkı sağladığı bilinmektedir.³ Ayrıca bu gıdaların kompleks bir gıda matrisi vardır. Matrisin içeriğinde makro ve mikro besinler, antioksidanlar ve diğer biyoaktif bileşikler yer alır. Tüketicinin taleplerini karşılamak, besin güvenliğini sağlamak, raf ömrünü uzatmak, lezzet ve biyoyararlanımı artırmak gibi amaçlarla gıdalara kurutma, ıslatma, mikrodalgada pişirme ve haşlama gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bitki bazlı gıdaların işlenmesi veya ısıl işlem uygulanması, antioksidan potansiyeli, biyoerişimi ve biyoyararlanımı farklı şekillerde etkileyebilir. Yapılan çalışmalarda bu etkilerin işleme yöntemlerine bağlı olarak artış, azalma veya çok az değişim şeklinde olabileceği bulunmuştur. Örneğin, haşlama ve kavurma gibi işleme yöntemleri, bitkilerin hücresel yapısını bozarak gıda matrisini değiştirebilir. Tohumlar, kuruyemişler, baklagiller, sebzeler

ve meyveler hem işlenmemiş halde tüketilebilir hem de raf ömrünü uzatmak ve duyuşal özelliklerini iyileştirmek amacıyla çeşitli işleme yöntemlerine tabi tutulabilir. Bu nedenle, biyoaktif bileşiklerin yapısı ve çözünürlüğü, işleme ve pişirme yöntemlerinin etkilerini değerlendirirken dikkate alınması gereken önemli faktörler arasında yer almalıdır.⁴ Ayrıca, besinlerin biyoerişilebilirlik ve biyoyararlanım kavramları arasında ayırım yapmak son derece önemlidir. Biyoerişilebilirlik, besinlerin gastrointestinal sistemde parçalanarak bağırsak epitel hücrelerinden emilmesi ve metabolik süreçlere katılmasını ifade eder. Biyoyararlanım ise emilen besinlerin hedef hücrelere veya dokulara ulaşarak biyoaktivite göstermesini ve bu sayede olumlu sağlık etkileri sunmasını ifade etmektedir.⁵ Bu kavramlar, besin işleme yöntemlerinin sağlık üzerindeki etkilerini değerlendirirken dikkate alınması gereken temel parametrelerdir. Biyoerişilebilirliği ölçmek için laboratuvar ortamında kullanılan in vitro gastrointestinal metodoloji, aktif bileşenlerin emilimini ve kullanımını değerlendirmede etkili bir yöntemdir. Isıl işlemler, gıdanın matris yapısını değiştirerek biyoaktif bileşiklerin salınımını, dönüşümünü ve emilimini etkileyebilir.⁶ Çalışmalar, meyve ve sebzelerdeki fitokimyasalların serbest radikallere karşı koruma sağlayabildiğini göstermektedir. Bu nedenle, doğal antioksidanlar üzerine daha fazla araştırma yapılmasına yönelik ilgi artmaktadır.⁷ Sonuç olarak, biyoaktif bileşiklerin yapısının ve çözünürlüğünün, uygulanan işleme yöntemlerine bağlı olarak değişiklik gösterebildiği ve bu değişimlerin besinlerin

biyoerişilebilirliği ile biyoyararlanımı üzerinde doğrudan etkili olduğu görülmektedir. Bu bilgiler ışığında, gıdaların işlenmesi sürecinde sağlık açısından daha faydalı fonksiyonel gıdalar üretmek mümkün olabilecektir.⁵

Biyoaktif Bileşiklere Uygulanan İşleme Yöntemleri

Gıda işleme tekniklerinin temel amacı, ham maddeleri insan veya hayvan tüketimine uygun nihai gıda ürünlerine dönüştürmektir. Bu işlemlerin hedefleri arasında patojenlerin ve diğer mikroorganizmaların yok edilmesi, ürünlerin raf ömrünün uzatılması, zor ulaşılabilen besin maddelerinin biyoyararlanımının artırılması ve gıdaların lezzet, doku veya aromalarının zenginleştirilmesi yer alır. Bunun yanı sıra, besin profillerinin iyileştirilmesi de işleme tekniklerinin önemli bir amacıdır.⁸ Hem evde hem de endüstriyel süreçlerde yapılan gıda işlemleri, fenolik bileşiklerin içeriği, antioksidan kapasitesi, biyoerişilebilirliği ve biyoyararlanımı üzerinde farklı etkiler gösterebilir. Birçok işleme yöntemi, fenolik bileşiklerin bozulmasına yol açabilirken bazı yöntemler bu bileşiklerin emilimini ve biyoyararlanımını artırabilir. İşlenmiş gıdalardaki polifenol içeriği ve biyoyararlanım, kullanılan işleme türüne, süresine ve gıdanın yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir.⁹ Antosiyaninler açısından işleme sürecinde önemli bir faktör de ortamın asitlik düzeyidir. Antosiyaninler, asidik ortamda kırmızı, bazik ortamda ise mavi renk alma eğilimindedir; bu da onları etkili bir pH göstergesi haline getirir. Ancak artan pH değerleri antosiyanin

stabilitesini azaltır.¹⁰ Buna rağmen, fermente ürünlerin genellikle işlenmemiş ürünlere kıyasla daha düşük antosiyanin içeriğine sahip olduğu saptanmıştır.¹¹ Gıda işleme sırasında antioksidanlar ve fitokimyasallarda meydana gelen değişiklikler, işleme yöntemi ve süresine bağlı olarak besinlerin antioksidan kapasitesini etkileyebilir.⁴ Bu nedenle, gıda işleme ve pişirme yöntemleri, gıdaların besleyici ve duyuşal özelliklerini koruma ve iyileştirme yolları olarak önemli bir rol oynar. Örneğin ısılatma, durulama, fermantasyon, pişirme, yüksek basınçlı pişirme ve mikrodalga pişirme tahıllar için yaygın kullanılan evde pişirme yöntemleridir.¹² Bir diğer örnekte ise baklagillerin pişirilmesinin bu gıdaların fenolik bileşikler ve antioksidan aktivitelerinin biyoyararlanımını artırdığı belirtilmiştir.¹³ Pişirme yöntemlerinin sarı ve kırmızı kabuklu soğanlar üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada, özellikle fırınlama ve ızgaranın her iki soğan çeşidinde de en yüksek fenolik bileşik içeriğini sağladığı tespit edilmiştir.¹⁴

Pişirme Yöntemleri

Kaynatma, haşlama ve pastörizasyon gibi ısı işleme yöntemleri, ısıya duyarlı bazı fitokimyasalların ve antioksidanların kaybolmasına neden olabilir. Ancak bu işlemler, gıdalardaki fenolik içeriği olumsuz etkileyen enzimleri de etkisiz hale getirerek faydalı olabilir. Özellikle haşlama işlemi, hücre duvarlarını açarak bileşiklerin salınmasını sağlar ve glikosidazlar, polifenol oksidazlar ve peroksidazlar gibi enzimleri inhibe ederek bazı fitokimyasalların miktarını artırabilir.⁹ Haşlama ve kavurma bitkilerde yaygın olarak kullanılan

iki pişirme yöntemidir. Kavurma işlemi genellikle fındık, tohum, fasulye ve sebzelerde kullanılır ve fırınlama veya kısık ateşte ısı uygulamasıyla gerçekleştirilir.¹⁵ Kaynatma ise bitki hücre dokularını yumuşatarak gıdaların lezzetini artırmak için tercih edilir. Ancak kaynatma suda çözünebilen bileşiklerin kaybına yol açabilir. Çeşitli araştırmalar, yeşil yapraklı sebzeler, karnabahar ve havuç gibi sebzelerin kaynatılmasının fitokimyasal kayıplara neden olduğunu göstermektedir.¹⁶ Buna karşın Chukwumah ve arkadaşlarının çalışmasında yer fıstığının kaynatma işleminden sonra polifenol içeriğinin arttığı rapor edilmiştir.¹⁷ Pişirme işleminin hücre yapısını bozarak polifenollerin salınımını artırdığı ve böylece fenolik bileşiklerin ve antioksidan aktivitelerinin yükseldiği başka çalışmalarla da desteklenmiştir.¹³

Kaynatma yerine buharda pişirme, gıdaların suyla temasını azaltarak suda çözünebilen bileşiklerin kaybını en aza indirir. Saikia ve Mahanta tarafından yapılan bir çalışmada, pancar, domates, lahanada ve karnabahar gibi sebzelerin toplam fenolik içerikleri üzerinde buharda pişirme, mikrodalgada pişirme ve kaynatma yöntemleri karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre buharda pişirme, bu sebzelerin fenolik içeriğini çiğ halleriyle kıyaslandığında önemli ölçüde artırmıştır. Özellikle pancarda %96, lahanada %97 oranında artış gözlenmiştir.¹⁸

Koyu mor patlıcan üzerinde yapılan bir çalışmada, kaynatma, kızartma, ızgara ve pişirme işlemlerinin patlıcanın fenolik içeriği üzerine etkileri karşılaştırılmıştır. Kızartma, çiğ

patlıcana göre fenolik içeriği artırırken, kaynatma (%27), ızgara (%51) ve pişirme (%60) işlemleri bu içeriği azaltmıştır. İn vitro sindirim sonrası ise pişirme yöntemine bağlı olarak fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliği farklı oranlarda bulunmuştur.¹⁹

Geleneksel pişirme yöntemleri (haşlama, kızartma, fırınlama) ve mikrodalgada pişirme, sebzelerde lutein hariç fenolik bileşikler, antioksidan aktivite ve karotenoidlerde kayba yol açabilir. dos Reis ve arkadaşlarının çalışmasında, taze ve pişirilmiş brokoli ile karnabaharın karotenoid profili incelenmiştir. Sonuçlara göre, taze sebzeler pişmiş olanlara göre daha düşük α -karoten, β -karoten ve toplam karotenoid içeriğine sahiptir. Kaynatma, brokolide kriptoksantin konsantrasyonunu %26 oranında artırırken, sous vide yöntemi zeaksantin konsantrasyonunda %90 artış sağlamıştır. Ayrıca kaynatma, lutein içeriğinde %130 artışla en etkili yöntem olmuştur, bunu mikrodalgada pişirme ve sous vide takip etmiştir.²⁰

Martínez-Hernández ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, çeşitli pişirme yöntemlerini brokoli üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Tüm pişirme işlemleri karşılaştırıldığında düşük basınçlı buharda ve mikrodalgada pişirmenin lutein içeriğini başlangıça göre 7,5 kat artırdığı saptanmıştır.²¹ Zhang ve Hamauzu tarafından yapılan bir çalışmada ise pişirme sürelerinin karotenoid içeriği üzerine etkileri araştırılmış ve daha uzun pişirme sürelerinin genellikle olumsuz sonuçlar doğurduğu bulunmuştur.²²

Brokoli ve karnabahar üzerinde yapılan bir başka çalışmada, pişirme yöntemlerinin fitokimyasallar ve renk yoğunluğu üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Mikrodalga pişirme, fenolik bileşiklerin ve kuersetin miktarını artırırken kaynatma, sebzelerin su içeriğini artırmış ve bazı biyoaktif bileşiklerin kaybına yol açmıştır. Buharda pişirilen sebzeler ise daha yüksek karotenoid içeriklerine sahip olmuştur.²⁰ Chumyam ve arkadaşlarının çalışmasında, mikrodalga ile ısıtılan patlıcanın antioksidan kapasitesinde zamanla artış olduğu gözlemlenmiştir.¹⁷ Pişirme süreleri ve tekniklerinin bu sonuçlar üzerindeki etkileri, araştırmalar arasında farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin, patlıcanların buharda 5, 10 ve 15 dakika ısıtılması, kaynatmaya kıyasla antioksidan kapasitesinde bir artışa neden olmuştur.⁴

Bamidele ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, yeşil yapraklı sebzelerin fenolik içeriğinin 5 dakikaya kadar olan sıcak suyla haşlama süresinin artmasıyla yükseldiği bildirilmiştir. Ancak, sürenin uzatılması toplam fenolik içeriğin ve antioksidan potansiyelin azalmasına neden olmuştur. Haşlama süresinin artışı, su içeriğindeki artışa bağlı olarak kuru madde içeriğinin de azalmasına yol açmıştır. 5 dakikadan uzun haşlama süresi, yeşil bezelye, dolmalık biber, pancar ve patlıcan gibi sebzelerde toplam fenolik içeriğin düşmesine neden olmuştur. Fenolik içeriğin azalması, haşlama sıcaklığının ve süresinin artmasıyla

doğru orantılı bulunmuştur.²³ Ayrıca, haşlama işleminin renk pigmentlerini olumsuz etkilediği, bu durumun dokuların yırtılmasıyla oluşan renk pigmentlerinin kaynar suya sızmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir.²⁴

İşleme koşulları, biyoaktif bileşiklerin faydalı veya zararlı hale gelmesine neden olabilir.¹² Taze ve dondurulmuş mantarların toplam fenolik içeriği, pişirilmiş mantarlara kıyasla daha düşüktür. Bazı işleme yöntemleri, mantarlardaki antioksidan aktiviteyi ve fenolik bileşikleri artırabilirken, bazı yöntemler bu bileşikleri azaltmaktadır.²⁵ Mantarlarda ısı işlemin toplam fenolik miktarını değiştirmemesi için yapılan çalışmalarda, genellikle pişirme prosedürlerinin fenolik bileşiklerin yapısını tahrip ettiği bulunmuştur.²⁶ Ancak Ju ve arkadaşlarının çalışmasında, Chaga mantarlarının basınç altında buharda pişirilmesiyle çözünebilir fenolik asit içeriğinde bir artış gözlemlenmiştir.²⁷ Farklı pişirme yöntemlerinin sebzelerin polifenol ve antioksidan konsantrasyonlarını artırma etkilerini inceleyen bir çalışmada, buharda pişirme en iyi yöntem olarak belirlenmiştir.²⁸ *Boletus* mantarları üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise mikrodalga pişirmenin fenolik içeriği artırdığı, kaynatmanın ise azalttığı bildirilmiştir. Mikrodalga pişirmenin oksitlenmiş geçiş metallerini azaltma kapasitesini artırdığı, diğer pişirme yöntemlerinin ise mantarların antioksidan aktivitesini azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.²⁹

Genel olarak sebzeler pişirilerek tüketilirken, meyveler genellikle ısı işleme tabi tutulmadan tüketilmektedir.³⁰ Ancak bazı meyveler yüksek

ısıtıl işlem sırasında fitokimyasallarını kaybedebilir veya artırabilir. Ellong ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, 100°C'de 20-30 dakika konserve edilen mamey ve mandalina portakallarının fenolik içerikleri, karotenoidleri ve C vitamini miktarları incelenmiştir. Araştırmada, konserveleme işlemi sırasında fenolik içeriklerinin %42,3 ve %54'ünün; toplam karotenoid miktarlarının %54,7 ve %23,3'ünün ve C vitamini miktarının %100'ünün azaldığı belirlenmiştir.³¹ Odriozola-Serrano ve arkadaşlarının yaptığı bir diğer çalışmada ise, çilek suyunun kısa süreli ısıtıl işlem görmesiyle bazı fenolik bileşiklerin arttığı tespit edilmiştir.³²

Epidemiyolojik veriler ve insan müdahale çalışmaları, polifenol açısından zengin bir beslenmenin kardiyovasküler hastalıklar ve metabolik bozukluklar gibi kronik hastalıklara karşı koruyucu etkisini vurgulamaktadır.¹⁴ Ancak kaynatma, haşlama ve pastörizasyon gibi ısıtıl işlemler, bazı fitokimyasalların kaybolmasına neden olabilir. Öte yandan, bu işlemler meyvelerde fenolik bileşikleri olumsuz etkileyen enzimleri de devre dışı bırakabilir. Haşlama işlemi, hücre duvarlarını parçalayarak bileşiklerin serbest kalmasını sağlarken, bazı enzimlerin inhibisyonuyla fitokimyasal içerikte artışa yol açabilir.⁹

Son olarak, Çin'de yapılan bir çalışmada 3 farklı patates çeşidine 7 farklı pişirme yöntemi uygulanmış ve fitokimyasal içerikler incelenmiştir. Çalışma sonucunda, tüm pişmiş patateslerin çiğ patateslere göre daha düşük C vitamini, toplam fenolik ve antioksidan aktivite içerdiği tespit edilmiştir. Özellikle kızartma ve

kavurma gibi yöntemlerin, buharda ve mikrodalgada pişirme yöntemlerine göre fitokimyasalları daha fazla azalttığı bulunmuştur.³³

İsviçre'de 2021 yılında yapılan bir çalışmada; 4 farklı yapraklı sebze çeşidinde 2 farklı pişirme yöntemine (geleneksel kaynatma ve buharda pişirme) bağlı karotenoid ve tokoferol içeriklerinde meydana gelen değişimlerin incelendiği bir çalışmada; kaynatma işleminden sonra taze sebzelerle göre tüm bileşiklerde genel olarak önemli bir artış gözlemlenmiştir. Özellikle karotenoidlerdeki artış, lutein (*S. oleraceus*) için %50'ye kadar, β -karoten (*S. asper*) için yaklaşık %65'e kadar değişmiştir. Buharda pişirme yöntemi sonrası ise taze sebzelerle göre önemli ölçüde bir kayıp gözlemlenmiştir.³⁴

Farklı pişirme yöntemlerinin karalahananın biyoaktif bileşiklerine (flavonol) ve antioksidan aktivitesine etkisinin incelendiği bir çalışmada; kaynatma, buharda pişirme, mikrodalgada pişirme ve geleneksel tavada kızartma olmak üzere 4 farklı pişirme yöntemi incelenmiştir. Çalışma sonucuna göre; buharda pişirme, taze lahana ile karşılaştırıldığında bireysel ve toplam flavonol içeriğinde önemsiz bir azalmaya neden olurken, haşlama, mikrodalgada pişirme ve tavada kızartma önemli düşüşlere neden olmuştur. Tavada kızartmada kuersetin için %79,7, kaempferol için %81,5 ve toplam flavonoller için %81,3 kayıp tespit edilmiştir. En yüksek miktarda kayıp flavonollerde olmuştur.³⁵ Başka bir çalışmanın sonuçlarında ise kara lahana ve kırmızı lahana sebzelerinin buharda pişirme ve tavada kızartma teknikleri

kaynatmaya göre sebzelerdeki antioksidan seviyelerini iyileştirmiştir.³⁰

2015 yılında Kore’de yapılan farklı pişirme yöntemlerinin (buharda pişirilmiş veya mikrodalgada pişirilmiş) Brüksel lahanasının polifenol, flavanol, klorofil ve karotenoid içeriklerinde meydana gelen değişimin incelendiği çalışmanın sonucuna göre; pişmemiş Brüksel lahanası en yüksek miktarlarda toplam polifenol ve flavonoid içeriğine sahiptir. Mikrodalgada pişirilmiş Brüksel lahanası, en yüksek miktarda toplam karotenoid (0,35 mg/g) ve klorofil (3,01 mg/g) içermekte olup bunu sırasıyla buharda pişirilmiş ve pişmemiş örnekler izlemektedir. Pişmemiş brüksel lahanasının toplam polifenol ve flavonoid içeriği buharda pişirme ve mikrodalgada pişirme işlemlerinden sonra azalmıştır. Toplam klorofil düzeyleri buharda pişirme ve mikrodalgada pişirme işlemlerinden sonra artmışken karotenoid düzeyleri buharda pişirme işlemi sonrası azalmış, mikrodalgada pişirme işlemi sonrası ise artmıştır.³⁶

Farklı pişirme yöntemlerine (mikrodalgada pişirme (MH) ve düşük sıcaklıkta pişirme (LH) göre brokolinin içerisinde glukozinolatlardan glukorafanin (GLR) ve sülforafan (SFR) düzeylerinin karşılaştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma, mikrodalgada ve düşük sıcaklıkta pişirmenin brokolideki glukorafanin ve sülforafan içerikleri üzerine etkilerini araştırmayı amaçlamıştır. Hem mikrodalga

fırlama hem de hafif ısıtma, herhangi bir işlem uygulanmayan brokolilere göre glukorafanin ve sülforafan seviyelerini arttırmıştır. Özellikle, sülforafan seviyesi 40°C'nin altında önemli ölçüde düşük çıkmıştır ve 40°C'den 60°C'ye önemli ölçüde artmıştır, ancak 70°C'de anlamlı bir sonuca ulaşılmamıştır. Geleneksel ısıtma ile karşılaştırıldığında mikrodalga ısıtma, glukorafanin ve sülforafan verimini 50°C ve 60°C'de yaklaşık %80 arttırmıştır. Bu nedenle, mikrodalga ile hafif ısıtma, brokolideki glukorafanin ve sülforafan seviyelerini artırabilir ve 60°C'de sıcaklık kontrolü ile yüksek güçlü mikrodalga ısıtma, brokolide bu biyoaktif bileşiklerin daha yüksek biyoyararlanımını sağlayabilmektedir.³⁷

2020 yılında, Portekiz'e farklı badem çeşitleri (Casanova, Pegarinhos, Molar, Ferragnès, Glorieta ve Refêgo) üzerinde haşlama ve kavurma olmak üzere iki farklı işleme yöntemi kullanılarak bir araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada, bademlerdeki biyoaktif bileşenlerin (fenolikler ve flavonoidler) işleme yöntemlerine bağlı olarak nasıl değiştiği değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları, işleme yöntemlerinin tüm badem çeşitlerinde biyoaktif bileşik içeriği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Analizler, kavrulmuş bademlerde ham bademlere göre daha yüksek fenolik bileşik seviyeleri olduğunu ortaya koymuştur. Haşlanmış bademlerde ise toplam fenolik içerik genellikle çiğ bademlerle karşılaştırıldığında azalmış, ancak Casanova, Ferragnès ve Glorieta çeşitlerinde bu azalma belirgin olmamıştır. Haşlama işlemi, çekirdeklerdeki flavonoid seviyelerinin

düşmesine neden olmuştur. Bu nedenle, haşlama sonrası tüm çeşitlerdeki toplam flavonoid içeriğinin benzer olduğu görülmüştür, ancak çiğ ve kavrulmuş örneklerden daha düşük bulunmuştur. Genel olarak, kavurma işleminin bademlerin toplam flavonoid içeriği üzerinde Molar çeşidinde %58 ve Refêgo çeşidinde %72'lik bir azalma dışında belirgin bir etkisi olmamıştır. Bu sonuçlar, kavurma işlemi sonrası tüm çeşitlerde gözlemlenen toplam fenolik içerik artışı ile çelişmektedir ve yüksek sıcaklıklarda daha karmaşık fenolik yapıların (polimerize proantosiyonidinler ve glikosile flavonoidler gibi) bozulmasının bir göstergesi olabilir.³⁸

Brokolideki (*Brassica oleracea*) biyoaktif bileşenlerin seviyeleri ve brokoli alımından sonra bunların biyoyararlılığı, sebze hazırlamak için kullanılan pişirme prosedürlerinden etkilenebilmektedir. Konuyla ilgili yapılan bir çalışmada, brokoli haşlama ve buharda pişirme yöntemiyle ısıl işleme tutulmuştur ve biyoaktif bileşen düzeyleri (izosiyonitler (ITC), beta karoten ve lutein) değerlendirilmiştir. Çalışma sonucuna bakıldığında; dondurma ve her iki pişirme işlemi de brokolideki toplam izosiyonitler (ITC) eşdeğer içeriğini önemli ölçüde azaltmıştır. Çiğ brokolide provitamin-A aktivitesi gösteren lutein (provitamin A olmayan karotenoid) ve β -karoten aynı miktarda (0,37 mg/100 g brokoli) bulunmuştur. Brokolideki her iki karotenoid içeriği dondurma işleminden etkilemediği bulunmuş fakat her iki ısıl işlemde lutein ve β -karotenin ekstrakt edilebilirliği artmıştır. Haşlama, karotenoid ekstraksiyonu için buharda pişirmeye kıyasla

daha verimli bir tedavi olarak sonuçlandı; β -karoten, çiğ sebze hallerine göre pişmiş halde 3,3 kat (haşlama) ve 0,9 kat (buharda pişirme) daha fazla bulunmuş ve luteinin pişirme sonrasında 2,4 kat (kaynama) ve 1,3 kat (buharda pişirme) daha fazla arttığı bulunmuştur.³⁹

2021 yılında yapılan bir çalışmada; çeşitli olgunluk aşamalarındaki dolmalık biberlerin (*Capsicum annuum L.*) (yeşil, sarı ve kırmızı) seçilen ısıl işlemler (temaslı ızgara, kavurma, mikrodalga ile kavurma ve buharda pişirme) sırasında biyoaktif bileşen içeriklerinde (toplam polifenol) meydana gelen değişiklikleri ölçmek için analizler yapılmıştır. Yapılan çalışmanın sonuçları incelendiğinde; tüm ısıl işlemlerin yeşil biberlerdeki toplam polifenolik bileşik içeriğinde istatistiksel olarak önemli bir artışa neden olduğu gösterilmiştir. Polifenolik bileşik içeriğindeki en büyük artış, temaslı ızgara sonrasında yeşil biberlerde gözlemlenmiştir. Öte yandan, eş zamanlı mikrodalga fırınlama ve kavurma işlemleriyle işlenen yeşil dolmalık biber numunelerinde polifenolik bileşik içeriğinde 5 kattan fazla önemli bir artış gözlemlenmiştir. Buharda pişirme sonucunda 2 kattan fazla artış gözlemlenmiştir. Ayrıca kullanılan tüm ısıl işlem yöntemlerinin sarı biberlerdeki toplam polifenolik bileşik içeriğinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. En fazla azalma, buharda pişirme işlemine tabi tutulan sarı dolmalık biberlerde gözlemlenmiştir. Buna karşılık, fırın işlemi toplam polifenolik bileşiklerde yalnızca %47'lik bir azalmayla sonuçlanmıştır. Kırmızı dolmalık biberlerde, eşzamanlı mikrodalga fırınlama ve

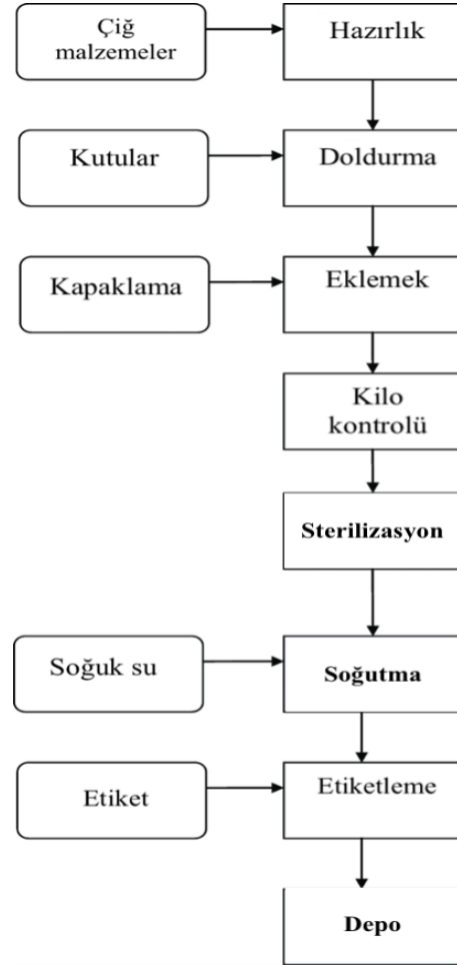
kavurma ve ayrıca buharda pişirme sonucunda polifenolik bileşik içeriğinde 3 kattan fazla önemli bir azalma gözlemlenmiştir. Bu sonucun aksine, ızgara yönteminde kırmızı dolmalık biberlerin toplam fenolik içeriği %36'lık artışla sonuçlanmıştır.⁴⁰

Etler iyi bir kompleks B vitamini kaynağı olarak kabul edilirler ve pişirmeden sonra B vitaminlerinin miktarında değişiklikler olabilir. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmada ızgara ve pişirme yöntemlerinin kullanılması balık ve tavuk etlerinde B1, B2 ve B3 vitaminlerini önemli derecede azalttığı bulunmuştur. Fakat ızgara yöntemindeki azalma pişirme yöntemindeki azalmaya kıyasla daha az miktarda olduğu gözlemlenmiştir.⁴¹

Konserveleme Yöntemi

Konserveleme işlemi, ısıl işlem uygulanarak sterilize edilmiş ve mikrobiyolojik olarak güvenli ürünler üretmeyi amaçlayan bir yöntemdir. Bu işlemin temel amacı, patojenleri ve kontaminasyona neden olabilecek mikroorganizmaları ortadan kaldırmaktır. Özellikle konserveleme sırasında besinlerin bozulmasını önlemek için metal kaplar, cam kavanozlar ve retort poşetler kullanılır. Isıtma işleminin ardından, konserve edilen ürünler soğutulur ve hem gıdanın hem de kullanılan ambalajın sağlamlığını koruyarak oda sıcaklığında saklanır.⁴² Ancak konserveleme işleminin, genellikle fenolik bileşiklerin ortama sızması nedeniyle toplam fenolik ve flavonoid içeriğini azalttığı bildirilmiştir.⁴³ Bu kayıplar, ısıl işlem sırasında hücrelerin parçalanması ve polifenollerin ortam sıvısına göç etmesiyle

ilişkilendirilir.⁴⁴ Konserveleme işleminin akış şeması şekil 1'de gösterilmiştir.⁴⁵



Şekil 1. Konserveleme işleminin akış şeması

Kayıplar üzerinde yapılan bir çalışmada, evsel ve endüstriyel konserveleme yöntemlerinin fenolik bileşikler üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Endüstriyel koşullarda uygulanan ısıl işlem, toplam fenoliklerde %13 ile %47 arasında bir kayba neden olurken, evsel işlemler %2 ile %33 arasında kayıplar göstermiştir. Bu fark, sıcaklık rejimlerindeki farklılıklarla ilişkilendirilmiştir; endüstriyel işlemlerde daha yoğun sıcaklık uygulamaları tercih edilmiştir. Prosiyanidinler de benzer bir şekilde etkilenmiş, evsel işlemlerde %2,4 oranında bir kayıp gözlemlenirken, endüstriyel

işlemlerde bu oran %44'e kadar çıkmıştır. Fenolik asitler ise her iki yöntemde de önemli ölçüde azalırken, endüstriyel konservelemede daha belirgin bir kayıp gözlemlenmiştir.⁴⁴ Diğer yandan, kayısı posasının konserve edilmesinin antioksidan özellikleri artırdığı bildirilmiştir. Bu artışın, daha yüksek miktarda biyoaktif bileşiklerin varlığı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.⁴⁶

Kurutma Yöntemi

Kurutma, gıdanın nem içeriğini azaltarak raf ömrünü uzatmayı hedefleyen bir koruma işlemidir.⁴⁷ Özellikle meyve ve sebzelerin yüksek su içeriği, bu yöntemin kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Kurutma yöntemleri arasında güneş, hava, vakum ve dondurmaya kurutma yer almaktadır. Bu yöntemlerin büyük bir kısmında ısı işlem uygulandığı için, diyet polifenollerinin bozunma derecesi üzerinde belirgin etkileri vardır.⁴⁷

Jujube meyveleri çeşitli kurutma yöntemlerine tabi tutulmuştur. Bu yöntemler arasında vakum-mikrodalga (480, 120 W), sıcak hava (70, 60 ve 50 °C) ve ön kurutma ile son kurutmayı (60 °C + 480/120 W) içeren birleşik yöntemler bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, sıcak hava ile kurutmanın polifenol ve antioksidan bileşenler açısından en düşük değerlere sahip olduğu bildirilmiştir. Buna karşın, dondurarak kurutma, polifenol ve antioksidan bileşenleri en yüksek düzeyde koruyan yöntem olarak belirtilmektedir. Yöntemler birleştirildiğinde ise daha yüksek değerler elde edildiği raporlanmıştır.⁴⁸

Madrau ve arkadaşlarının çalışmasında, iki kayısı çeşidi üzerinde 55 °C'de hava kurutma ve 75 °C'de yüksek sıcaklıkta kurutmanın etkileri incelenmiştir. Yüksek sıcaklıkta klorojenik ve neoklorojenik asit içeriklerinin artış gösterdiği bildirilmiştir. Aynı zamanda kateşin miktarında da benzer bir artış eğilimi gözlenmiştir. Araştırmacılar, polifenol oksidaz enziminin büyük ölçüde aktif kaldığını ve bu iki fenolik asidin daha yüksek üretimini desteklediğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte flavonol ve epikateşin içeriklerinin sıcaklığa bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir.⁴⁹

Bustos ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada, farklı dut türleri (ahududu, böğürtlen, kırmızı frenk üzümü ve siyah frenk üzümü) %15'in altında bir nem içeriğine ulaşana kadar 50 °C'de 48 saat, 65 °C'de 20 saat veya 130 °C'de 2 saat kurutulmuştur. Polifenol miktarı ve radikal temizleme aktivitesi en yüksek düzeyde 65 °C'de yapılan kurutma işlemi sonucunda gözlemlenmiştir. Daha yüksek sıcaklıklar ve uzun kurutma sürelerinin dutlardaki polifenollere zarar verdiği kanıtlanmıştır. Antosiyanin miktarı, 50 ve 65 °C'de kurutulan meyvelerde benzer seviyelerde bulunurken, 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise tüm parametrelerde belirgin olumsuz etkiler rapor edilmiştir.⁵⁰

Soğuk İşleme Yöntemi

Besinlerin dondurulması, fizikokimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların yavaşlatılmasını hedefleyerek, patojenik mikroorganizmaların aktivitesini durdurur ve gıdaların daha uzun raf

ömrüne sahip olmasını sağlar. Soğutma veya dondurma işlemi (sıcaklık aralığı -1 ile 8 °C arasında değişmektedir), gıdalardaki mikrobiyal ve biyokimyasal değişiklikleri azaltarak stabiliteyi korur, ancak bu etki daha azdır.⁵¹

Korus ve Lisiewska, haşlanmış veya pişmiş lahana yapraklarının dondurulması sonucunda toplam polifenol seviyelerinde %3, antioksidan aktivitelerinde ise %7'lik bir azalma olduğunu bildirmiştir.⁵² Bununla birlikte, bazı durumlarda bu teknikler polifenol içeriğini artırabilir. Örneğin, maqui meyvelerinde soğutma (5°C) ve dondurma (-20°C) işlemleri toplam polifenol konsantrasyonunu artırmış, dondurulmuş örneklerde daha yüksek antosiyanin seviyeleri tespit edilmiştir. Ayrıca, bu örneklerde altı aylık depolama sonrasında bile antioksidan içeriğinin korunduğu ve dondurma işleminin diğer tekniklere kıyasla daha etkili bir yöntem olduğu vurgulanmıştır.⁵³

Piljac-Žegarac ve arkadaşlarının çalışmasında, altı endüstriyel meyve suyunun toplam fenol içeriği ve antioksidan kapasitesindeki değişimler, 29 günlük soğutmalı depolama süresince izlenmiştir. Tüm meyve suları bu süre zarfında toplam fenollerde dalgalanmalar göstermiş, buzdolabında 48 saat depolamadan sonra belirgin bir artış gözlenmiştir. Siyah frenk üzümü suyu en yüksek antioksidan kapasiteyi sergilerken, kıvılcık suyu antioksidanları en yüksek depolama stabilitesini göstermiştir. Bununla birlikte, 29 günlük depolamanın sonunda antiradikal aktivitede ve antioksidan kapasitede önemli kayıplar bildirilmiştir.⁵⁴

Ghafoor ve arkadaşları, dondurarak kurutulmuş zencefil rizomlarının, diğer kurutma tekniklerine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek toplam fenolik bileşik (931,94 mgGAE/100 g) ve karotenoid bileşik (13,17 µg/g) içerdiğini bildirmiştir. Ayrıca, dondurarak kurutma ile elde edilen zencefil özütünün, diğer tekniklerle kurutulanlardan daha üstün antioksidan aktivite gösterdiği de vurgulanmıştır.⁵⁵

Dondurma işlemi sırasında polifenollerin korunma düzeyini etkileyen bir diğer önemli faktör, dondurulma hızıdır.⁵¹ Besinlerin hızlı bir şekilde dondurulması, daha küçük buz kristallerinin oluşmasına ve hücre yapısının daha az zarar görmesine neden olur. Ayrıca, hızlı dondurulan besinlerin çözündürülmesi sırasında daha az fenolik kayıplar gözlenmektedir. Ribas-Agustí ve arkadaşları, hızlı dondurulan çileklerin yavaş dondurulanlara kıyasla daha yüksek monomerik antosiyanin düzeylerine sahip olduğunu göstermiştir.⁵

Dalmau ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, -50 °C'de dondurarak kurutma ve sıvı nitrojene daldırma işlemlerinin biyoaktif bileşenler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elmalarda hem dondurma işlemi öncesinde hem de in vitro gastrik sindirim sırasında toplam polifenol ve antioksidan aktivite seviyelerinin azaldığı bildirilmiştir. Kontrol grubunda yer alan çiğ elmalar en yüksek polifenol seviyesini göstermiş ve sindirim sırasında sadece küçük düşüşler gözlenmiştir. Bu durum, besinlerin yavaş dondurulması sırasında oluşan buz

kristallerinin, gıda matrisine zarar verebileceğini göstermektedir.⁵⁶

Mikrobiyal İşleme Yöntemi

Fermantasyon Yöntemi

Besin bileşenlerinin belirli mikroorganizmalar ve enzimlerle kimyasal değişikliğe uğramasına neden olan ısısız bir işlem olan fermantasyon, uygun bakteri veya maya seçilerek istenilen özelliklerde gıda ürünlerinin oluşturulmasını sağlar. Ekmekler, sirkeler, alkollü içecekler, sütler, yoğurtlar ve peynirler bu yöntemle örnek olarak verilebilir.⁵⁷

Fermantasyon, tahıllardaki besin maddelerinin biyoerişilebilirliğini artırarak ve son ürünlerdeki antioksidan profilleri ile aktiviteleri olumlu yönde etkileyerek yenilebilir gıdalara dönüştüren ekonomik bir tekniktir. Yapılan bir çalışmada, fermantasyon işleminden geçmiş tam tahıllı sorgumda yüksek miktarda kateşin, gallik asit ve kuersetin içeriği tespit edilmiştir. Ancak, tam tahıllı sorgumun toplam fenolik, flavonoid ve tanen içeriğinde azalma görülmüştür. Bu azalmanın fenolik bileşiklerin bozunması ve hidrolizine bağlı olduğu, artışın ise *Lactobacillus* suşları tarafından gerçekleştirilen fermantasyon sürecinden kaynaklandığı düşünülmektedir.⁵⁸ Başka bir çalışmada, tam tahıllı darı-koji'de toplam fenolik içerikte artış bildirilmiş olup, bu artışın fermantasyon sırasında enzimlerin bağlı fenolik bileşikleri serbest hale getirmesiyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.⁵⁹

Doğal olarak bulunan bakteriler ve laktik asit bakterileri tarafından fermantasyona tabi tutulan sekiz yaygın baklagil çeşidinde (kara dana nohutu, benekli börülce, benekli barbunya fasulyesi, mercimek, küçük pirinç fasulyesi, küçük taze fasulye ve iki soya fasulyesi) yapılan çalışmada, tüm örneklerde bağlı ve çözünür fenolik bileşikler arasında biyotransformasyon gerçekleşmiş ve yüksek oranlarda toplam fenolik bileşik içerikleri tespit edilmiştir. Bu durumun, fermantasyon işleminin polifenollerin biyoyararlılığını artırdığına işaret ettiği düşünülmektedir.⁵⁸

Tahıllar, dış tabakalarında bulunan ve çoğu bağlı formda olan fenolik bileşikler nedeniyle iyi bir antioksidan kapasitesine sahiptir.⁶⁰ *Saccharomyces cerevisiae* mayası ve *Lactobacillus rhamnosus* bakterisi ile gerçekleştirilen fermantasyonun karabuğday, çavdar, arpa ve buğday tohumlarının toplam fenolik içeriğini artırdığı bildirilmiştir. Ayrıca, *L. rhamnosus* ile fermente edilen tahıl örneklerinin *S. cerevisiae* ile fermente edilenlerden daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu rapor edilmiştir.⁶¹

Fermantasyonun kırmızı üzümlerin polifenol içeriklerinin biyoyararlanım seviyesini iyileştirme üzerindeki etkisini inceleyen araştırmalar, bu işlemin sınırlı bir etkiye sahip olabileceğini ortaya koymaktadır. Kırmızı şarap ve kırmızı üzüm suyu tüketen 9 gönüllü üzerinde yapılan bir çalışmada, toplam antosiyaninlerin idrarla atılımının şarap tüketiminde %0,18, üzüm suyu tüketiminde ise %0,23 olduğu gözlemlenmiştir.⁶² Dachery ve

arkadaşlarının yaptığı çalışmada, *Aspergillus carbonarius*'un Cabernet Sauvignon (CS, kırmızı) ve Moscato Italo (MI, beyaz) üzümleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Kırmızı üzümlerde antioksidan aktivitede artış görülürken, beyaz üzümlerde antioksidan aktivitede azalma kaydedilmiştir.⁶³

Mekanik İşleme Yöntemi

Soyma Yöntemi

Soyma işlemi hem evde hem de gıda sanayisinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Çoğu besinin (özellikle sebzeler ve meyveler) dış kısmı, iç kısmına kıyasla daha fazla biyoaktif bileşik içermektedir. Bu nedenle, bazı tarımsal atıklar (örneğin meyve kabukları) değerli biyoaktif bileşiklerin çıkarılması için kullanılabilir. Elma, muz, mandalina ve nektarin gibi bazı meyvelerin kabukları, çıkarılamayan polifenollerin önemli kaynaklarıdır.⁶⁴ Bazı durumlarda, bu hazırlık aşaması (örneğin muz ve turuncgillerin kabuksuz tüketimi), besinin antioksidan kapasitesini önemli ölçüde etkilemez. Ancak, turuncgillerdeki beyaz tabakanın polifenoller açısından zengin olduğu unutulmamalıdır. Bu tabakanın fazla soyulması, tüketilen meyvede daha düşük polifenol içeriğine yol açabilmektedir. Ayrıca soğan üzerine yapılan bazı çalışmalarda, soğanın bir veya birden fazla katmanının soyulması flavonoid miktarında büyük bir düşüşe neden olmuştur. Bu azalma, kuersetinin %90'ının soğanın birinci ve ikinci katmanlarında bulunmasından kaynaklanıyor olabilir.⁶⁵

Şarap fermantasyonunda, üzüm kabuğuyla mı yoksa kabuksuz mu işlem yapıldığına göre polifenol seviyesi değişmektedir. İki beyaz şarap çeşidinde, 5 °C'de 24 saat boyunca maserasyona tabi tutulan ve *Saccharomyces bayanus BC* ticari mayası ile fermente edilen örneklerde, toplam polifenol indeksi ve flavonoid seviyeleri fermantasyon süresi ve alkol içeriği arttıkça artmıştır. Üzüm kabuğu içeren numunelerde, daha yüksek polifenol ekstraksiyonu nedeniyle daha fazla artış gözlenmiştir.⁶⁶

Taşlama Yöntemi

Taşlama, gıdaların parçalanarak ve öğütülerek boyutlarının küçültüldüğü bir işlemdir. Meyve ve sebze tozları, baharatlar, çay, kahve hazırlığında ve un üretiminde uygulanmaktadır. Becker ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, *Hieracium pilosella L.* otunun öğütülmesiyle antioksidan kapasitesinin, flavonoid ve fenolik asit içeriklerinin arttığı bildirilmiştir. Ancak bu artış, sadece belirli granülometrik sınıflarda gözlemlenmiştir, bu da optimal biyoaktif bileşik ekstraksiyonu için doğru granülometrik sınıfın belirlenmesi gerektiğini göstermektedir.⁶⁷

Augusto-Obara ve arkadaşlarının çalışmasında, yeşil çay yapraklarının öğütülmesi sonucu kateşin miktarında bir düşüş olduğu raporlanmıştır. Bununla birlikte, bazı durumlarda öğütme işlemi, biyoaktif ekstraksiyonun derecesini önemli ölçüde etkilememektedir. Örneğin, yeşil propolisin çok ince öğütülmesi, biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunu artırmış ve fenolik içerik ile antioksidan aktivitede artışa sebep olmuştur.⁶⁸

Derossi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, kahve çekirdeklerinin espresso, Türk kahvesi ve Amerikan kahvesi hazırlanması amacıyla öğütülmesinin antioksidan aktivite üzerindeki etkisi incelenmiştir. Özellikle espresso kahvesinde antioksidan içerik ve aktivite, diğer kahve türlerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçların kahvenin demleme yöntemlerindeki farklılıklardan da etkilendiği belirtilmiştir.⁶⁹ Yeşil çayda ise yaprak boyutunun küçültülmesi, hemen hemen tüm kateşinlerde bir azalmaya neden olmuştur.⁷⁰ Ancak, yeşil propolis örneğinde olduğu gibi, bazı durumlarda granülometrik özellikler öğütmeye oluşan biyoaktif ekstraksiyon derecesini etkilememiştir.⁶⁸

SONUÇ VE ÖNERİLER

Beslenmenin temel amacı, vücudun gereksinimlerini karşılayacak yeterli miktarda ve kalitede besin maddeleri sağlamak, aynı zamanda sağlığı destekleyerek hastalık riskini azaltmaktır. Bu amaç doğrultusunda, biyoaktif bileşiklerden zengin bir diyetin benimsenmesi büyük önem taşır. Ancak, biyoaktif bileşiklerin vücutta etkin olabilmesi için biyoyararlılık ve biyoerişilebilirliklerinin korunması gerekir. Dolayısıyla, gıdaların hazırlanması ve pişirilmesi sırasında kullanılan yöntemlerin bu bileşiklerin korunmasına nasıl etki ettiğinin araştırılması önemlidir.

Günümüzde tüketilen birçok gıda doğrudan tüketime hazır değildir. Gıdalar, taze ve çiğ olarak veya endüstriyel işlemlerden geçirilmiş şekilde temin edilse de her iki durumda da çoğunlukla pişirme ve işleme süreçlerine tabi

tutulurlar. Tarih boyunca, gıdaların lezzet, görünüm ve kıvamını iyileştirmek amacıyla ev tipi işleme yöntemleri geliştirilmiştir. Ancak bu yöntemler sadece gıdaların kimyasal yapısını değil, aynı zamanda biyoaktif bileşiklerin alımını ve etkinliğini de etkilemektedir.

Biyoaktif bileşenlerin stabilitesini ve biyoyararlanımını koruma açısından daha avantajlı yöntemlere buharda pişirme, mikrodalgada pişirme ve dondurarak kurutma gibi yöntemler gösterilebilir. Buharda pişirme, genellikle biyoaktif bileşiklerin korunmasında ve artırılmasında en etkili yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca buharda pişirme ve tavada kızartma, biyoaktif bileşiklerin korunmasında daha etkili olmuş ve hatta bu bileşiklerde artış sağlamıştır. Kaynatma ve yüksek sıcaklıkta uzun süreli kurutma gibi yöntemler, suyla temas eden bileşiklerin kaybına neden olarak fenolik bileşiklerde ve antioksidan kapasitede azalma yaratmıştır. Ancak bu yöntemler belirli gıdalarda (örneğin, fıstıkta polifenol artışı gibi) olumlu etkiler de sağlayabilir. Çünkü farklı gıda grupları için en uygun işleme yöntemi farklıdır. Örneğin, sebzelerde buharda pişirme ve mikrodalga daha faydalıyken, kuruyemişlerde kavurma daha etkili olabilir.

Elde edilen bulgular, işleme ve pişirme tekniklerinin daha sağlıklı ve besleyici gıdalar üretmek için optimize edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Besin değerini korumak için buharda pişirme gibi suyla temasın minimum olduğu ve kısa sürede yapılan işlemlerin tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, işleme ve pişirme yöntemleri

konusunda tüketicilere şu pratik öneriler sunulabilir:

Kurubaklagillerin ıslatılması: Pişirme süresini kısaltmak için kurubaklagiller pişirilmeden önce 8-24 saat suda bekletilmeli ve gaz yapıcı bileşiklerin azaltılması amacıyla ıslama suyu sık sık değiştirilmelidir.

Sebzeleri haşlarken su miktarının sınırlı tutulması: Fazla su kullanmaktan kaçınılmalı, haşlama suyu fitokimyasalları korumak amacıyla yemek suyu olarak değerlendirilmelidir.

Kısa süreli mikrodalga kullanımı: Mikrodalga ile kısa süreli pişirme (orta güçte 3 ila 5 dakika arası), besinlerin antioksidan kapasitesini korumaya yardımcı olabilir.

Kurutma yöntemleri: Gıdaların kurutulması raf ömrünü uzatırken besin değerlerini korur. Bu nedenle, besinler güneş altında veya düşük sıcaklıklarda fırın kullanılarak kurutulabilir ve besin kayıpları minimize edilebilir.

Düşük sıcaklık ve kısa süreli pişirme: Sebzeler düşük sıcaklıkta ve kısa sürede pişirilerek besin değerlerinin korunması sağlanabilir. Özellikle 70-85°C sıcaklıkta 7-10 dakika arasında pişirme önerilebilir.

Özetle, bu derleme gıda işleme yöntemlerinin biyoaktif bileşikler ve antioksidan aktivite üzerindeki etkilerine dair önemli bulgular sunmaktadır. Gelecekteki araştırmalar, farklı sebzeler ve pişirme tekniklerinin karşılaştırmalı analizlerini yaparak bu bulguları derinleştirebilir. Ayrıca bu alanda yapılan

araştırmalar ve bulgular toplum sağlığına yönelik daha etkili stratejiler geliştirilmesine olanak tanıyacağı öngörülmektedir. Gıda endüstrisi, işleme sırasında biyoaktif bileşenlerin korunmasına yönelik teknolojileri daha fazla benimsemelidir. Ayrıca, işleme yöntemlerinin farklı süre ve sıcaklıklarda uygulanarak sonuçların karşılaştırılması da önemli katkılar sağlayabilir. İnsanlar üzerinde uzun süreli araştırmalarla bu yöntemlerin sağlık üzerindeki etkilerinin gözlemlenmesi de önerilmektedir. Her bir çalışma, gıda işleme süreçlerinin daha sağlıklı ve besleyici gıdalar üretmek için nasıl iyileştirilebileceğine dair yeni bilgiler sağlayacaktır. Son olarak, literatürde yeterince araştırılmamış sebzeler ve meyvelerin biyoaktif bileşenleri üzerine daha fazla çalışma yapılabilir. Ayrıca, yüksek basınçlı işleme, ultrasonik işleme ve mikrodalga destekli ekstraksiyon gibi yeni teknolojilerin biyoaktif bileşikler üzerindeki etkilerinin incelenmesi, bu alandaki boşlukları doldurabilir.

Çıkar Çatışması

Çalışmada yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir (Muhammet Ali ÇAKIR),
Kavramsallaştırma (Muhammet Ali ÇAKIR),
Makale yazımı (Muhammet Ali ÇAKIR,
Açelya ÇETİNKAYA , Fatma Eylül HIRCA,
Aleyna DOĞAN),
Eleştirel inceleme (Muhammet Ali ÇAKIR)

Tablo 1. Farklı besin işleme yöntemlerinin biyoaktif bileşikler üzerindeki etkileri

Besin	İşleme Yöntemi	Biyoaktif Bileşenlerdeki Değişim	Referans
Yer fıstığı	Kaynatma	TPC↑	(17)
Pancar, domates, lahana ve karnabahar gibi	Buharda pişirme, mikrodalgada pişirme ve kaynatma	Buharda pişirmede; TPC↑ AA↑	(18)
Koyu mor patlıcan	Kaynatma, kızartma, ızgara	Kızartma işleminde; TPC↑	(19)
Taze ile işlenmiş brokoli ve karnabahar	Haşlama, buharda pişirme, mikrodalgada pişirme, sous vide	Brokolide kaynatma, kriptoksantin↑ sous vide zeaksantin↑ Tüm pişirme işlemleri lutein↑	(20)
Taze ve pişmiş brokoli	Kaynatma, sous vide, yüksek veya düşük basınçlı buharda pişirme, mikrodalgada pişirme, sous vide-mikrodalgada pişirme ve ızgarada pişirme	Lutein↑	(21)
Taze brokoli	Geleneksel pişirme veya mikrodalgada pişirme	Pişirme tekniğinden bağımsız olarak 300 saniye pişirmede TCC↓ Lutein↑	(22)
Yeşil yapraklı sebzeler	(5 dakika ve 5 dakikadan fazla) haşlama	5 dakika işleminde; TPC↑ AA↑ Fazlasında; TPC↓ AA↓	(23)
Taze, dondurulmuş ve pişmiş mantarlar	Isıl işlem	TPC↑	(25)
Chaga mantarları	Basınçlı buharda pişirme	TPC↑	(27)
<i>Boletus</i> mantar çeşitleri	Mikrodalga fırınlama, buharda pişirme, kızartma ve haşlama	Mikrodalga fırınlamada; TPC↑ Buharda pişirme, kızartma ve haşlamada; TPC↓ AA↓	(29)
Mamey portakalı ve mandalina	20-30 dakikada 100°C'de ve pH'ı 4,5 olan ortamda konserveleme işlemi	TPC↓ TCC↓ AAC↓	(31)
Çilek suyu	90°'de 30 saniye süreyle ısı işlemi	Hidroksibenzoik asit↑ Kaempferol↑	(32)
3 farklı patates (Xiapodi, Helanshiwu ve Zhongshubahao)	Haşlama, buharda pişirme, kavurma, mikrodalgada pişirme, kızartma, havada kızartma ve karıştırarak kızartma	Kızartma, havayla kurutma ve kavurma yönteminde TPC↓ TFC↓	(33)
4 farklı yapraklı sebze çeşidi	Geleneksel kaynatma ve buharda pişirme	Kaynatma işleminde TCC↑ Lutein↑	(34)
Kara lahana ve kırmızı lahana	Buharda pişirme ve tavada kızartma	AA↑	(30)
Kara lahana	Kaynatma, buharda pişirme, mikrodalgada pişirme ve geleneksel tavada kızartma	Haşlama, mikrodalgada pişirme ve tavada kızartmada TFC↓	(35)
Brüksel lahanası	Buharda pişirme ve mikrodalgada pişirme	Buharda pişirme işleminde; TPC↓ TFC↓ Mikrodalga işleminde; TCC↑ TCH↑	(36)
Brokoli	Mikrodalgada pişirme ve düşük sıcaklıkta pişirme	Glukorafanin↑ Sülföröfanin↑	(37)
Badem çeşitleri (Kasanova, Pegarinhos, Molar, Ferragnès, Glorieta ve Refêgo)	Haşlama ve kavurma	TPC↑ Haşlama işleminde; TCC↓	(38)
Brokoli (<i>Brassica oleracea</i>)	Haşlama ve buharda pişirme	Tüm işlemlerde; ITC↓ Haşlama işleminde; TCC↑	(39)

		Buharda pişirme işleminde; Lutein↑	
Sarı, kırmızı, yeşil dolmalık biberler	Temaslı ızgara, kavurma, mikrodalga ile kavurma ve buharda pişirme	Yeşil ve kırmızı biberlerde; TPC↑ (Mikrodalga ve kavurmada 5 kat, buharda pişirme 2 kat artış) Sarı biberlerde; TPC↓	(40)
Kayısı	Evsel ve endüstriyel konserveleme	Endüstriyel yöntemde; TPC↓ TFC↓ (Prosiyanidin)	(44)
Jujube meyvesi	Vakum-mikrodalga (480, 120 W), sıcak hava (70, 60 ve 50 °C) ve ön kurutma ile son kurutma (60 °C + 480/120 W)	Sıcak hava ile kurutma yönteminde TPC↓ AA↓, Dondurularak kurutma yönteminde TPC↑ AA↑	(48)
Kayısı	55°C ve 75°C'de hava kurutma	75°C'de TPC ↑ (klorojenik, neoklorojenik asit Kateşin ↑ TFC ↓ Epikateşin ↓	(49)
Ahududu, böğürtlen, kırmızı frenk üzümü ve siyah frenk üzümü	50°C'de 48 saat, 65°C'de 20 saat veya 130°C'de 2 saat kurutma	65°C'de TPC↑ AA↑ 130°C'de TPC↓ AA↓	(50)
Haşlanmış veya pişmiş lahana yaprakları	Soğuk işleme	TPC ↓ AA↓	(52)
Maqui meyvesi	Soğuk işleme	TAC↑	(53)
Meyve suyu	Soğuk işleme	TPC	(54)
Zencefil rizomları	Soğuk işleme	TPC↑ TCC↑	(55)
Çilek	Soğuk işleme	Hızlı şekilde dondurulanlarda yavaş şekilde dondurulanlara kıyasla TAC↑	(51)
Elma	Soğuk işleme	TPC ↓	(56)
Tam tahıllı darı	<i>Aspergillus oryzae</i> (Koji) ile fermentasyon	TPC ↑	(59)
Kara dana nohutu, benekli börülce, benekli barbunya fasulyesi, mercimek, küçük pirinç fasulyesi, küçük taze fasulye ve soya fasulyesi	Doğal olarak bulunan bakteriler ve laktik asit bakterileri ile fermentasyon	TPC ↑	(58)
Soğan	Soyma	TFC ↓	(65)
<i>Hieracium pilosella</i> L.	Taşlama	TPC ↑ TFC ↑	(67)
Yeşil çay yaprakları	Taşlama	TFC ↓ (Kateşin)	(68)
Yeşil propolis	Taşlama	TPC ↑	
Yeşil çay yaprakları	Taşlama	TFC ↓ (Kateşin)	(70)
Karabuğday, çavdar, arpa, buğday tohumu	Maya <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ve bakteri <i>Lactobacillus rhamnosus</i> ile fermentasyon		(61)
"↑" ve "↓" sırasıyla fitokimyasalların içeriğindeki artış ve azalış anlamına gelmektedir. ITC: Toplam izosiyanat içeriği TPC: Toplam fenolik içeriği TFC: Toplam flavonoid içeriği TCC: Toplam karotenoid içeriği TAC: Toplam antosiyanin içeriği AAC: Askorbik asit içeriği AA: Antioksidan aktivite			

KAYNAKÇA

1. Ashwell M. Concepts of Functional Foods – ILSI Europe [Internet]. 2002 [a.yer 26 Kasım 2024]. Erişim adresi: <https://ilsi.eu/publication/concepts-of-functional-foods/>
2. Guaadaoui A, Benaicha S, Elmajdoub N, Bellaoui M, Hamal A. What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus. *Int J Nutr Food Sci*. 2014;3(3):174.
3. Borek C. Dietary Antioxidants and Human Cancer. *J Restor Med*. 2017;6(1):53-61.
4. Verghese M, Willis S, Boateng J, Gomaa A, Kaur R. Effect of food processing on antioxidant Potential, availability, and bioavailability. *Annu Rev Food Sci Technol*. 2021;12:307-29.
5. Ribas-Agustí A, Martín-Belloso O, Soliva-Fortuny R, Elez-Martínez P. Food processing strategies to enhance phenolic compounds bioaccessibility and bioavailability in plant-based foods. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2018;58(15):2531-48.
6. Parada J, Aguilera J m. Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. *J Food Sci*. 2007;72(2):21-32.
7. Gunathilake KDPP, Ranaweera KKDS. Antioxidative properties of 34 green leafy vegetables. *J Funct Foods*. 2016;26:176-86.
8. Ifie I, Marshall LJ. Food processing and its impact on phenolic constituents in food. Yıldız F, editör. *Cogent Food Agric*. 2018;4(1):1507782.
9. Nayak B, Liu RH, Tang J. Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains—A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2015;55(7):887-918.
10. Wahyuningsih S, Wulandari L, Wartono MW, Munawaroh H, Ramelan AH. The effect of pH and color stability of anthocyanin on food colorant. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2017;193(1).
11. Hornedo-Ortega R, Álvarez-Fernández MA, Cerezo AB, Garcia-Garcia I, Troncoso AM, Garcia-Parrilla MC. Influence of Fermentation Process on the Anthocyanin Composition of Wine and Vinegar Elaborated from Strawberry. *J Food Sci*. 2017;82(2):364-72.
12. Zhao C, Liu Y, Lai S, Cao H, Guan Y, San Cheang W, vd. Effects of domestic cooking process on the chemical and biological properties of dietary phytochemicals. *Trends Food Sci Technol*. 2019;85:55-66.
13. Lafarga T, Villaró S, Bobo G, Simó J, Aguiló-Aguayo I. Bioaccessibility and antioxidant activity of phenolic compounds in cooked pulses. *Int J Food Sci Technol*. 2019;54(5):1816-23.
14. Cattivelli A, Conte A, Martini S, Tagliazucchi D. Influence of cooking methods on onion phenolic compounds bioaccessibility. *Foods*. 2021;10(5):1023.
15. Ghazzawi HA, Al-Ismael K. A Comprehensive Study on the Effect of Roasting and Frying on Fatty Acids Profiles and Antioxidant Capacity of Almonds, Pine, Cashew, and Pistachio. *J Food Qual*. 2017;2017(1):9038257.
16. Vinha AF, Alves RC, Barreira SVP, Costa ASG, Oliveira MBPP. Impact of boiling on phytochemicals and antioxidant activity of green vegetables consumed in the Mediterranean diet. *Food Funct*. 2015;6(4):1157-63.
17. Chukwumah Y, Walker L, Vogler B, Verghese M. Changes in the phytochemical composition and profile of raw, boiled, and roasted peanuts. *J Agric Food Chem*. 2007;55(22):9266-73.
18. Saikia, S, Mahanta CL. Effect of steaming, boiling and microwave cooking on the total phenolics, flavonoids and antioxidant properties of different vegetables of Assam. *Int J Food Nutr Sci*. 2013;2.
19. Martini S, Conte A, Cattivelli A, Tagliazucchi D. Domestic cooking methods affect the stability and bioaccessibility of dark purple eggplant (*Solanum melongena*) phenolic compounds. *Food Chem*. 2021;341:128298.
20. dos Reis LCR, de Oliveira VR, Hagen MEK, Jablonski A, Flôres SH, de Oliveira Rios A. Carotenoids, flavonoids, chlorophylls, phenolic compounds and antioxidant activity in fresh and cooked broccoli (*Brassica oleracea* var. Avenger) and cauliflower (*Brassica oleracea* var. Alphina F1). *LWT - Food Sci Technol*. 2015;63(1):177-83.
21. Martínez-Hernández GB, Artés-Hernández F, Gómez PA, Artés F. Induced changes in bioactive compounds of kailan-hybrid broccoli after innovative processing and storage. *J Funct Foods*. 2013;5(1):133-43.
22. Zhang D, Hamauzu Y. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chem*. 2004;88(4):503-9.
23. Bamidele O, Fasogbon M, Adebawale O, Adeyanju A. Effect of blanching time on total phenolic, antioxidant activities and mineral content of selected green leafy vegetables. *Curr J Appl Sci Technol*. 2017;24(4):1-8.
24. Jaiswal AK, Gupta S, Abu-Ghannam N. Kinetic evaluation of colour, texture, polyphenols and antioxidant capacity of Irish York cabbage after blanching treatment. *Food Chem*. 2012;131(1):63-72.

25. Manzi P, Marconi S, Aguzzi A, Pizzoferrato L. Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. *Food Chem.* 2004;84(2):201-6.
26. Sengkhamparn N, Phonkerd N. Effects of heat treatment on free radical scavenging capacities and phenolic compounds in *Tylopilus alboater* Wild Edible Mushrooms. *Chiang Mai J Sci.* 2014;41(5.2):1251-1249.
27. Ju HK, Chung HW, Hong SS, Park JH, Lee J, Kwon SW. Effect of steam treatment on soluble phenolic content and antioxidant activity of the Chaga mushroom (*Inonotus obliquus*). *Food Chem.* 2010;119(2):619-25.
28. Dolinsky M, Agostinho C, Ribeiro D, Rocha GDS, Barroso SG, Ferreira D, vd. Effect of different cooking methods on the polyphenol concentration and antioxidant capacity of selected vegetables. *J Culin Sci Technol.* 2016;14(1):1-12.
29. Sun L, Bai X, Zhuang Y. Effect of different cooking methods on total phenolic contents and antioxidant activities of four *Boletus* mushrooms. *J Food Sci Technol.* 2014;51(11):3362-8.
30. Murador DC, Mercadante AZ, de Rosso VV. Cooking techniques improve the levels of bioactive compounds and antioxidant activity in kale and red cabbage. *Food Chem.* 2016;196:1101-7.
31. Ellong EN, Billard C, Adenet S, Rochefort K. Polyphenols, carotenoids, vitamin C content in tropical fruits and vegetables and impact of processing methods. *Food Nutr Sci.* 2015;06(03):299-313.
32. Odriozola-Serrano I, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. Phenolic acids, flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *Eur Food Res Technol.* 2008;228(2):239-48.
33. Fang H, Yin X, He J, Xin S, Zhang H, Ye X, vd. Cooking methods affected the phytochemicals and antioxidant activities of potato from different varieties. *Food Chem X.* 2022;14.
34. Fratianni A, D'Agostino A, Niro S, Bufano A, Paura B, Panfili G. Loss or gain of lipophilic bioactive compounds in vegetables after domestic cooking? Effect of steaming and boiling. *Foods.* 2021;10(5):960.
35. Ávila S, Zalamanski S, Tanikawa LM, Kruger CCH, Ferreira SMR. Influence of cooking methods on in vitro bioaccessibility of phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of red cabbage. *Plant Foods Hum Nutr.* 2023;78(1):124-31.
36. Hwang ES. Influence of cooking methods on bioactive compound content and antioxidant activity of brussels sprouts. *Prev Nutr Food Sci.* 2017;22(4):353-8.
37. Lu Y, Pang X, Yang T. Microwave cooking increases sulforaphane level in broccoli. *Food Sci Nutr.* 2020;8(4):2052-8.
38. Oliveira I, Meyer AS, Afonso S, Sequeira A, Vilela A, Goufo P, vd. Effects of different processing treatments on almond (*Prunus dulcis*) bioactive Compounds, antioxidant activities, fatty acids, and sensorial characteristics. *Plants.* 2020;9(11):1627.
39. Orlando P, Nartea A, Silvestri S, Marcheggiani F, Cirilli I, Dłudla PV, vd. Bioavailability study of isothiocyanates and other bioactive compounds of *Brassica oleracea* L. var. *Italica* boiled or steamed: Functional food or dietary supplement? *Antioxidants.* 2022;11(2):209.
40. Olędzki R, Harasym J. Assessment of the effects of roasting, contact grilling, microwave processing, and steaming on the functional characteristics of bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *Molecules.* 2024;29(1):77.
41. Çatak J, Çaman R, Yaman M, Ceylan Z. Effect of baking and grilling on B vitamins of selected fishes and chicken parts. *J Culin Sci Technol.* 2024;22(3):496-511.
42. Vergara-Balderas FT. Canning: Process of canning. İçinde: *Encyclopedia of Food and Health.* Academic Press; 2016. s. 628-32.
43. Chaovanalikit A, Wrolstad RE. Anthocyanin and Polyphenolic composition of fresh and processed cherries. *J Food Sci.* 2004;69(1):FCT73-83.
44. Le Bourvellec C, Gouble B, Bureau S, Reling P, Bott R, Ribas-Agusti A, vd. Impact of canning and storage on apricot carotenoids and polyphenols. *Food Chem.* 2018;240:615-25.
45. Zwietering MH, Jacxsens L, Membré JM, Nauta M, Peterz M. Relevance of microbial finished product testing in food safety management. *Food Control.* 2016;60:31-43.
46. Jan N, Anjum S, Wani SM, Mir SA, Malik AR, Wani SA, vd. Influence of canning and storage on physicochemical properties, antioxidant properties, and bioactive compounds of apricot (*Prunus armeniaca* L.) wholes, halves, and pulp. *Front Nutr.* 2022;9.
47. Sontakke MS, Salve SP. Solar drying technologies: A review. *Int Refereed J Eng Sci.* 2015;4(4):29-35.
48. Wojdyło A, Lech K, Nowicka P, Hernandez F, Figiel A, Carbonell-Barrachina AA. Influence of different drying techniques on phenolic compounds, antioxidant capacity and colour of *Ziziphus jujube* Mill. fruits. *Molecules [Internet].* 2019 [a.yer 13 Ekim 2024];24(13). Erişim adresi: <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/13/2361>

49. Madrau MA, Piscopo A, Sanguinetti AM, Del Caro A, Poiana M, Romeo FV, vd. Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. *Eur Food Res Technol*. 2009;228(3):441-8.
50. Bustos MC, Rocha-Parra D, Sampedro I, de Pascual-Teresa S, León AE. The influence of different air-drying conditions on bioactive compounds and antioxidant activity of berries. *J Agric Food Chem*. 2018;66(11):2714-23.
51. Yanat M, Baysal T. Effect of freezing rate and storage time on quality parameters of strawberry frozen in modified and home type freezer. *Croat J Food Technol Biotechnol Nutr*. 2018;13(3-4):154-8.
52. Korus A, Lisiewska Z. Effect of preliminary processing and method of preservation on the content of selected antioxidative compounds in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) leaves. *Food Chem*. 2011;129(1):149-54.
53. González B, Vogel H, Razmilic I, Wolfram E. Polyphenol, anthocyanin and antioxidant content in different parts of maqui fruits (*Aristotelia chilensis*) during ripening and conservation treatments after harvest. *Ind Crops Prod*. 2015;76:158-65.
54. Piljac-Žegarac J, Valek L, Martinez S, Belščak A. Fluctuations in the phenolic content and antioxidant capacity of dark fruit juices in refrigerated storage. *Food Chem*. 2009;113(2):394-400.
55. Ghafoor K, Al Juhaimi F, Özcan MM, Uslu N, Babiker EE, Mohamed Ahmed IA. Total phenolics, total carotenoids, individual phenolics and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) rhizome as affected by drying methods. *LWT*. 2020;126.
56. Dalmau ME, Bornhorst GM, Eim V, Rosselló C, Simal S. Effects of freezing, freeze drying and convective drying on in vitro gastric digestion of apples. *Food Chem*. 2017;215:7-16.
57. van Boekel M, Fogliano V, Pellegrini N, Stanton C, Scholz G, Lalljie S, vd. A review on the beneficial aspects of food processing. *Mol Nutr Food Res*. 2010;54(9):1215-47.
58. Gan RY, Shah NP, Wang MF, Lui WY, Corke H. Fermentation alters antioxidant capacity and polyphenol distribution in selected edible legumes. *Int J Food Sci Technol*. 2016;51(4):875-84.
59. Salar RK, Purewal SS, Bhatti MS. Optimization of extraction conditions and enhancement of phenolic content and antioxidant activity of pearl millet fermented with *Aspergillus awamori* MTCC-548. *Resour-Effic Technol*. 2016;2(3):148-57.
60. Zhang J, Deng H, Bai J, Zhou X, Zhao Y, Zhu Y, vd. Health-promoting properties of barley: A review of nutrient and nutraceutical composition, functionality, bioprocessing, and health benefits. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2023;63(9):1155-69.
61. Đorđević TM, Šiler-Marinković SS, Dimitrijević-Branković SI. Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo cereals. *Food Chem*. 2010;119(3):957-63.
62. Frank T, Netzel M, Strass G, Bitsch R, Bitsch I. Bioavailability of anthocyanidin-3-glucosides following consumption of red wine and red grape juice. *Can J Physiol Pharmacol*. 2003;81(5):423-35.
63. Dachery B, Hernandez KC, Veras FF, Schmidt L, Augusti PR, Manfro V, vd. Effect of *Aspergillus carbonarius* on ochratoxin A levels, volatile profile and antioxidant activity of the grapes and respective wines. *Food Res Int*. 2019;126:108687.
64. Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto F. Fruit peels as sources of non-extractable polyphenols or macromolecular antioxidants: Analysis and nutritional implications. *Food Res Int*. 2018;111:148-52.
65. Kwak JH, Seo JM, Kim NH, Arasu MV, Kim S, Yoon MK, vd. Variation of quercetin glycoside derivatives in three onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Saudi J Biol Sci*. 2017;24(6):1387-91.
66. Lamce F, Gozdhari K, Kongoli R, Meta B, Kyçky O. Evaluation of the content of polyphenols and flavonoids during the fermentation of white wines (cv. Pulëz and Shesh i bardhë) with and without skins. 2018.
67. Becker L, Zaiter A, Petit J, Karam MC, Sudol M, Baudelaire E, vd. How do grinding and sieving impact on physicochemical properties, polyphenol content, and antioxidant activity of *Hieracium pilosella* L. powders? *J Funct Foods*. 2017;35:666-72.
68. Augusto-Obara TR, Oliveira J de, Gloria EM da, Spoto MHF, Godoy K, Vieira TMF de S, vd. Benefits of superfine grinding method on antioxidant and antifungal characteristic of Brazilian green propolis extract. *Sci Agric*. 2019;76:398-404.
69. Derossi A, Ricci I, Caporizzi R, Fiore A, Severini C. How grinding level and brewing method (Espresso, American, Turkish) could affect the antioxidant activity and bioactive compounds in a coffee cup. *J Sci Food Agric*. 2018;98(8):3198-207.
70. Hu J, Chen Y, Ni D. Effect of superfine grinding on quality and antioxidant property of fine green tea powders. *LWT - Food Sci Technol*. 2012;45(1):8-12.