

ID: 111

Effects of Different Processing Methods on Bioactive Components and Their Bioaccessibility in Red Beet

Azime Özkan Karabacak^{1,2}, Şeyma Alime Bakırcı^{1,3}, Ömer Utku Çopur^{1,3}

¹Bursa Uludag University, Science and Technology Application and Research Center (BITUAM), 16059, Gorukle, Bursa, Türkiye.

²Bursa Uludag University, Gemlik Asim Kocabiyik Vocational School, Food Technology Program, 16600, Gemlik, Bursa, Türkiye.

³Bursa Uludag University, Agriculture Faculty, Food Engineering Department, 16059, Gorukle, Bursa, Türkiye.

Abstract

Red beet (*Beta vulgaris*) is a valuable vegetable known for its bioactive components such as betalains, polyphenols, antioxidants, vitamins, minerals, and dietary fibers, and their potential health benefits. However, the bioaccessibility of these beneficial components can be influenced by different processing methods. This study aims to investigate the effects of several processing techniques, including jam and marmalade production, drying, pickling, freezing, and beverage production, on the bioactive components and their bioaccessibility in red beet. Literature findings indicate that the processing methods had varying effects on the retention and bioaccessibility of bioactive components in red beet. Jam and marmalade production appeared to preserve antioxidants and phenolic compounds, while drying exhibited a significant loss of heat-sensitive nutrients. Pickling resulted in altered mineral content, while freezing showed minimal impact on the bioaccessibility of bioactive compounds. Interestingly, the processing of fruits and vegetables into beverages has been found to enhance the bioaccessibility of bioactive components through the breakdown of cell walls and increased solubility. Moreover, the changes in the bioaccessibility of bioactive components were associated with modifications in the microstructure of red beet samples observed through scanning electron microscopy (SEM) imaging. The breakdown of cellular barriers and the formation of new structures during processing played a crucial role in determining the bioaccessibility of these bioactive compounds. Understanding the impact of processing methods on bioactive components and their bioaccessibility in red beet is vital for optimizing its nutritional value and potential health benefits for consumers. These findings have important implications for the food industry and can aid in the development of novel processing strategies that preserve or enhance the bioaccessibility of bioactive compounds in red beet-based products. Additionally, it can inform consumers about the potential impact of processing methods on the bioactive components in red beet and help them make informed choices regarding their consumption. Further investigations are needed to explore the influence of these processed red beet products on human health.

Keywords: Red beet, bioactive components, bioaccessibility, processing methods

Farklı İşleme Yöntemlerinin Kırmızı Pancardaki Biyoaktif Bileşenler ve Bunların Biyoerişilebilirliği Üzerine Etkileri

Özet

Kırmızı pancar (*Beta vulgaris*), betalainler, polifenoller, antioksidanlar, vitaminler, mineraller ve diyet lifleri gibi biyoaktif bileşenleriyle ve bunların potansiyel sağlık faydaları ile bilinen değerli bir sebzedir. Ancak, bu faydalı bileşenlerin biyoerişilebilirliği, farklı işleme yöntemlerinden etkilenir. Bu çalışmanın amacı, reçel ve marmelat üretimi, kurutma, turşuya işleme, dondurma ve içecek üretimi gibi çeşitli işleme tekniklerinin pancarın biyoaktif bileşenleri ve bunların biyoerişilebilirlikleri üzerindeki etkilerini incelemektir. Literatür bulguları, işleme yöntemlerinin pancardaki biyoaktif bileşenlerin korunması ve biyoerişilebilirliği üzerinde değişken etkileri olduğunu göstermektedir. Reçel ve marmelat üretimi, antioksidanları ve fenolik bileşiklerini korumaya yardımcı olurken, kurutma işlemi, ısıya duyarlı besin maddelerinin önemli bir kaybına neden olmuştur. Turşuya işleme, mineral içeriğinde değişikliklere yol açarken, dondurma işlemi biyoerişilebilirlik üzerinde minimal bir etki göstermiştir. İlginç bir şekilde, meyve ve sebzelerin içeceğe işlenmesiyle, hücre duvarlarının parçalanması ve çözünürlüğün artırılması sayesinde biyoaktif bileşenlerin biyoerişilebilirliği artmıştır. Ayrıca, biyoaktif bileşenlerin biyoerişilebilirliğindeki değişiklikler, taramalı elektron mikroskopu (SEM) görüntüleme yoluyla gözlemlenen pancar örneklerinin mikroyapısındaki değişikliklerle ilişkilendirilmiştir. İşleme sırasında hücresel engellerin parçalanması ve yeni yapıların oluşumu, bu biyoaktif bileşiklerin biyoerişilebilirliğini belirlemede kritik bir rol oynamaktadır. Pancarın biyoaktif bileşenleri ve biyoerişilebilirlikleri üzerinde işleme yöntemlerinin etkisini anlamak, tüketiciler için besin değerini optimize etmek ve potansiyel sağlık faydalarını artırmak açısından önemlidir. Bu bulgular, gıda endüstrisi için önemli sonuçlar doğurmakta ve pancar bazlı ürünlerde biyoaktif bileşiklerin biyoerişilebilirliğini koruyan veya artıran yeni işleme stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olabilmektedir. Ayrıca, tüketicilere işleme yöntemlerinin pancardaki biyoaktif bileşenlere olan etkisi konusunda bilgi vererek, tüketimleri konusunda bilinçli seçimler yapmalarına yardımcı olabilir. İnsan sağlığı üzerindeki etkisini değerlendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Kırmızı pancar, biyoaktif bileşenler, biyoerişilebilirlik, işleme yöntemleri

575



Giriş

Günümüzde beslenmeye bağlı olarak artan sağlık sorunlarıyla beraber tüketicilerin besin değeri yüksek ve daha az işlem görmüş fonksiyonel gıdalara olan ilgisi giderek artmaktadır. Fonksiyonel gıda kavramı ile insanlar beslenme alışkanlıklarını değiştirmeden daha sağlıklı ürünler tüketebileceklerdir. Bir gıdanın 'fonksiyonel gıda' olarak adlandırılması için, sahip olduğu besin öğelerinin dışında insan vücuduna bir veya birden fazla fizyolojik yararının olması ve aynı zamanda hastalık riskini azaltması gerekmektedir. Sonuç olarak insanların beslenirken sağlık açısından daha kaliteli gıdalar tüketmesi ve beslenmenin neden olduğu hastalıkların görülme sıklığını azaltmak, kontrol altına alabilmek için günlük diyetin fonksiyonel özelliğe sahip gıda bileşenleriyle zenginleştirilmesi büyük önem arz etmektedir (Öztürk ve Çopur,2008; Karaduman, 2011). Bu gıdalar insan sağlığına olumlu etkilere sahip, yüksek konsantrasyonda biyoaktif bileşikler içeren besinlerdir. Biyoaktif bileşikler, bitkisel veya hayvansal kaynaklarda bulunan veya bunlardan türetilen doğal olarak oluşan kimyasal bileşiklerdir. Örneğin polifenoller gibi biyoaktif fitokimyasallar bitkisel gıdalarda bulunan ikincil metabolitlerdir. Sağlığa yararlı gıdalara duyulan ihtiyaç göz önüne alındığında gıda üretiminde uygulanan işlemlerin gıda içerisinde yer alan fonksiyonel bileşenleri üzerindeki olumsuz etkileri gıda endüstrisini endişelendirmektedir. Endüstride gıdaların kalitesini ve güvenliğini korumak, raf ömrünü uzatmak, gıdayı daha dayanıklı hale getirmek ve tüketiciye çeşitli, hızlı ve güvenilir gıda sunmak için birçok yöntem mevcuttur. Sterilizasyon, pastörizasyon, pişirme, kurutma ve haşlama gibi ısı işlemler, çeşitli özellikteki paketleme teknikleri (vakum paketleme, MAP vs..) bu yöntemlerden birkaçıdır. Bu gibi geleneksel ısı gıda işleme teknolojileri enzimatik ve mikrobiyolojik inaktivasyonu sağlarken, yüksek sıcaklık, gıdaların besin değeri, lezzet, renk ve duyuşal özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Kırmızı pancar içerisinde çok miktarda biyoaktif bileşik içeren bir sebzedir. İçerdiği biyoaktif bileşikler sebebiyle sağlığa yararlı birçok özelliği bulunan kırmızı pancarın mükemmel fizyolojik özelliklere sahip sebze olarak ifade edilmekte ve antioksidan özelliği yüksek ilk 10 sebze arasında yer almaktadır. Tüm bu sağlık yararlarından faydalanmak amacıyla kırmızı pancar çeşitli şekillerde (çiğ, turşu, reçel, meyve suyu vs.) tüketilmektedir. Çiğ haricinde tüketilebilir hale getirilebilmek için kırmızı pancara çeşitli işlemler uygulanmaktadır. Özellikle ısı işlem olmak üzere birçok işleme ve muhafaza yöntemi kırmızı pancarın içerisinde bulunan biyoaktif bileşiklerin miktarını değiştirmektedir (Göksu ve Bölek.,2023). Bu derlemede farklı işleme yöntemlerinin kırmızı pancardaki biyoaktif bileşenler ve bunların biyoerişilebilirliği üzerine etkilerinden bahsetmek amaçlanmıştır.

Kırmızı Pancar

Pancar (*Beta vulgaris* L.) Chenopodiaceae ailesine ait iki yıllık otsu bir bitki olarak sınıflandırılmaktadır. Asya ve Avrupa kökenli olan sebze ılıman bölgelerde yetişmektedir. Pancar 105 cinsine ayrılmış yaklaşık 1400 tür içermektedir (Sakhare ve ark.,2019; Nirmal ve ark.,2021; Shuaibu ve ark.,2020; Salamatullah ve ark.,2021; Evanuarini ve ark.,2023). Biyoaktif bileşikler açısından zengin bir sebze olan kırmızı pancar sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunan betalainlerin potansiyel bir kaynağıdır (Sakhare ve ark.,2019; Demirbaş.,2023). Kırmızı pancarın kendine özgü cezbedici rengi, bir betalain olan betaninden kaynaklanmaktadır. Kırmızı pancar önemli bir vitamin kaynağıdır. A, C ve E gibi antioksidan özellikteki vitaminleri içermesinin yanı sıra K ve B vitaminlerini de içermektedir. B vitamini grubundan; B2-riboflavin, B3-niasin, B1-tiamin, B9-folatlar, B5-pantotenik asit, B6-piridoksin ve B12-siyankobalamin'i yapısında bulundurmaktadır. Folik asit içeriği de yüksek bir sebzedir. Yapısında yer alan mineraller ise potasyum, manganez, demir, magnezyum, sodyum, bakır, kalsiyum, çinko ve fosfordur. Kırmızı pancar vitamin ve minerallerin yanında antioksidan özelliğe sahip, besleyici özellikteki fenolik bileşikleride yapısında büyük miktarlarda içerdiği bilinmektedir. Kırmızı pancar flavonoidler grubundan; kaempferol, rhamnositrin, rhamnatin, astragalın ve tiliroside içermektedir. Bunların yanı sıra yapısında fitosteroller, askorbik asitleri ve karotenoidleri bulundurmaktadır. Kırmızı pancar yapısında pektin ve selüloz lifleri bulunmaktadır (Babarykın ve ark., 2019). Temel şekeri sükrözür. Az miktarda glikoz ve fruktozda içerdiği bilinmektedir. Bu konuda düşük enerji değerine sahip şekerler içerdiği söylenebilmektedir. Bunların yanı sıra kırmızı pancar valin, glutamik asit, alanin, fenilalanin, prolin, treonin, metiyonin gibi aminoasitleri, saponinleri, tanenleri ve alkaloidleri içermektedir (Kale ve ark.,2018; Chhikara ve ark.,2019; Ceclu&Nistor.,2020). Kırmızı pancarın bu zengin içeriği sebebiyle in vitro ve klinik öncesi çalışmalarla kanıtlanmış birçok sağlık yararları bulunmaktadır. Anti-hiperkolesterolemik, anti-nefrotoksisite, anti-mutajenik, anti- hipertansif, hematopoetik etkilerinin yanı sıra radyo-koruyucu, anti-depresan, anti-oksidatif stres, anti-hiperglisemik ve anti-kanserojen özellikleri bulunmaktadır. Güçlü antiviral, antifungal ve antibakteriyel özelliklere sahiptir. Antioksidan, aninflamatuar, hepato-koruyucu ve antikanserojenik özellikleri ile kardiyovasküler, diyabet veya hipertansiyon gibi hastalıkların önlenmesine yardımcı olmaktadır (Nowacka ve ark.,2019). Balgam ve idrar söktürücü ve gaz giderici gibi özellikleri vardır. Yüksek nitrat ve şeker içeriği ile sporcularda enerjiyi yükseltmektedir (Sakhare ve ark.,2019). Kırmızı pancar antioksidan bir bileşik olan alfa lipoik asiti içermektedir. Bu asit diyabetli hastalarda glikoz seviyesini düşürmeye, insülin duyarlılığını arttırmaya ve oksidatif stres sebebiyle meydana gelen olumsuz



değişiklikleri önlemeye yardımcı olmaktadır. İçerdiği kolin ise öğrenme ve hafıza gelişimine olumlu katkı sağlamakta ve kas hareketine yardımcı olmaktadır. Ayrıca kolin hücre zarlarının yapısının korumada, sinir uyarılarının iletilmesinde, yağın emiliminin kolaylaştırılmasında görev almaktadır (Shuaibu ve ark.,2020). İçerdiği çeşitli B vitaminleri ile beyine giden kan akımını arttırmakta ve bu işlemlerle bunama ve hafıza kaybının etkisinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Yapısında yer alan selüloz lifi bağırsak hacmini artırır ve gastrointestinal sistemde boşaltımı kolaylaştırır. Sebzenin içerdiği fitokimyasalların yemek borusu, cilt, karaciğer ve akciğerde meydana gelebilecek kanser çeşitlerine karşı koruyucu etkisi mevcuttur. Potasyum mineraline sahip olduğu için bu sebze, beslenme ile tüketilen sodyumun zararlı etkilerini azaltmaktadır (Ceclu&Nistor.,2020).

Kırmızı pancar; çiğ, pancar suyu, salata, haşlanmış, fırınlanmış cips halinde ya da kurutulmuş veya diğer kombinasyonlarda tüketilebilmektedir (Ceclu&Nistor.,2020). *B. maritima*, *B. vulgaris* ve *B. adanensis* dahil olmak üzere üç *Beta vulgaris* alt türü piyasada yer almaktadır. Kırmızı pancar çeşidi olan *Beta vulgaris subsp. vulgaris conditiva* ise tüm dünyada turşu, salata veya meyve suyu yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Nowacka ve ark.,2019). Tüm bu ürünlerin yapımı sırasında kırmızı pancara birçok gıda işleme tekniği uygulanmaktadır. Haşlama, kurutma, pişirme, pastörizasyon bu işlemlerden bazılarıdır. Bu gibi gıda işleme uygulamaları sebzelerin fiziksel özelliklerinde ve kimyasal bileşiminde bir takım değişiklikler meydana getirmekte ve yapılarında bulunan sağlığa yararlı biyoaktif bileşiklerin miktarında değişikliğe sebep olabilmektedir.

İşleme Tekniklerinin Gıdalar Üzerine Etkileri

Gıdanın muhafaza süresinin uzun olması tüketiciler için en önemli faktörlerden birisidir. İşleme gıdayı daha güvenli, daha lezzetli ve daha dayanıklı hale getirmek amacıyla uygulanmaktadır. Uygun işleme yöntemleri ile sebzelerin fonksiyonel özellikleri maksimum düzeyde tutulabilir ve işlenmiş ürünün ticarileştirilmesi, tüketiciye sağlık açısından faydalı bir ürün sağlamanın bir yolu olabilmektedir. Fakat gıdayı korumak amaçlı uygulanan işlemler sırasında gıdanın beslenme değerinden daha çok güvenliği ve kalitesi ön planda tutulmaktadır (Göksu ve Bölek.,2023; Öztürk ve Çopur,2008; Karaduman, 2011). Gıdaların muhafaza süresi boyunca bozulmasını önlemek, mikrobiyolojik aktivitenin durdurulması ve kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların kontrol altına alınabilmesi ile sağlanabilmektedir. Bu amaçla kullanılan yaygın proses tekniklerinden biri ısı işlemidir. Isıl işlem mikroorganizma ve enzimlerin inaktivasyonunu sağlamaktadır. Kurutma, pastörizasyon, buharlaştırma ve yüksek sıcaklıkta sterilizasyon gibi geleneksel gıda teknolojileri ürünlerinin mikrobiyolojik güvenliğini veya stabilitesini garanti edebilir ancak ısıya duyarlı biyoaktif bileşikler gibi fonksiyonel gıda bileşenlerini degradasyona uğratabilmektedir (Göksu ve Bölek.,2023; Karabacak.,2015; Zhang.,2018). Isıl işlem yöntemlerinde, aşırı veya uzun süreli sıcaklık uygulamaları nedeniyle önemli besin kayıpları meydana gelebilmektedir. Ayrıca gıdalar işlenirken uygulanan yüksek sıcaklıklar sonucunda işlem süresinin uzunluğu sağlığı tehdit eden serbest radikaller oluşabilmekte veya tat-aroma kayıpları görülebilmektedir. Isıl işlemlerin yetersiz olması durumunda ise, mikrobiyolojik tehlikeler meydana gelebilmektedir (Karabacak.,2015 Zhang ve ark., 2018). Günümüzde beslenme kaynaklı hastalıklar giderek artmaktadır. İnsanların yedikleri veya yemedikleri gıdalardan dolayı hastalandıkları gerçeği dünyada iyice kabul görmeye ve buna bağlı olarak da beslenmenin önemi giderek daha iyi anlaşılmaya başlanmıştır (Öztürk ve Çopur,2008; Karaduman, 2011). Bu sebeple tüketiciler doğala yakın özellikleri bulunan, daha az işleme maruz kalmış fonksiyonel gıdalara yönelik taleplerini arttırmaktadırlar (Göksu ve Bölek.,2023). Dolayısıyla bilinçli tüketiciler sağlıklı bir yaşama sahip olmak ve sürdürülebilirlik için beslenirken aynı zamanda iyi hali koruyan, geliştiren ve hastalık oluşturma riskini de azaltan sağlığa yararlı gıdalar ile beslenmek istedikleri için tercihlerini insan sağlığı üzerinde faydalı etkiler gösteren yüksek konsantrasyonda biyoaktif bileşikler içeren fonksiyonel gıda ürünleri yönünde yapmaktadır (Öztürk ve Çopur 2008; Reis ve Abu-Ghannam 2014; Döner ve İçier, 2018). Dolayısıyla gıda işleme sırasında biyoaktif bileşenlerin degradasyona uğramaması için yeni uygulamalar gerekmektedir. Bu durumdan yola çıkılarak gıda endüstrisinde düşük işlem sıcaklıkları ve kısa işlem süresine sahip yeni termal olmayan teknolojiler geliştirilmektedir (Zhang vd., 2018). Isıl olmayan işleme teknolojileri, gıdayı ısının olumsuz etkisinden koruyarak gıdanın fiziksel, besin değeri ve duyu niteliklerini muhafaza eden, mikrobiyal inaktivasyonu gerçekleştiren yeni alternatif gıda işleme teknikleridir. Günümüzde vurgulu elektrik alan (PEF), yüksek hidrostatik basınçlı işleme (HHP), kızılötesi ısıtma (IR) ve ohmik ısıtma (OH) gibi geleneksel ısıl işlemlere alternatif olarak geliştirilen teknolojiler mevcuttur. Çevrenin korunması, enerji verimliliği, besin değerinin korunması ve işleme süresinin kısaltılması güncel gıda işleme teknolojilerinin kullanılmasının temel faydalarıdır (Göksu ve Bölek.,2023). Örneğin elma suyu gibi ürünlere PEF uygulanmış ve maya hücrelerinde 5,03 log azalma sağladığı gösterilmiştir. Isıl olmayan teknolojiler, gıdalardaki lipoksijenaz (LOX), polifenoloksidad (PPO), peroksidad (PO) ve pektin esteraz (PE) gibi enzimlerin aktivitesini inhibe edebilmektedir. Isıl olmayan teknolojilerin mekanizmasında ilk olarak mikroorganizmanın düzenleyici işlevini ortadan kaldırılmakta, ikinci aşamada ise mikroorganizmanın genetik materyallerini yok edilerek metabolik bozukluklara neden olmaktadır (Zhang ve ark.,2018).



Isıl işlemin bir dalı olan kurutmanın çeşitli türleri mevcuttur. Çeşitli kurutma teknikleri arasında; vakumlu mikrodalga kurutma ile konvektif kurutma, güneşte kurutma, vakumlu mikrodalga kurutma, düşük basınçlı kızgın buhar kurutma, ısı pompalı kurutma, radyo frekansı kurutma, dondurarak kurutma, akışkan yataklı kurutma, mikrodalga kurutma, mikrodalga destekli konvektif kurutma, kırılma pencere kurutma ve kızılötesi kurutma gibi bir çok teknik bulunmaktadır (Bulut,2021).

Kurutma işleminin meyve ve sebzelerdeki biyoaktif bileşenler üzerindeki etkilerine bakıldığında tekniğin çeşidine bağımlı olarak birçok farklılık meydana getirdiği bildirilmiştir. Örneğin yapılan araştırmalar sonucunda tropikal meyvelerde dondurarak kurutma sonucunda önemli C vitamini kayıpları görüldüğü belirtilmiştir. (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 belirtmiştir. Yapılan bir başka çalışmada dondurarak kurutma uygulanmış yaban mersini ve ahududunun hava ile kurutma yöntemi uygulanmış benzerlerine kıyasla antosiyanin, fenolik bileşikler ve antioksidan kapasitelerinin daha yüksek olduğu ve hatta bazı durumlarda biyoaktif bileşen miktarındaki artış yaşandığı ifade edilmiştir (Sablani ve ark., 2011). Bunun dışında genel olarak sıcak hava ile kurutmanın güneşte kurutma ile karşılaştırıldığında toplam fenolik bileşik içeriği ve antioksidan kapasitesi açısından ürünlerin kalitesini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Melgar-Almanza ve ark., 2015).

Pişirme, ısı uygulanan ve gıdanın yapısında değişiklikler meydana getiren bir işlemdir. Yapılan bir çalışmada haşlama, buhar ve sous vide pişirme teknikleri kullanılarak, havuçlar her teknik için üç farklı sürede pişirilmiştir. Taze havuç ve pişmiş havuç örneklerinde antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve β -karoten analizleri yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmada karotenoidlerin meyve ve sebzelerde sarı, kırmızı ve turuncu renkten sorumlu olan bileşikler olduğu, pişirme ile miktarı değişim gösterdiği, yüksek sıcaklık, ışık, oksijen ve pH değişimleri gibi fiziksel ve kimyasal faktörler karotenoidlerin bozunmasında etkili olabileceği ve bu nedenle, zaman ve sıcaklık gibi pişirme koşullarına bağlı olarak, karotenoidler az veya çok etkilenip, miktarlarının artmasına veya azalmasına neden olabileceği ön bilgisi verilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre sous vide ve haşlama yöntemleri havuçtaki β -karoten miktarını artırırken, buharda pişirmenin önemli bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. Çalışmada farklı pişirme tekniklerinin, uygulanan sıcaklık ve sürenin havuçlardaki biyoaktif bileşikler ve antioksidan aktivite üzerinde önemli etkilere sahip olduğu ve havuçlarda buharda pişirmenin antioksidan aktivite ve fenolik bileşiklerdeki kaybın azaltılmasında en etkili yöntem olduğu saptanmıştır. Uygulanan ısıl işlem süresinin biyoaktif özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Özer ve Tepe.,2019).

İşleme Tekniklerinin Kırmızı Pancar Üzerine Etkileri İlgili Yapılan Çalışmalar

Literatür incelendiğinde kırmızı pancarın birçok farklı ürünlere işlenerek çalışmalarda sıkça kullanıldığı görülmüştür.

Wang ve ark., (2020) yaptığı çalışmada kırmızı pancar reçele işlenerek proses sırasında uygulanan işlemlerin kırmızı pancarın yapısında bulunan fenolik bileşiklerin, flavonoidlerin ve betalainlerin miktarları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada toplam fenolik madde içeriği, toplam flavonoid madde içeriği, toplam betalain içeriği, antioksidan kapasite ve biyoerişebilirlik analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlarda toplam fenolik madde içeriğinin azaldığı belirtilmiştir. Özellikle ön haşlama işleminden sonra kaybın ~%11.2 olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada bu sonucun, konsantrasyonun toplam fenolik madde içeriğinin zenginleştirilmesi için teorik olarak faydalı olmasına rağmen, ısıl işlemin polifenoller üzerinde önemli ölçüde yıkıcı etkiye sahip olduğunu gösterdiği belirtilmiştir. Literatürde uygun bir asit veya şeker takviyesinin, polifenol oksidaz enziminin aktivitesini inhibe ederek fenoliklerin bozulmasını önleyebileceğini bildirmiştir. Ancak çalışmada analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında karıştırma aşamasında sukroz ve sitrik asit eklenmesine rağmen toplam fenolik madde içeriğinin hala %3,1 oranında azaldığı belirlenmiştir. Çalışmada 75 °C'de 30 dakika pastörizasyondan sonra kırmızı pancar reçelinin toplam fenolik madde içeriğinin taze kırmızı pancarın %86.2'si kadar olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, hücre yapısının tahribatına ek olarak, tüm reçel işleme sırasında toplam fenolik madde içeriğinin azalmasının esas olarak termal hasarın neden olduğu enzimatik olmayan oksidasyondan kaynaklandığı sonucuna varılabildiği ifade edilmiştir. Depolama süresi ve sıcaklığının da toplam fenolik madde içeriği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. 90 günlük depolama süresince, depolama süresi arttıkça toplam fenolik madde içeriği kademeli olarak düştüğü gözlemlenmiştir. 4, 25 ve 37 °C'de 90 gün saklandığında kırmızı pancar reçelinde toplam fenolik madde içeriğindeki azalma sırasıyla %33.9, %41.6 ve %51.9 olduğu bildirilmiştir. Sindirilmemiş örneklerle karşılaştırıldığında hem kırmızı pancar hem de reçeli sindirim aşamasında önemli bir fark göstermiştir. Oral sindirimden sonra, pancardaki ve reçelindeki toplam fenolik madde içeriği önemli ölçüde azalmıştır. Çalışmada bu durumun polifenolik bileşiklerin a-amilaz ile etkileşiminden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir. Analiz incelendiğinde toplam fenolik madde içeriğinin gastrik fazda en yüksek olduğu ancak bağırsak sindiriminden sonra en aza indiği belirtilmiştir. Bağırsak sindiriminden sonra toplam fenolik madde içeriğinin azalması, fenolik bileşiklerin bağırsak yolunun hafif alkali ortamına karşı oldukça duyarlı olması nedeniyle pH'daki artışa bağlı olarak gerçekleştiği şeklinde yorumlanmıştır.



Pancar reçelinin toplam flavanoid içeriğine bakıldığında taze örneklerle karşılaştırıldığında, toplam flavanoid içeriği haşlama sırasında %23,2 artmıştır. Çalışmada bunun nedeni yumuşatıcı hücreler tarafından pancar matrisinden daha fazla flavonoid salınmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Karıştırma sırasında sakkaroz (%25 w/w) ilavesi reçel örneğinin toplam katı içeriğini arttırdığından, toplam flavanoid içeriğinin karıştırmadan sonra önemli bir azalma gösterdiği belirtilmiştir.

Pastörizasyonun ise önceki işlemlere kıyasla toplam flavonoid içeriğinde önemli bir azalmaya neden olmadığı, ancak depolama süresi ve sıcaklığının toplam fenolik madde içeriği sonuçlarına benzer şekilde, toplam flavonoid içeriği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Toplam fenolik madde içeriğindeki değişikliklerin aksine mide sindiriminde toplam flavonoid içeriği önemli ölçüde azalmış ve ardından bağırsak sindiriminden sonra önemli bir artış olduğu bildirilmiştir. Bağırsak sindirimi sırasında toplam fenolik madde içeriğinin artması, matriksle birleşen flavonoidlerin salınımını hızlandırabilen bağırsak enzimlerinin ve safra tuzlarının etkisine bağlı olabileceği ifade edilmiştir. Flavonoidlerin çözünürlüğü ve biyoerişilebilirliği ayrıca pH'a ve demir, lif veya proteinler gibi diyet bileşenleri ile etkileşime bağlı olduğu da belirtilmiştir. Karıştırma hariç tüm reçel işleme aşamalarının toplam betalain içeriğinde önemli bir azalmaya yol açtığı belirtilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, fenolikler, flavonoidler ve betalainler dahil olmak üzere kırmızı pancarın ana biyoaktif bileşiklerinin reçel işleme ve depolama sırasında kısmen korunabileceği ifade edilmiştir.

Trych ve ark. (2022) yaptığı bir çalışmada süperkritik karbondioksit (SCCD) ve yüksek hidrostatik basıncın (HHP) pancar suyu matrisindeki betalainlerin biyoerişilebilirliği üzerindeki etkisini incelenmiştir. Isıl işleme göre HHP ve SCCD'nin betalain içeriği üzerine etkisine bakıldığında her iki termal olmayan tekniğin uygulandığı meyve suyunun betalain bileşimi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı ifade edilmiştir.

Sawicki ve ark., (2019) yaptığı çalışmanın bir kısmında kırmızı pancar ürünlerinin farklı teknolojik işleme yöntemlerinin (kaynatma, fermantasyon ve mikrodalga-vakumlama) betalain içeriği üzerinde etkisi incelenmiştir. Araştırmada kırmızı pancar ürünlerinin her birinin kendine özgü betalain bileşimi profiline sahip olduğunu ve betalainlerin toplam içeriğinin bireysel kırmızı pancar ürünleri arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği bilgisi verilmiştir. İşleme yöntemleri karşılaştırıldığında mikrodalgayla vakumlama işleminde en düşük betalain degradasyonunun meydana gelmesi sebebiyle en iyi işleme tekniği olduğu ifade edilmiştir.

Sonuç

Bu çalışmada, kırmızı pancarın biyoaktif bileşenleri ve bu bileşenlerin ve biyoerişilebilirliklerinin sebzenin işlenmesi sırasında nasıl etkilendiği değerlendirilmiştir. Kırmızı pancarın biyoaktif bileşenlerinin çeşitli işleme yöntemleriyle değiştiği ve biyoerişilebilirliğinin farklı işleme koşullarına bağlı olarak değişebileceği görülmektedir. Isıl işlemler, kırmızı pancardaki biyoaktif bileşenlerin miktarını azaltabilir ve bu bileşenlerin bazı özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir. Özellikle yüksek sıcaklıklar, biyoaktif bileşenlerin stabilitesini azaltabilir ve bu da besin değerini düşürebilir. Ancak, işlem süreleri ve sıcaklıkları kontrol edilerek, biyoaktif bileşen kaybı minimize edilebilir. Ayrıca, bazı işleme yöntemleri, biyoaktif bileşenlerin daha iyi çözünmesini sağlayabilir, bu da vücut tarafından daha iyi emildikleri anlamına gelir. Kırmızı pancarın farklı işleme yöntemleriyle nasıl işlendiğine ve hangi işleme koşullarının biyoaktif bileşenleri en iyi koruduğuna dair daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bu, kırmızı pancarın sağlık yararlarından en iyi şekilde faydalanmak isteyen tüketiciler ve gıda endüstrisi için önemlidir. Sonuç olarak, fonksiyonel gıdaların sağlık açısından faydalı biyoaktif bileşenlerini korumak ve biyoerişilebilirliğini artırmak için uygun işleme yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Kırmızı pancar gibi biyoaktif bileşenlerle zenginleştirilmiş gıdaların sağlık üzerinde olumlu etkileri olabileceği için, bu alandaki araştırmaların devam etmesi önemlidir.

Kaynaklar

- 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.
- Bulut M. 2021 Kurutma İşleminin Meyve Ve Sebzelerin Biyoaktif Bileşenleri Üzerine Etkisi.İğdir.
- Ceclu L, Nistor O.V, 2020. Red Beetroot: Composition And Health Effects - A Review. *J. Nutri. Med. Diet Care*. 6(1): 1-9.
- Chhikara N, Kushwaha K, Sharma P, Gat Y, Panghal A.2019. Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review
- Demirbaş T.2023. Farklı Oranlarda Kırmızı Pancar İlave Edilmiş Ekşi Mayalı Ekmeğin Renk Ve Antioksidan Özelliklerinin Araştırılması.Gümüşhane
- Döner D, İçer F. (2018). Gıdaların Elektriksel Yöntemlerle İşlenmesinde Uygulanan Farklı Frekans ve Dalga Şekillerinin Proses Etkinliği Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 16(4), 470- 482.



- Göksu F, Bölek S, 2023. Güncel Gıda İşleme Tekniklerinin Fonksiyonel Gıda Bileşenleri Üzerine Etkisi.İstanbul. Karabacak Ö.A.2015. Gıda Bileşenleri Üzerine Isıl Olmayan İşleme Yöntemlerinin Etkileri.Bursa
- Kale R.G, Sawate A.R, Kshirsagar R.B, Patil B.M, Mane R.P. 2018. Studies on evaluation of physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Chemical Studies* 6: 2977-2979
- Karaduman Y.2011. FONKSİYONEL GIDALAR. Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı. Eskişehir
- Melgar-Almanza A, Horacio Guzmán-Maldonado S, NunezColin 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.
- Nirmal N.P, Mereddy R, Maqsood S.2021.Recent developments in emerging technologies for beetroot pigment extraction and its food applications. *Food Chem.* 356, 129611.
- Nowacka M, Tappi S, Wiktor A, Rybak K, Miszczykowska A, Czyzewski J, Tylewicz U. 2019. The impact of pulsed electric field on the extraction of bioactive compounds from beetroot. *Foods*, 8(7), 244. <https://www.mdpi.com/2304-8158/8/7/244>
- Özer Ç, Tepe B.2019. Farklı Pişirme Tekniklerinin Havuç Dilimlerinin Bazı Kimyasal ve Biyoaktif Özellikleri Üzerine Etkisi.İstanbul.
- Öztürk A, Çopur Ö. U. 2008, Mantar Bileşenlerinin Teröpatik Etkileri, Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma, Bahçe Dergisi 37 (2): 11-17, Yalova.
- 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.
- Sakhare K.S, Sawate A.R, Kshirsagar R.B, Taur AT.2019. Studies on physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Hindistan. IJCS* 2019; 7(2): 283-285 © 2019 IJCS
- Salamatullah AM, Hayat K, Alkaltham M S, Ahmed M A, Arzoo S, Husain F. M, Al-Dossari A. M, Shamlan G, Al-Harbi Evanuarini H, Susilo A, Amertaningtyas D. 2023. Improving the Physicochemical and Microstructural Qualities of Chicken Patties with the Addition of Red Beet Peel Flour (*Beta vulgaris* L) as a Filler.Endonezya. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan* 33(1): 49-61.
- Shuaibu B.S, Aremu M O, Kalifa U J, 2020. Chemical Composition and Antioxidant Activities of Beetroot Peel. *Nijerya. African Journal of Engineering and Environment Research* Vol.2(1) 2021- ISSN: 2635-2974<https://ajoeer.org/ng/otn/ajoeer/qtr-1/2021/05.pdf>
- Sawicki T, Martinez-Villaluenga C, Frias J, Wiczkowski W. 2019. The effect of processing and in vitro digestion on the betalain profile and ACE inhibition activity of red beetroot products. *Polonya.Journal of Functional Foods* 55 (2019)229-237
- Trych U, Buniowska-Olejnik M, Marszałek K.2022. Bioaccessibility of Betalains in Beetroot (*Beta vulgaris* L.) Juice under Different High-Pressure Techniques. *Molecules* 2022, 27, 7093. <https://doi.org/10.3390/molecules27207093>
- Zhang Z. H, Wang L. H, Zeng X A, Han Z, Brennan, C. S. (2019). Non-thermal technologies and its current and future application in the food industry: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(1), 1-13.
- Wang T, Liu L, Rakhmanova A, Wang , .Shan Yi Y, Liu B, Zhou Y, Lü X.2020. Stability of bioactive compounds and in vitro gastrointestinal digestion of red beetroot jam: Effect of processing and storage. *Çin. Food Bioscience* 38 (2020) 100788

