

## Betalain ekstraktlarının gıdalarda kullanım olanakları Usage of betalain extracts in food

Vasfiye Hazal ÖZYURT<sup>1\*</sup>, Hazal SARALI<sup>2</sup>, Semih ÖTLEŞ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Yakın Doğu Üniversitesi, Lefkoşa, KKTC.  
hazal.ozyurt@gmail.com

<sup>2,3</sup>Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.  
hazal.sarali@hotmail.com, semih.otles@ege.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 30.07.2018, Kabul Tarihi/Accepted: 07.01.2019  
\* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2019.03592  
Derleme Makalesi/Review Article

### Öz

Gıda sanayinin gelişmesiyle, gıdaların işleme, depolama ve satışa sunum aşamalarında çevresel etkenlerden dolayı renk kaybı meydana gelmektedir. Renk kaybı tüketicilerin ürün alımında en önemli unsurlardan birisidir. Bu durum, üreticileri renk kaybını önlemek için doğal veya sentetik renklendirici kullanımına yönlendirmektedir. Sanayinin gelişmesi ve sağlık sorunlarının artması ile tüketicilerin ilgiyi doğal ürünlere kaymış ve doğal ürünlere artan ilgi sonucunda da üreticilerin doğal renklendirici kullanımına yönelmiştir. Betalain, çiçeklerde, meyvelerde ve Caryophyllales familyasına ait bitkilerde bulunan doğal bir renklendiricidir. Antioksidan, antiproliferatif, antikanser ve antilipidemik etkileri ile sağlığı desteklemektedir. Böylece betalainin doğal renklendirici olarak kullanımı günümüzde ilgi çeken konular arasına girmektedir. Bu derlemede, betalainin moleküler ve kimyasal yapısı, stabilitesini etkileyen faktörler, betalain ekstraksiyonu, ekstraktların gıdalarda kullanımı ve sağlık üzerine etkileri ile ilgili bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Betalain, Renklendirici, Gıda katkı maddesi, Ekstraksiyon

### Abstract

With the development of the food industry, changes in environmental factors create an effect of color loss in the stages such as, processing, storing and selling the food. Colour loss is one of the most important factor for consumers purchasing the product. That's why for preventing the color loss natural and synthetical colorants are used. Consumers directed to use of natural products with the increasing health issues as a result of industrialization. With increasing attention of usage of natural products, producers are directed to use of natural colorants. Betalain is a natural colorant that was used in flowers and fruits also, it belongs to Caryophyllales family. At the same time, through its antioxidant, anticancer and antilipidemic effects, it creates a positive effect on health. Thus, nowadays using betalain as a natural colorant became an interesting subject. In this article, it was purposed giving information in the areas of the molecular and chemical structure of betalain, their stability, extraction, and usage in foods of betalain and its effects on the health.

**Keywords:** Betalain, Colorant, Food additive, Extraction

## 1 Giriş

Renk, gıda ürünlerinin kalitesini belirleyen ve tüketicilerin ürün alımını etkileyen en önemli unsurlardan biridir [1],[2]. Gıda sanayinin gelişmesiyle, gıdalarda bulunan renk pigmentleri ürüne uygulanan çeşitli işleme teknikleri ve ısıl işlemler sonucunda bozulmaktadır. Bozulmanın devamında üründe renk kaybı meydana gelmektedir. Bu nedenle gıda üreticileri ürünü iyileştirmek ve kalitesini korumak amacıyla doğal veya sentetik renklendiriciler kullanmaktadır [1]. Ancak, bazı sentetik renklendiricilerin yarattığı yan etkiler ve uzun süreli vücuda alımında toksik etkiye neden olması bu renklendiricilerin kullanımını sınırlandırmıştır [3]-[6]. Bunun aksine, biyoaktif özellikte olan doğal renklendiricilerin vücuda düzenli olarak alınmasının sağlığı olumlu yönde etkilediği görülmüştür [59],[7],[8].

Doğal renklendiricilerin faydaları, yapılan çalışmalar sayesinde ortaya çıkmış [3],[5] ve bu renklendiricilerden bazıları Avrupa'da onaylanıp E koduyla tanınmıştır. Antosiyaninler (E163), betalainler (E162), karotenoidler (E160 ve E161) ve antosiyanin olmayan fenolik bileşikler en yaygın olarak kabul edilen ve çalışılan doğal renklendiricilerdir [3],[5].

Betalainler, doğal gıda renklendiricilerinin iyi bir örneğidir. Bunun nedeni ise, betalainin renklendirme özelliğinin yanı sıra antioksidan ve antiradikal özellikler gibi biyolojik özelliklere, oksidatif hasara karşı koruma [5],[9],[10], antimikrobiyal [9], antiproliferatif [9],[11],[12], ve nöroprotektif [10] özelliklere

sahip olmasından kaynaklanmaktadır [5]. Betalainler, suda çözünebilir yeteneğine sahip azot içeren bitki pigmentleridir. Kimyasal yapıları ve kompozisyonları baz alınarak iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar; betasiyanin adı verilen kırmızı renkteki pigmentler ve betaksantin adı verilen sarı renkteki pigmentlerdir [13],[14]. Betalainler, Caryophyllales familyasına ait olan bitkilerin çiçek ve meyve kısımlarında yüksek miktarda, vejetatif kısımlarında ise az miktarda bulunmaktadır [15],[16]. Diğer betalain kaynakları ise: kırmızı ve sarı pancar (*Beta vulgaris* L. spp. *vulgaris*) [17],[18], renkli Swiss chard meyvesi (*B. vulgaris* L. spp. *cicla*) [19], yapraklı ve taneli amarant (*Amaranthus* sp.) [20], dikenli incir (*Opuntia* sp.) [21] ve pitaya (*Hylocereus* sp.) meyvesi [22] olarak bilinmektedir.

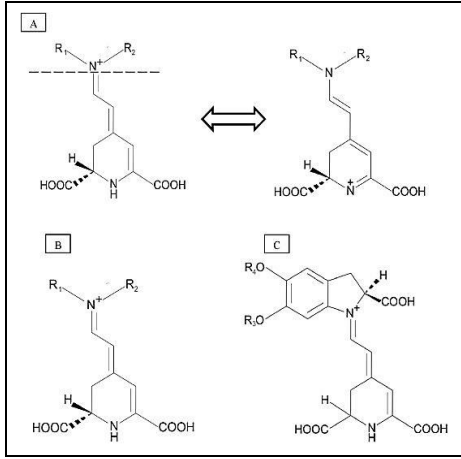
Gıda endüstrisinde doğal renklendirici olarak kullanılan en önemli betalain kaynaklarından birisi pancardır. Pancardan ekstrakte edilen renk pigmenti; domates sosları, çorbalar, tatlılar, reçeller, jöleler, dondurma ve kahvaltılık gevreklerde kırmızı rengi iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır [14]. Pancar haricinde elde edilen betalain ekstraktları, laboratuvar ölçekli olup birçok gıda ürünüde hem ürünün renk kazanmasında hem de söz konusu ürünün raf ömrünün artmasında katkı sağlamaktadır. Yapılan laboratuvar ölçekli araştırmalarda, *Basella rubra* L. meyvesinden elde edilen betalain ekstraktı dondurmaya [23], Red pitaya meyvesinden elde edilen ekstrakt ise şekerleme [24] ve süte [25] eklenerek alternatif betalain kaynakları araştırılmaya çalışılmıştır. Kaktüs meyvesinden elde edilen betalainin ise gıda renklendiricisi

olarak kullanımı yapılan laboratuvar ölçekli çalışmada başarılı sonuç vermiştir [26].

Bu derlemede betalainin moleküler ve kimyasal yapısı, stabilitesini etkileyen faktörler, ekstraksiyon metodları, elde edilen ekstraktların gıdalarda kullanımı ve sağlık açısından etkilerinin anlatılması amaçlanmıştır.

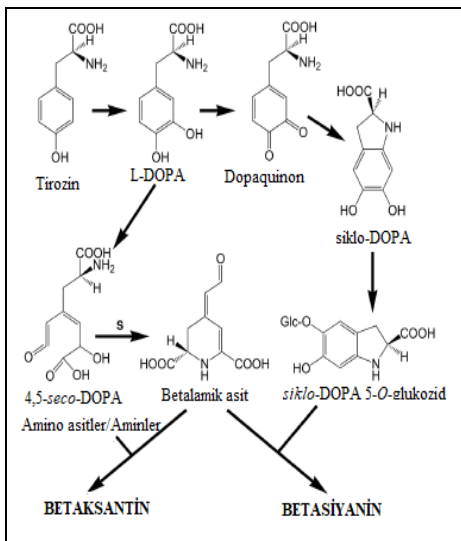
## 2 Betalainin moleküler ve kimyasal yapısı

Betalainler, suda çözünme yeteneğine sahip ve azot içeren, betalamik asit türevi olarak bilinen renk pigmentleridir. Genellikle betasiyanin ve betaksantin olarak iki gruba ayrılmaktadır. Söz konusu iki pigment farklı kimyasal yapıya sahip olduğu için renk karakteristikleri birbirinden farklı özellik göstermektedir [5],[27] ve bu yapılar Şekil 1'de gösterilmektedir. Betaksantinler sarı renkte iken betasiyaninler kırmızı renkte olup iki formun absorban spektrumlarının sahip olduğu maksimum dalga boyu ( $\lambda_m$ ) ise sırasıyla 480 ve 536 nm'dir [28],[29].



Şekil 1: (A) Betalain'in rezonans yapısı (B) Betasiyanin'in basit yapısı (C) Betaksantin'in basit yapısı [30].

Tipik bir betalain biyosentezi, amino asit olan tirozin ile başlamakta, L-DOPA (L-3,4-dihidroki-fenil-alanin) oluşumundan sonra birbirinden bağımsız iki farklı yol ile devam etmektedir ve bu biyosentetik yol Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2: Betalainin biyosentetik yolu [32].

İlk aşamada, tirozinaz enzimi yardımıyla tirozin, L-DOPA'ya hidroksile edilmektedir. Söz konusu enzim, tirozini hidroksile ederek L-DOPA'ya dönüştürürken, L-DOPA'yı okside ederek dopaquinon'a dönüştürmektedir. Dopaquinon daha sonra siklo-DOPA oluşumuna yol açan bir işleme maruz kalmakta ve 4,5-dioksijenaz ile katalize edilen, L-DOPA'nın 4,5-seco-DOPA'ya dönüştürülmesi gibi diğer benzer reaksiyonlar da meydana gelmektedir. Sonrasında, betalamik asit ile siklo-DOPA'nın kondenzasyonu sonucunda betasiyanin (betanidin pigmentleri), betalamik asidin farklı amino asitler veya aminlerle kondenzasyonu sonucunda betaksantin formu oluşmaktadır [5],[27],[31].

## 3 Betalainin stabilitesi

Betalainin stabilitesi, hem pigmente özgü faktörlerden hem de dışsal faktörlerden etkilenmektedir. Pigment konsantrasyonu ve betalain yapılarının yanında pH ve su aktivitesi değerlerinin stabilite üzerine önemli etkileri bulunmaktadır. Betalain içeren gıdalarda optimum pigment ve rengin yapıda tutulmasını sağlamak için, gıda üretimi sırasında sıcaklık ve zaman koşullarında dikkat edilmesi gereken diğer faktörlerdir. Ayrıca, sıcaklık, ışık ve oksijen etkisi gibi dış etkenlerde göz önünde bulundurulmalıdır [33].

### 3.1 Konsantrasyon

Betalain konsantrasyonu yüksek olan matrikslerde betalain stabilitesi artmaktadır. Örneğin, düşük seviyedeki betasiyanin konsantrasyonlarında pigmentlerin degradasyonu kolaylaşmaktadır. Aynı zamanda, betalain grubuna ait betasiyanin ve betaksantin bitki içerisindeki konsantrasyonları bitkilerin biyoaktif özelliklerini de etkilemektedir [5],[34].

### 3.2 Sinerjistik etki

Betalainler, farklı özellikteki bileşiklerle beraber bulunması kendi stabiliteilerinin artmasına veya azalmasına neden olmaktadır. Örneğin, askorbik asit, ve izoaskorbik asit gibi antioksidan maddeler ortamdaki oksijenin uzaklaştırılmasını sağlayarak betalain stabilitesinin arttırmaktayken [1],[5], gallik asit ve klorojenik asit gibi bazı fenolik asitler ile kateşin ve kuersetin gibi flavanoller betalain stabilitesini azaltıcı yönde etki göstermektedir [5],[35].

### 3.3 pH değeri

Betalainler, stabilitesi düşük olan pigmentlerdendir. Optimum stabilite, pH 4-7 arasındadır [35]. Betalamik asit pH 5 ve üzerindeki değerlerde bozunmaktadır [5],[27]. pH kontrolünün eksikliğinde, betalain hızlı bir şekilde bozunmakta ve bu nedenle söz konusu pigmentlerin her gıda formülasyonunda kullanımı sınırlanmaktadır [5],[36]. Betalain, aerobik koşulda pH 5.5-5.8 arasında, anaerobik koşullarda ise pH 4-5 arasında daha yüksek stabilite göstermektedir [14],[37],[38].

### 3.4 Su aktivitesi

Betalain stabilitesi ile su aktivitesi arasında ters bir orantı bulunmaktadır. Dolayısıyla, su aktivitesinin azalması sonucunda betalain stabilitesi artmaktadır [5],[33],[39]. Ek olarak, su aktivitesi, reaktanların hareketliliğine ve oksijen çözünürlüğüne etki ettiği için su aktivitesinin azalması ile betalain stabilitesinin arttırılabileceği düşünülmektedir [1],[5].

### 3.5 Sıcaklık

Sıcaklık, betalain stabilitesini etkileyen en kritik faktörler arasındadır [5],[36]. Doğal matrislerin ve bunların türevi olan

gıda renklendiricilerinin absorpsiyon spektrumlarını ve renk özelliklerini etkileyerek yapısal değişikliklere neden olmakta ve stabiliteyi etkilemektedir. 80 °C gibi yüksek sıcaklıklar ve 20 °C gibi oda sıcaklıkları pigment hidrolizine neden olurken, buzdolabı sıcaklığında (4 °C) renk değişiminin azalmakta, stabilitenin ise artmakta olduğu gözlemlenmiştir [5],[40]. Aynı zamanda betalainin, mikrodalga uygulaması ile 60 °C üzerindeki sıcaklıklarda degradasyona uğradığı bildirilmiştir [5],[41].

### 3.6 Işık

Işık varlığında renkte degradasyon ve oksidasyon reaksiyonları meydana gelmektedir. Işık yoğunluğu (2200-4400 Lux) ile betalain stabilitesi arasında ters bir korelasyon bulunmaktadır. Ultraviyole (UV) ve görünür aralıktaki ışığın yayılması, moleküllerin reaktivitesini artırarak ya da aktivasyon enerjisini düşürerek betalain kromoforunun elektronlarını uyarmaktadır. Böylece renk değerinde azalma gözlenmektedir. Ancak, anaerobik koşullar altında ışık etkisi ihmal edilebilmektedir [14],[37],[38].

### 3.7 Oksijen

Betalain stabilitesindeki artışın, oksijen konsantrasyonundaki azalma ile gerçekleşebileceği yani aralarında ters bir orantı olduğu gözlenmiştir [5],[33]. Bunun yanı sıra, hidrojen peroksitin betalain stabilitesini azaltıcı role sahip olduğu rapor edilirken, azot içeren atmosferin stabiliteyi arttırdığı da gözlenmiştir [5],[33],[39]. Bu nedenle, oksijen yokluğu ve azot içeren atmosferler, betalain stabilitesinin büyük destekleyicileri gibi görünmektedir [5].

### 3.8 Şelatlayıcı ajanlar

Metal iyonları (Fe<sup>+3</sup>, Fe<sup>+2</sup>, Cu<sup>+2</sup>, Sn<sup>+2</sup>, Al<sup>+3</sup>, Hg<sup>+2</sup> ve Cr<sup>+3</sup>) betalain degradasyonunu indükleyerek betalain stabilitesini azaltmaktadır [5],[33],[36],[42],[43]. Bu nedenle, metal şelatlama ajanları (EDTA, sitrik asit vb.) kullanılarak metal kaynaklı betalain yıkımının önlenmesi mümkün olmaktadır [33],[36],[43].

## 4 Betalain ekstraksiyonu

Betalainler, bitki kaynaklarından maserasyon [44],[45] ve sokshalet [44],[46] ekstraksiyonu gibi konvansiyonel katı-sıvı ekstraksiyon metodu ile ekstrakte edilmektedir.

Handayani ve diğ. (2018)'de [47] yaptıkları çalışmada, Dragon meyve (*Hylocereus polyrhizus*) kabuğundan maserasyon metoduyla polar çözgen (pH 4 ve 5) kullanarak betalainin ekstraksiyonu gerçekleştirmişlerdir. Ekstraksiyonda hammadde kurutulup toz haline getirilmiştir. Toz ürün ile polar çözgen oranı 1:20 olacak şekilde oda sıcaklığında 14 sa. ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Sonuçta pH 5'teki çözgenin polaritesi ile betalainin polaritesi birbirine yakın olduğu için maksimum betalainin konsantrasyonu (75.95 mg/L) elde edilmiştir. Sanchez-Gonzalez ve diğ. (2013)'te [17] *Opuntia jonocostle*'dan çözgen ekstraksiyonu ile ekstrakte edilecek olan betalain için optimizasyon çalışması yapmışlardır. Optimizasyon parametreleri; solvent, sıcaklık ve süre olarak sonuç ise betalain konsantrasyonu olarak belirlenmiştir. Maksimum betalain konsantrasyonu çözgen olarak %20 metanollü su (v/v), sıcaklık 15 °C, ve süre 10 dk. olarak elde edilmiştir. Maran ve ark (2013)'te [48] dikenli armuttan maserasyon metoduyla betalain optimizasyonu gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen deneysel veriler, Pareto varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilmiş ve çoklu regresyon analizi kullanılarak ikinci

dereceden polinom modelleri geliştirilmiştir. Optimizasyon parametreleri; sıcaklık, zaman, kütle ve pH olarak belirlenip optimizasyon sonucunda optimum koşullar sırasıyla 42 °C, 115 dk. 1.2 g ve pH 6.9 olarak elde edilmiştir.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, ultrason, mikrodalga, elektrik vurgulu alan destekli ekstraksiyon metodlarının ve yüksek basınçlı CO<sub>2</sub> ekstraksiyon metodunun, geleneksel ekstraksiyon metoduna alternatif olacağını göstermektedir. Bu amaçla Maran ve diğ. (2015)'te Malabar ispanağından, Martins ve diğ. (2016)'da [49] kırmızı pancar köklerinden ultrason destekli ekstraksiyon metodu ile betalain ekstraksiyonunu optimize etmişlerdir. Optimum koşullar Malabar ispanağı için; sıcaklık 54 °C, ultrases gücü 94 W, katı/sıvı oranı 1:17 (w/v) ve süre 32 dakika olarak belirlenmiştir. Kırmızı pancar kökünden ekstraksiyonda optimum koşullar; sıcaklık 53 °C, ultrases gücü 89 W, katı/sıvı oranı 1:19 (w/v) ve süre 35 dakika olarak belirlenmiş ve ekstraksiyonda solvent olarak su kullanılmıştır. Bu koşullarda kırmızı pancardan 1.28±0.02 mg/g betalain elde edilmiştir. Silva ve diğ. (2018)'de ise kırmızı pancardan betalain eldesinde ultrason destekli ekstraksiyonun optimizasyonunu yapmışlardır. Ancak bu çalışmada katı/sıvı oranı sabit tutulup çözgendeki etanol konsantrasyonu bir parametre olarak değerlendirilmiştir. Optimizasyon sonucunda çözgen olarak %25 etanollü su, sıcaklık 52 °C, süre 90 dakika olarak bulunmuştur. Bu ekstraksiyon koşullarında 4.2 mg/g betalain elde edilmiştir. Yapılan iki çalışma sonucunda etanol içeren solventin kullanımı sayesinde daha yüksek miktarda betalainin ekstrakte edilebileceği anlaşılmıştır.

Ramil ve diğ. (2014)'te [45] pitaya meyvesinden betalainin ekstraksiyonunda maserasyon ve ultrason destekli ekstraksiyon metodlarını karşılaştırmışlardır. Maserasyon metoduyla solvent olarak su kullanılmış ve katı/sıvı oranı meyvenin etli kısmı ve kabuk kısmında sırasıyla 1:25 ile 1:55 (w/v) olarak ayarlanmış ve karıştırıcıda 50 °C' de 200 rpm' de 120 dakika ekstraksiyon yapılmıştır. Ultrason destekli ekstraksiyon da ise solvent tipi ve katı/sıvı oranı sabit tutulup 25 °C'de 50 kHz sonikasyon hızında, 30 dakika boyunca ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Bu iki ekstraksiyon sonucunda meyvenin kabuk kısmından ultrason destekli ekstraksiyona (%47.07) kıyasla maserasyon metodundan (%95.25) daha fazla verim elde edilmiştir. Etli kısımdan betalainin eldesinde ultrases destekli ekstraksiyon metodunun (%90.08), maserasyona (%73.27) kıyasla daha yüksek verim eldesi sağladığı görülmüştür.

Singh ve diğ. (2017)'de yaptığı çalışmada *Beta vulgaris* (pancar)'ten mikrodalga destekli ekstraksiyon ile betalainin ekstrakte etmek için optimizasyon yapmışlardır. Ekstraksiyonda, sitrik asit ve etanol içeren iki farklı solvent kullanılmıştır. Optimum koşullar; solvent olarak sitrik asit (pH 5.2), mikrodalga gücü 224.61 MW ve süre 57.06 saniye olarak belirlenmiştir. Söz konusu koşullar altında betalain (betalainin ana bileşeni) konsantrasyonu 229.264 mg/L olarak bulunmuştur.

Loginova ve diğ. (2011)'de [50] elektrik vurgulu alan (PEF) uygulanmış ve uygulanmamış pancar örneklerinde, sıcaklığın (30-80 °C) betalain degradasyonuna etkisi ve ekstraksiyon kinetiğinin belirlenmesi amacıyla çalışma yapmışlardır. Çalışmada, 30 °C' de 5 saat boyunca yapılan ısı uygulamasının betalain degradasyonunda minimum etkiye neden olduğu ancak 80 °C'de 1 sa. boyunca yapılan ısı uygulamasının betalain pigmentinin tamamının bozunmasına neden olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, PEF uygulamasının betalain



ekstraksiyonunun hızlandırılmasında ve ekstraksiyon süresinin azaltılmasında etkili olduğu anlaşılmıştır. Elektroporasyonun, sulu ekstraksiyon yoluyla betalain ekstraktı eldesininin kolaylaştırılmasını sağladığı da gösterilmiştir.

Nunes ve diğ. (2015)'te [51] *Opuntia* spp. meyvesinden betalain eldesinde yüksek basınçlı CO<sub>2</sub> ekstraksiyonu kullanmıştır. Daha önce yapılan çalışmalara göre, ekstraksiyon koşullarından; ekstraksiyon basıncı 100-250 bar, ekstraksiyon sıcaklığı 40-70 °C ve hacim oranı (katı-sıvı karışım/basınçlı CO<sub>2</sub>) %20-80 olarak belirlenmiştir. Yapılan ekstraksiyon işlemi süperkritik akışkan ekstraktöründe gerçekleştirilmiştir. 4.2-11.1 g arasında kullanılan kuru *Opuntia* spp. örnekleri 375 bar basınçtaki CO<sub>2</sub> ile 55 °C sıcaklıkta 60 dk. boyunca ön işlem uygulandıktan sonra yüksek basınçlı CO<sub>2</sub> ekstraksiyonu işlemi yapılmıştır. Farklı basınç, sıcaklık ve hacim oranlarında gerçekleşen ekstraksiyonda optimum değerler; 100 bar basınçta CO<sub>2</sub> kullanımıyla 40 °C sıcaklıkta ve %20 hacim oranında (katı-sıvı karışım/ basınçlı CO<sub>2</sub>) olduğu görülmüştür. Bu koşullar altında elde edilen betalain miktarı 89±0.7 mg/100 g kuru meyve olarak hesaplanmıştır.

## 5 Betalainin gıdalarda kullanımı

Son yıllarda, artan bilinçli tüketici toplumu sayesinde güvenli gıda konusunun üzerinde durulmaktadır. Bu nedenle gıda üreticileri gıda güvenliğini sağlamak için formülasyonlarında sentetik renklendiricilerin kullanımı yerine doğal renklendiricilerin kullanımına önem göstermektedir. Böylece alternatif doğal renklendirici eldesi günümüzde dikkat çeken bir konu haline gelmektedir. Betalainler, hidrofilik özellikte ve güçlü renk verme yeteneğine sahip alternatif gıda renklendiricilerindendir [52]. Birçok süt ürünü [25], dondurma [53], ve yoğurt için renk maddesi olarak kullanımlarının yanı sıra burgerler, tatlılar, reçeller, jelibonlar, çorba, sos ve içeceklerde de renklendirici olarak kullanılmaktadır [3],[5]. Rodriguez-Sanchez ve diğ. (2017)'de [2] yaptıkları çalışmada sarı pitaya (*Stenocereus pruinosus*) meyvesinden ekstrakte ettikleri betalain (betaksantin) pigmentini içeren jelibon ve alkolsüz içecek üretimini gerçekleştirecek elde ettikleri ürün içerisinde betalainin stabilitesini incelemişlerdir. Çalışmada üretilen jelibonda pitaya suyu veya pulpu ve alkolsüz içecekte pitaya suyu kullanılmakta olup elde edilen son ürünlerin (jelibon ve alkolsüz içecek) farklı depolama koşullarında rengin korunma süresi ile renk değeri üzerindeki değişimlerini takip etmişlerdir. Sonuçta, jelibon üretiminde %4.6 (w/v) pitaya suyu veya pulpu, alkolsüz içecek üretiminde ise %5 (w/v) pitaya suyu kullanımı ile karanlık ortamda soğuk depo koşullarında rengin korunma süresinin arttığı belirtilmiştir. Aynı zamanda, betaksantin jelibon içerisinde alkolsüz içeceğe kıyasla daha stabil olduğu da gözlenmiştir. Coria-Cayupan ve Nazareno (2015)'te [54] kaktüs meyvesinden betalain pigmentini ekstrakte ederek yoğurt ve süt kremasına renklendirici olarak ekleyip pigmentin lipid oksidasyonuna karşı koruyucu etkisini incelemiştir. Renklendirici olarak *Opuntia ficus-indica*'dan betanin (kırmızı), *Opuntia magacantha*'dan indiksantin (betaksantin ana bileşeni, turuncu) pigmenti ekstrakte ederek sırasıyla çilekli ve şeftalili yoğurda eklemişlerdir. Çalışma sonucunda, betalain ekstraktı eklenen yoğurtların veya kremanın kontrol grubu örneklerine (betalain eklenmemiş hal) kıyasla lipid oksidasyonunda azalma olduğu ve betalain pigment konsantrasyonunun artırılmasının lipid oksidasyonunu daha fazla azalttığı gözlemlenmiştir. Betanin pigmentinin yoğurt ve krema üzerinde indiksantine

kıyasla oksidasyonu önlemede daha etkili olduğu da yapılan çalışma sonucunda anlaşılmıştır. Kumar ve diğ. (2018)'de [55] betalain posasından elde edilen ekstraktla zenginleştirilmiş zencefil şekerlemesi üretimi için optimizasyon çalışması yapmıştır. Çalışmada haşlama süresi (0-10 dk.) ve pancar ekstraktı (%0-10) değişken olarak belirlenmiş, üretilecek ürünün fizikokimyasal yapısı ve fitokimyasal içeriğine olan etkisi analiz edilmiştir. Maksimum fitokimyasal içeriğe sahip ürün eldesinde optimum noktadaki haşlama süresi 7.81 dk. ve pancar ekstraktı %9.24 olarak belirlenmiştir. Elde edilen son üründe yapılan analiz sonucunda pancar ekstraktı sayesinde antioksidan aktivitenin yüksek olduğu bir şekerleme üretimi gerçekleştirmişlerdir. Kumar ve diğ. (2015)'de [15] yaptıkları çalışmada, Malabar ıspanağı olarak da bilinen *Basella rubra* L. meyvesinden ekstrakte ettikleri betalaini dondurmaya doğal renklendirici olarak eklenmiştir ve son ürünün fizikokimyasal özelliğinin belirlenmesi ve ürünün tüketici tarafından kabul edilebilirliğinin gözlenmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda ürünün -20 °C'de 6 hafta depolandıktan sonra bile renginin %86.63'ünü koruduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda ekstrakt ilavesi ile ürünün daha iyi bir duyu kaliteye sahip olduğu anlaşılmıştır. Kharrat ve diğ. (2018)'de [56] yaptıkları çalışmada kırmızı dikenli armut (*Opuntia stricta*) meyvesinden ekstrakt elde etmiştir. Elde edilen ekstrakt doğal renklendirici ve antimikrobiyal ajan olarak salam formülasyonuna eklenmiştir. Eklenen ekstrakt sayesinde 4 °C'de 30 günün üzerinde depolanan salamlarda bakteriyel gelişimin inhibe olduğu gözlenmiştir. Yapılan duyu analiz sonucunda ise %2.5 ekstrakt kullanımı ile ürünün renk, tat ve tekstürel özelliklerinin panelistler tarafından beğenildiği tespit edilmiştir. Turp ve diğ. (2016)'da [57] kırmızı pancar tozu kullanarak sosis üretimi gerçekleştirmiştir. Sosise belirli oranlarda (%0, %2, %4 ve %6) pancar tozu ilave edilmiş ve elde edilen ürünler 4 °C'de 2 ay depolanmıştır. Pancar tozu ilavesi ile örneklerin pH'sının düştüğü, işlem veriminin arttığı görülmüştür. Aynı zamanda, pancar tozu kullanılan örneklerin depolama aşamasında kontrol örneğe kıyasla oksidasyonunun yavaş gerçekleşmesi sonucunda pancar tozunun antioksidan özellik gösterdiği anlaşılmıştır. Sonuçta, sosis üretiminde %4 oranına kadar pancar tozu ilavesinin ürünü hem duyu hem sağlık açısından geliştirdiği anlaşılmıştır. Gengatharan ve diğ. (2016)'da [25] farklı sıcaklıklarda (30, 50, 85 ve 100 °C) işlem gören ve 10 hafta 4 °C'de depolanan, kırmızı pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) meyvesinden elde edilen ekstrakttaki betasiyanin içeriği ve renk stabilitesine etkilerini araştırmış, kırmızı pancar (*Beta vulgaris*, E-162) ekstraktı ile kıyaslamıştır. Çalışma sonucunda, kırmızı pitayadan elde edilen betasiyaninin bu iki aşamada da E-162'ye kıyasla betasiyanin içeriğinde ve renk stabilitesinde daha az düşüş gözlenmiştir. Aynı zamanda, her iki betasiyanin ekstraktını içeren sütün kontrol örneğine (betasiyanin eklenmemiş) kıyasla 4 °C'de depolandığında mikrobiyal bozulmanın 5 günden daha fazla geciktiği saptanmıştır. Sonuçta, kırmızı pitayadan elde edilen renk (3.89±1.89), E-162 (6.10±1.71) ile kıyaslandığında kabul edilebilir düzeyde olduğu anlaşılmıştır. Böylece, kırmızı pitayadan elde edilen betasiyaninin süte çilek rengi verebilecek alternatif bir renklendirici olduğu belirlenmiştir.

## 6 Betalainin sağlık üzerine etkisi

Betalainler, antioksidan [42],[58], antilipidemik [59], antiproliferatif [15],[60], kardiyoprotektif [61], antiinflamatuvar [62] ve antimikrobiyal [9],[63] etkilere sahiptir. Sahip olduğu antioksidan özelliği ile; kırmızı pancardan elde edilen betalainler, peroksinitrite bağlı tirozin

nitrasyonunu inhibe etmektedir [64],[65]. HT-29 hücrelerinin betalainlerle ön muamelesi sonucunda, hidrojen peroksit kaynaklı DNA hasarını önemli ölçüde azaltmaktadır [65],[66]. Kırmızı pancar posasından elde edilen betalain pigmentlerinin süperoksit anyon radikallerinin %75' ini uzaklaştırdığı elektrospin rezonans spektroskopisiyle ölçülmüştür [67]. Betalainler, serbest radikalleri tutma özelliği sayesinde kanser ve kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etki sağlamaktadır. Betalainlerin antikanser özelliğine sayesinde; Huh7 hücrelerine kırmızı pancardan elde edilen betalainden 15 µM takviye edilmesi sonucunda apoptozu uyaran önemli bir antioksidan olan hücrel glutatyon (GSH) seviyesinde önemli bir artışa neden olduğu belirtilmiştir [65],[66]. Betalainlerin, endojen hücrel antioksidan savunma mekanizmalarını indükleyen bir anahtar transkripsiyon faktörünü (Nrf2) kontrol edebildiği de bulunmuştur [65],[66]. Kolesterol düşürücü ilaçlar, kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi için kullanılmaktadır. Ancak betalain gibi antilipidemik etkiye sahip bitki ekstraktlarının kullanımı ile sentetik ilaçlara kıyasla herhangi bir yan etki ve toksisitenin oluşmadığı gözlenmiş ve bu konuda yapılan çalışmalara destek verilmiştir [65],[68]. Betalainlerin kısa zincirli yağ asiti oluşumunu ve dislipidemik farelerde total kolesterolün artışı engelleyici görülmüştür [59],[65]. Antimikrobiyal aktivitesiyle, *Opuntia matudae* içerdiği betalain sayesinde *Escherichia coli* O157:H7 suşunun gelişimini engellediği tespit edilmiştir [69]. Pancar posasının sahip olduğu betalain pigmentinin ise *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus*'un gelişimini engellemekte olduğu da gözlemlenmiştir [70].

## 7 Sonuçlar

Gıdalarda, işleme ve muhafaza sırasında bir takım değişiklikler meydana gelmektedir. Renk kaybı bu değişimlerin başında yer almaktadır. Tüketicilerin ilk başta dikkat ettiği unsurlardan biri olan renk, zaman içerisinde üreticilerin de bu noktaya odaklanmasında etkili olmuştur. Renk kaybının önlenmesi adına doğal veya sentetik renklendiriciler kullanılmakla beraber tüketiciler tarafından doğal olanın tercih edilmesi üreticileri de doğal renklendirici kullanımına yönlendirmiştir. Bu nedenle hem gıdaların raf ömrünü arttıracak hem de sağlığı olumlu yönde destekleyecek doğal renk maddeleri kullanılmaya başlanmıştır. Antioksidatif, antiproliferatif ve antilipidemik etki gibi sağlığa faydalı birçok özelliği barındıran betalain pigmentinin ise yapılan çalışmalar sonucunda gıdalarda alternatif bir renklendirici olarak kullanıma uygun olduğu anlaşılmıştır.

## 8 Kaynaklar

- [1] Azeredo HMC. "Betalains: Properties, sources, applications, and stability-A review". *International Journal of Food Science and Technology*, 44(12), 2365-2376, 2009.
- [2] Rodríguez-Sánchez JA, y Victoria CMT, Barragán-Huerta BE. "Betaxanthins and antioxidant capacity in *Stenocereus pruinosus*: Stability and use in food". *Food Research International*, 91, 63-71, 2017.
- [3] Martins N, Roriz CL, Morales P, Barros L, Ferreira ICFR. "Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices". *Trends in Food Science and Technology*, 52, 1-15, 2016.
- [4] Amchova P, Kotolova H, Ruda-Kucerova J. "Health safety issues of synthetic food colorants". *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73(3), 914-922, 2015.
- [5] Martins N, Roriz CL, Morales P, Barros L, Ferreira ICFR. "Coloring attributes of betalains: A key emphasis on stability and future applications". *Food and Function*, 8(4), 1357-1372, 2017.
- [6] Carocho M, Barreiro MF, Morales P, Ferreira ICFR. "Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 377-399, 2014.
- [7] Alavizadeh SH, Hosseinzadeh H. "Bioactivity assessment and toxicity of crocin: A comprehensive review". *Food and Chemical Toxicology*, 64, 65-80, 2014.
- [8] Shahid M, Mohammad F. "Recent advancements in natural dye applications: A review". *Journal of Cleaner Production*, 53, 310-331, 2013.
- [9] Vulić JJ, Čebović TN, Čanadanović VM, Četković GS, Djilas SM, Čanadanović-Brunet JM, Velićanski AS, Cvetković DD, Tumbas VT. "Antiradical, antimicrobial and cytotoxic activities of commercial beetroot pomace". *Food and Function*, 4(5), 713-721, 2013.
- [10] Wang CQ, Yang GQ. "Betacyanins from *Portulaca oleracea* L. ameliorate cognition deficits and attenuate oxidative damage induced by D-galactose in the brains of senescent mice". *Phytomedicine*, 17(7), 527-532, 2010.
- [11] Serra AT, Poejo J, Matias AA, Bronze MR, Duarte CMM. "Evaluation of *Opuntia* spp. derived products as antiproliferative agents in human colon cancer cell line (HT29)". *Food Research International*, 54(1), 892-901, 2013.
- [12] Sreekanth D, Arunasree MK, Roy KR, Chandramohan Reddy T, Reddy GV, Reddanna P. "Betanin a betacyanin pigment purified from fruits of *Opuntia ficus-indica* induces apoptosis in human chronic myeloid leukemia Cell line-K562". *Phytomedicine*, 14(11), 739-746, 2007.
- [13] Szopińska AA, Gawęda M. "Comparison of Yield and Quality of Red Beet Roots Cultivated Using Conventional". *Integrated and Organic Method, Journal of Horticultural Research*, 21(1), 107-114, 2013.
- [14] Chhikara N, Kushwaha K, Sharma P, Gat Y, Panghal A. "Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review". *Food Chemistry* 272, 192-200, 2019.
- [15] Kumar SS, Manoj P, Shetty NP, Prakash M, Giridhar P. "Characterization of major betalain pigments-gomphrenin, betanin and isobetanin from *Basella rubra* L. fruit and evaluation of efficacy as a natural colourant in product (ice cream) development". *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), 4994-5002, 2015.
- [16] Swarna J, Lokeswari TS, Smita M, Ravindhran R. "Characterisation and determination of in vitro antioxidant potential of betalains from *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd". *Food Chemistry*, 141(4), 4382-4390, 2013.
- [17] Sanchez-Gonzalez N, Jaime-Fonseca MR, San Martin-Martinez E, Zepeda LG. "Extraction, stability, and separation of betalains from *Opuntia joconostle* cv. using response surface methodology". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(49), 11995-12004, 2013.
- [18] Slatnar A, Stampar F, Veberic R, Jakopic J. "HPLC-MS<sup>n</sup> Identification of Betalain Profile of Different Beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) Parts and Cultivars". *Journal of Food Science*, 80(9), 1952-1958, 2015.

- [19] Yu ZH, Han YN, Xiao XG. "A PPO promoter from betalain-producing red swiss chard, directs petiole- and root-preferential expression of foreign gene in anthocyanin-producing plants". *International Journal of Molecular Sciences*, 16(11), 27032-27043, 2015.
- [20] Li H, Deng Z, Liu R, Zhu H, Draves J, Marcone M, Sun Y, Tsao R. "Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three *Amaranthus* species". *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 75-81, 2015.
- [21] Robert P, Torres V, García P, Vergara C, Sáenz C. "The encapsulation of purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp by using polysaccharide-proteins as encapsulating agents". *LWT- Food Science and Technology*, 60(2), 1039-1045, 2015.
- [22] de Mello FR, Bernardo C, Dias CO, Gonzaga L, Amante ER, Fett R, Candido LMB. "Antioxidant properties, quantification and stability of betalains from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel". *Ciência Rural*, 45(2), 323-328, 2015.
- [23] Kumar SS, Manoj P, Giridhar P, Shrivastava R, Bharadwaj, M. "Fruit extracts of *Basella rubra* that are rich in bioactives and betalains exhibit antioxidant activity and cytotoxicity against human cervical carcinoma cells". *Journal of Functional Foods*, 15, 509-515, 2015.
- [24] Hani NM, Romli SR, Ahmad M. "Influences of red pitaya fruit puree and gelling agents on the physico-mechanical properties and quality changes of gummy confections". *International Journal of Food Science and Technology*, 50(2), 331-339, 2015.
- [25] Gengatharan A, Dykes GA, Choo WS. "Stability of betacyanin from red pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) and its potential application as a natural colourant in milk". *International Journal of Food Science and Technology*, 51(2), 427-434, 2016.
- [26] Obón JM, Castellar MR, Alacid M, Fernández-López JA. "Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems". *Journal of Food Engineering*, 90(4), 471-479, 2009.
- [27] Khan MI, Giridhar P. "Plant betalains: Chemistry and biochemistry". *Phytochemistry*, 117, 267-295, 2015.
- [28] Schaefer HM, Schaefer V, Levey DJ. "How plant-animal interactions signal new insights in communication". *Trends in Ecology and Evolution*, 19 (11), 577-584, 2004.
- [29] Leonard AS, Papaj DR. "'X' marks the spot: The possible benefits of nectar guides to bees and plants". *Functional Ecology*, 25(6), 1293-1301, 2011.
- [30] Delgado-Vargas F, Paredes-López O. *Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses*. 1<sup>st</sup> ed. Boca Raton, US, CRC Press, 2002.
- [31] Strack D, Vogt T, Schliemann W. "Recent advances in betalain research". *Phytochemistry*, 62(3), 247-269, 2003.
- [32] Chung HH, Schwinn KE, Ngo HM, Lewis DH, Massey B, Calcott KE, Crowhurst R, Joyce DC, Gould KS, Davies KM, Harrison DK. "Characterisation of betalain biosynthesis in *Parakeelya* flowers identifies the key biosynthetic gene DOD as belonging to an expanded LigB gene family that is conserved in betalain-producing species". *Frontiers in Plant Science*, 6, 1-16, 2015.
- [33] Herbach KM, Stintzing FC, Carle R. "Betalain stability and degradation-structural and chromatic aspects". *Journal of Food Science*, 71(4), 41-50, 2006.
- [34] Rebecca OS, Boyce AN, Chandran S. "Pigment identification and antioxidant properties of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*)". *African Journal of Biotechnology*, 9(10), 1450-1454, 2010.
- [35] Khan MI. "Stabilization of betalains: A review". *Food Chemistry*, 197, 1280-1285, 2016.
- [36] Gonçalves LCP, Trassi MADS, Lopes NB, Dörr FA, Dos Santos MT, Baader WJ, Oliveira VX, Bastos EL. "A comparative study of the purification of betanin". *Food Chemistry*, 131(1), 231-238, 2012.
- [37] Paciulli M, Medina-Meza IG, Chiavaro E, Barbosa-Cánovas GV. "Impact of thermal and high pressure processing on quality parameters of beetroot (*Beta vulgaris* L.)". *LWT-Food Science and Technology*, 68, 98-104, 2016.
- [38] Ravichandran K, Palaniraj R, Saw NMMT, Gabr AMM, Ahmed AR, Knorr D, Smetanska I. "Effects of different encapsulation agents and drying process on stability of betalains extract". *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 2216-2221, 2014.
- [39] Esatbeyoglu T, Wagner AE, Schini-Kerth VB, Rimbach G. "Betanin-A food colorant with biological activity". *Molecular Nutrition and Food Research*, 59(1), 36-47, 2015.
- [40] Cejudo-Bastante MJ, Hurtado N, Heredia FJ. "Potential use of new Colombian sources of betalains. Colorimetric study of red prickly pear (*Opuntia dillenii*) extracts under different technological conditions". *Food Research International*, 71, 91-99, 2015.
- [41] Slavov A, Karagyozev V, Denev P, Kratchanova M, Kratchanov C. "Antioxidant activity of red beet juices obtained after microwave and thermal pretreatments". *Czech Journal of Food Sciences*, 31(2), 139-147, 2013.
- [42] Ravichandran K, Saw NMMT, Mohdaly AAA, Gabr AMM, Kastell A, Riedel H, Cai Z, Knorr D, Smetanska I. "Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity". *Food Research International*, 50(2), 670-675, 2013.
- [43] Khan MI, Giridhar P. "Enhanced chemical stability, chromatic properties and regeneration of betalains in *Rivina humilis* L. berry juice". *LWT-Food Science and Technology*, 58(2), 649-657, 2014.
- [44] Celli GB, Brooks MSL. "Impact of extraction and processing conditions on betalains and comparison of properties with anthocyanins-A current review". *Food Research International*, 100, 501-509, 2017.
- [45] Ramli NS, Ismail P, Rahmat A. "Influence of conventional and ultrasonic-assisted extraction on phenolic contents, betacyanin contents, and antioxidant capacity of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*)". *Scientific World Journal*, 2014, 1-7, 2014.
- [46] Hilou A, Millogo-rasolodimby J, Nacoulma OG. "Betacyanins are the most relevant antioxidant molecules of *Amaranthus spinosus* and *Boerhavia erecta*". *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(11), 645-652, 2013.
- [47] Handayani MN, Khoerunnisa I, Cakrawati D, Sulastr A. "Microencapsulation of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Peel Extract Using Maltodextrin". *2<sup>nd</sup> Annual Applied Science and Engineering Conference IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Bandung, Indonesia, 24 August 2017.



- [48] Prakash Maran J, Manikandan S, Mekala V. "Modeling and optimization of betalain extraction from *Opuntia ficus-indica* using Box-Behnken design with desirability function". *Industrial Crops and Products*. 49, 304-311, 2013.
- [49] Maran JP, Priya B. "Multivariate statistical analysis and optimization of ultrasound-assisted extraction of natural pigments from waste red beet stalks". *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 792-799, 2016.
- [50] Loginova KV, Lebovka NI, Vorobiev E. "Pulsed electric field assisted aqueous extraction of colorants from red beet". *Journal of Food Engineering*, 106(2), 127-133, 2011.
- [51] Nunes AN, do Carmo C, Duarte CMM. "Production of a natural red pigment derived from *Opuntia* spp. using a novel high pressure CO<sub>2</sub> assisted-process". *RSC Advances*, 5(101), 83106-83114, 2015.
- [52] Stintzing FC, Carle R. "Betalains - emerging prospects for food scientists". *Trends in Food Science and Technology*, 18(10), 514-525, 2007.
- [53] Sravan Kumar S, Manoj P, Giridhar P. "A method for red-violet pigments extraction from fruits of Malabar spinach (*Basella rubra*) with enhanced antioxidant potential under fermentation". *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 3037-3043, 2015.
- [54] Coria-Cayupán Y, Nazareno MA. "Cactus betalains can be used as antioxidant colorants protecting food constituents from oxidative damage". *Acta Horticulturae*, 1067, 319-325, 2015.
- [55] Kumar V, Kushwaha R, Goyal A, Tanwar B, Kaur J. "Process optimization for the preparation of antioxidant rich ginger candy using beetroot pomace extract". *Food Chemistry*, 245, 168-177, 2018.
- [56] Kharrat N, Salem H, Mrabet A, Aloui F, Triki S, Fendri A, Gargouri Y. "Synergistic effect of polysaccharides, betalain pigment and phenolic compounds of red prickly pear (*Opuntia stricta*) in the stabilization of salami". *International Journal of Biological Macromolecules*, 111, 561-568, 2018.
- [57] Turp GY, Kazan H, Ünübol H. "Sosis üretiminde doğal renk maddesi ve antioksidan olarak kırmızı pancar tozu kullanımı". *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 303-311, 2016.
- [58] Albano C, Negro C, Tommasi N, Gerardi C, Mita G, Miceli A, De Bellis L, Blando F. "Betalains, phenols and antioxidant capacity in cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] fruits from apulia (South Italy) genotypes". *Antioxidants*, 4(2), 269-280, 2015.
- [59] Wroblewska M, Juskiewicz J, Wiczkowski W. "Physiological properties of beetroot crisps applied in standard and dyslipidaemic diets of rats". *Lipids in Health and Disease*, 10(1), 178, 2011.
- [60] Naselli F, Tesoriere L, Caradonna F, Bellavia D, Attanzio A, Gentile C, Livrea MA. "Anti-proliferative and pro-apoptotic activity of whole extract and isolated indicaxanthin from *Opuntia ficus-indica* associated with re-activation of the onco-suppressor p16INK4a gene in human colorectal carcinoma (Caco-2) cells". *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 450(1), 652-658, 2014.
- [61] Hobbs DA, Goulding MG, Nguyen A, Malaver T, Walker CF, George TW, Methven L, Lovegrove JA. "Acute ingestion of beetroot bread increases endothelium-independent vasodilation and lowers diastolic blood pressure in healthy men: A randomized controlled trial". *Journal of Nutrition*, 143(9), 1399-1405, 2013.
- [62] Vidal PJ, López-Nicolás JM, Gandía-Herrero F, García-Carmona F. "Inactivation of lipoxygenase and cyclooxygenase by natural betalains and semi-synthetic analogues". *Food Chemistry*, 154, 246-254, 2014.
- [63] Faridah A, Holinesti R, Syukri D. "Betalains from Red Pitaya Peel (*Hylocereus polyrhizus*): Extraction, Spectrophotometric and HPLC-DAD identification, bioactivity and toxicity screening". *Pakistan Journal of Nutrition*, 14, 976-982, 2015.
- [64] Sakihama Y, Maeda M, Hashimoto M, Tahara S, Hashidoko Y. "Beetroot betalain inhibits peroxy-nitrite-mediated tyrosine nitration and DNA strand cleavage". *Free Radical Research*, 46(1), 93-99, 2012.
- [65] Gengatharan A, Dykes GA, Choo WS. "Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods". *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 645-649, 2015.
- [66] Esatbeyoglu T, Wagner AE, Motafakkerzad R, Nakajima Y, Matsugo S, Rimbach G. "Free radical scavenging and antioxidant activity of betanin: Electron spin resonance spectroscopy studies and studies in cultured cells". *Food and Chemical Toxicology*, 73, 119-126, 2014.
- [67] Canadanovic-Brunet JM, Savatovic SS, Cetkovic GS, Vulic JJ, Djilas SM, Markov SL, Cvetkovic DD. "Antioxidant and antimicrobial activities of beet root pomace extracts". *Czech Journal of Food Sciences*, 29(6), 575-585, 2011.
- [68] Allegra M, Tesoriere L, Livrea M. "Betanin inhibits the myeloperoxidase/nitrite-induced oxidation of human low-density lipoproteins". *Free Radical Research*, 41(3), 335-341, 2007.
- [69] Hayek SA, Ibrahim SA. "Antimicrobial activity of xoconostle pears (*Opuntia matudae*) against *Escherichia coli* O157:H7 in laboratory medium". *International Journal of Microbiology*, 2012, 1-6, 2012.
- [70] Velićanski AS, Cvetković DD, Markov SL, Vulić JJ, Djilas SM. "Antibacterial activity of *Beta vulgaris* L. pomace extract". *Acta Periodica Technologica*, 42, 263-269, 2011.