

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DONMUŞ KURUTULMUŞ KIRMIZI PANCARLARIN  
DEPOLANMASI SIRASINDA BAZI KALİTE  
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÖZGÜR AKTOK**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022**

**T.C.**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**DONMUŞ KURUTULMUŞ KIRMIZI PANCARLARIN**  
**DEPOLANMASI SIRASINDA BAZI KALİTE**  
**PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÖZGÜR AKTOK**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022**

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri  
Koordinatörlüğü tarafından 2021FEBE039 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**ÖZGÜR AKTOK**

## ÖZET

### DONMUŞ KURUTULMUŞ KIRMIZI PANCARLARIN DEPOLANMASI SIRASINDA BAZI KALİTE PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZGÜR AKTOK

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ DR. ENGİN DEMİRAY)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022

Kırmızı pancar gıda endüstrisinde gıda renklendiricisi olarak sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmanın birinci aşamasında taze kırmızı pancar dondurarak kurutma işlemi ile kurutulmuştur. Donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri %100 kontrol (%21 oksijen, %78 azot, %0.93 argon ve %0.03 karbondioksit) ve %100 azot gazı olmak üzere 2 farklı şekilde modifiye atmosferde paketleme işlemi uygulanarak paketlenmiştir. Polietilen torbalarda paketlenen donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri ayrı ayrı +4 °C ve +25 °C sıcaklıklarda, depolama kabinlerinde 7, 14, 21 ve 28 gün depolanmıştır. Depolama süreleri tamamlanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve betanin miktarı analizi için örnekler oda sıcaklığında 15, 30, 45 ve 60 dk olmak üzere 4 farklı sürede santifrj işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların grafiği çizilmiş ve istatistiksel analizlerle hesaplaması yapılmıştır. Santifrj süresinin artmasıyla toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve betanin miktarının arttığı saptanmıştır. Farklı şartlarda depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlardaki betanin verimini saptamak için Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC-DAD) cihazı kullanılmıştır. Betanin verimi kıyaslaması için iki farklı ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Geleneksel ekstraksiyon ve ultrases ön işlemlili ekstraksiyon işlemleri sonucunda kromatografik analizler yapılmıştır. Ultrases ön işlemlili ekstraksiyon uygulamasının betanin verimi açısından fark yaratmadığı gözlemlenmiştir. Yapılan literatür taramaları ve elde edilen sonuçlar kıyaslandığında, diğer kurutma işlemleri, depolama süresi ve yapılan analizler sonucunda dondurarak kurutma işleminin kırmızı pancarın kalite özelliklerine olumsuz etkisi olmadığı saptanmıştır.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Antioksidan, Betanin, Dondurarak kurutma, Fenolik madde, Kırmızı pancar, Renk değişimi

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF SOME QUALITY PARAMETERS DURING THE STORAGE OF FREEZE DRIED RED BEETS**

**MSC THESIS**

**ÖZGÜR AKTOK**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**FOOD ENGINEERING**

**(SUPERVISOR:ASSOC. PROF. ENGİN DEMİRAY )**

**DENİZLİ, AUGUST 2022**

Red beet is frequently used as a food colorant in the food industry. In the first stage of this study, fresh red beet was dried by freeze-drying. Freeze-dried red beet samples were packaged in 2 different modified atmosphere packaging processes as %100 control (%21 oxygen, %78 nitrogen, %0.93 argon and %0.03 carbon dioxide) and 100% nitrogen gas. Freeze-dried red beet samples packed in polyethylene bags were stored separately at +4 °C and +25 °C in storage cabinets for 7, 14, 21 and 28 days. Chemical analyzes were carried out on freeze-dried red beet samples whose storage periods were completed. For the analysis of total phenolic substance, antioxidant activity and betanin content, the samples were centrifuged at room temperature for 4 different times, 15, 30, 45 and 60 minutes. The results obtained were graphed and calculated by statistical analysis. It was determined that the total phenolic substance, antioxidant activity and betanin content increased with increasing extraction time. High Performance Liquid Chromatography (HPLC-DAD) device was used to determine the betanin yield in freeze-dried red beets stored under different conditions. Two different extraction methods were used for betanin yield comparison. Chromatographic analyzes were performed as a result of conventional extraction and ultrasound pretreatment extraction processes. It was observed that the ultrasound pre-treated extraction application did not make a difference in terms of betanin yield. When the literature review and the results obtained are compared, it has been determined that the freeze drying process does not have a negative effect on the quality characteristics of red beet, as a result of other drying processes, storage time and analysis.

**KEYWORDS:** Antioxidant, Betanin, Color change, Freeze drying, Phenolic compound, Red beet

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı .....	2
1.2 Literatür Özeti .....	3
1.2.1 Kırmızı Pancar .....	3
1.2.1.1 Kırmızı Pancarın Sağlık Üzerine Etkisi .....	6
1.2.1.2 Kırmızı Pancarın Bileşimi.....	6
1.2.2 Gıda Kurutma Yöntemleri .....	13
1.2.2.1 Doğal Kurutma .....	14
1.2.2.2 Yapay Kurutma .....	15
1.2.2.2.1 Dondurarak Kurutma .....	17
<b>2. MATERYAL ve METOT</b> .....	<b>19</b>
2.1 Materyal.....	19
2.1.1 Kullanılan Kimyasallar .....	19
2.1.2 Kullanılan Cihazlar .....	19
2.1.2.1 Liyofilizatör.....	19
2.1.2.2 Renk Ölçüm Cihazı .....	20
2.1.2.3 HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) Cihazı ....	21
2.1.3 Örneklerin Kurutulması .....	21
2.2 Metot .....	21
2.2.1 Kuru Madde Tayini.....	21
2.2.2 Renk Tayini.....	22
2.2.3 Toplam Fenolik Madde Analizi .....	22
2.2.4 DPPH Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Analizi.....	23
2.2.5 Donmuş Kurutulmuş Kırmızı Pancarda Betanin Analizi .....	24
2.2.6 İstatistiksel Analizler .....	26
<b>3. BULGULAR</b> .....	<b>27</b>
3.1 Kuru Madde Değişimi .....	27
3.2 Renk Değişimi .....	27
3.3 Toplam Fenolik Madde Değişimi.....	32
3.4 Antioksidan Aktivite Değişimi.....	37
3.5 Betanin Miktarı Değişimi .....	43
<b>4. SONUÇ ve TARTIŞMA</b> .....	<b>48</b>
<b>5. KAYNAKLAR</b> .....	<b>50</b>
<b>6. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>56</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 1.1:</b> Kırmızı Pancarın Biyokimyasal İçeriği .....	7
<b>Şekil 1.2:</b> Betalamik asit (a), betasiyanin (b), betaksantin (c) kimyasal yapıları	9
<b>Şekil 2.1:</b> Dondurarak kurutma işleminin gerçekleştirildiği liyofilizatör cihazı genel görünüm .....	20
<b>Şekil 3.1:</b> +4 °C’de %100 azot gazı ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda zamanla gerçekleşen toplam fenolik madde değişimi	35
<b>Şekil 3.2:</b> +4°C’de, %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen toplam fenolik madde değişimleri .....	35
<b>Şekil 3.3:</b> +25°C’de, %100 azot ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen toplam fenolik madde değişimleri .....	36
<b>Şekil 3.4:</b> +25°C’de, %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen toplam fenolik madde değişimleri .....	37
<b>Şekil 3.5:</b> +4°C’de, %100 azot gazı ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen antioksidan aktivite değişimleri .....	40
<b>Şekil 3.6:</b> +4°C’de, %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen antioksidan aktivite değişimleri .....	41
<b>Şekil 3.7:</b> +25°C’de, %100 azot gazı ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen antioksidan aktivite değişimleri .....	41
<b>Şekil 3.8:</b> +25°C’de, %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen antioksidan aktivite değişimleri .....	42



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 1.1: Yıllara göre Türkiye’de kırmızı pancar üretimi (TUIK 2020) .....	2
Tablo 1.2: Gıdalarda bulunan baskın betalainler ve miktarları .....	8
Tablo 2.1: HPLC sistemi ve kromatografi koşulları .....	25
Tablo 2.2: Betanin profili elüsyon koşulları .....	26
Tablo 3.1: Taze kırmızı pancarın renk değerleri .....	27
Tablo 3.2: Farklı koşullarda depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin depolama sonrası görüntüleri.....	28
Tablo 3.3: +25 °C depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde zamanla gerçekleşen renk değişimleri.....	29
Tablo 3.4: +4 °C depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde zamanla gerçekleşen renk değişimleri.....	30
Tablo 3.5: Taze kırmızı pancar örneğindeki toplam fenolik madde miktarı....	32
Tablo 3.6: +4 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrjü sonucu toplam fenolik madde miktarı	33
Tablo 3.7: +25 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrjü sonucu toplam fenolik madde miktarı	34
Tablo 3.8: Taze kırmızı pancarın santifrjü işlemi sonucu elde edilen antioksidan aktivite miktarı .....	38
Tablo 3.9: +4 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrjü işlemi sonucu antioksidan aktivitesi miktarı .....	38
Tablo 3.10: +25°C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrjü sonucu antioksidan aktivitesi miktarı	39
Tablo 3.11: Taze kırmızı pancarın santifrjü sonucu elde edilen betanin miktarı	43
Tablo 3.12: +4 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrjü sonucu betanin miktarı .....	44
Tablo 3.13: +25 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrjü sonucu betanin miktarı .....	45
Tablo 3.14: +4 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın ultrases ön işlemi uygulanan 60 dakika santifrjü sonucu betanin miktarı.....	45
Tablo 3.15: +25° C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın ultrases ön işlemi uygulanan 60 dakika santifrjü sonucu betanin miktarı.....	46

## SEMBOL LİSTESİ

<b>g</b>	:	Gram
<b>mg</b>	:	Miligram
<b>l</b>	:	Litre
<b>ml</b>	:	Mililitre
<b>HPLC</b>	:	Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
<b>LC-PDA</b>	:	Sıvı Kromatografisi Photo Diode Array Dedektör
<b>DAD</b>	:	Diode Array Dedektör
<b>dk</b>	:	Dakika
<b>T</b>	:	Sıcaklık
<b>t</b>	:	Süre
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b>cm</b>	:	Santimetre
<b>v/v</b>	:	Hacimce Oran
<b>g/g</b>	:	Kütlece oran
<b>GAE</b>	:	Gallik Asit Eşdeğeri
<b>mmol</b>	:	Milimol
<b>TE</b>	:	Trolox Eşdeğeri
<b>kcal</b>	:	Kilokalori
<b>W</b>	:	Watt
<b>kW</b>	:	Kilowatt
<b>KM</b>	:	Kuru Madde
<b>DPPH</b>	:	2,2-diphenly-1-picrylhydrazyl
<b>rpm</b>	:	Dakikadaki dönüş sayısı
<b>Lux</b>	:	Lüks
<b>UV</b>	:	Ultraviyole

## ÖNSÖZ

Araştırma konusunun belirlenmesi, planlanması ve yürütülmesinde bana yol gösteren, desteğini esirgemeyen ve tecrübelerini aktaran değerli hocam Doç. Dr. Engin DEMİRAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmanın yürütülmesinde gerekli imkanları sağlayan Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na ve araştırmalarımı destekleyen üniversitemizin Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimine teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışma boyunca her türlü yardımı ve tecrübelerini benden esirgemeyen Gıda Mühendisi Jülide Gamze YAZAR ve Gıda Yüksek Mühendisi Pınar ŞENGÜN'e teşekkür ederim.

Son olarak beni bu günlere getiren, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve her daim yanımda olan sevgili babam Cemalettin AKTOK, sevgili annem Aynur AKTOK ve sevgili abim Uğur AKTOK'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

# 1. GİRİŞ

Meyve ve sebzeler, besin içeriğinin yüksek olması ve sağlık üzerine olumlu etkilerinden dolayı sağlıklı bir yaşam için vazgeçilmezdir (Shishir ve Chen 2016). Meyve ve sebzeler, içeriğindeki vitamin ve mineraller sayesinde bizlere çeşitli faydalar sağlamaktadır (Tontul ve Topuz 2017). Araştırmalar meyve ve sebzelerin zengin diyetler ile tüketildiğinde çeşitli kalp rahatsızlıklarının gerçekleşme riskinin azalttığını göstermektedir. Çeşitli hastalıkların engellenmesinde meyve ve sebzelerde bulunan vitamin ve minerallerin yanı sıra polifenoller, flavonoidler, steroller, antosiyaninlerin de etken olduğu belirtilmektedir (Karam ve diğ. 2016).

Meyve ve sebzeler, içeriği bakımında sağlıklı bir yaşam için gerekliliğinin yanı sıra gıda sektöründe gıda renklendiricileri elde etmek için de kullanılmaktadır. Doğal gıda renklendiricilerinin kullanımı dünya çapında artmaktadır (Feketea ve Tsabouri 2017). Bitki kaynaklarından elde edilen gıda renklendiricilerinin olumlu etkileri gözlemlenmiş ve bitki kaynaklı gıda renklendiricilerine ilgi artış göstermiştir (Moreno ve diğ. 2017).

Renk, duyarlar tarafından algılanan ilk özelliklerden biridir. Gıda endüstrisinde gıdanın orijinal görünümünü korumak ya da eski haline getirmek için gıda boyaları kullanılmaktadır. Sentetik gıda boyaları insan sağlığını tehdit eden olumsuz koşullar yaratması sebebiyle, doğal renklendiriciler bulmak için çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Kırmızı pancar ise bu alanda yapısındaki betalainler ile son zamanlarda kırmızı gıda boyası olarak kullanılmak için iyi bir alternatif haline gelmiştir (Adiyaman ve diğ. 2012).

Kırmızı pancar, yapısındaki yüksek betalain ve besleyici değerler nedeniyle insan sağlığına olumlu etkileri göz önüne alındığında ülkemizde tüketimi rağbet görmektedir (Özcan ve Bilek 2018). Kırmızı pancarın yapısındaki antioksidan aktivitesi, fenolik bileşikler ve çeşitli vitamin ile mineraller, kırmızı pancarın sağlığınıza önemli bir faydası olduğunu göstermektedir (Azeredo 2009).

Kırmızı pancarın insan sağlığına etkilerinin yanı sıra, doğal renk maddesi olarak kullanımı çok yaygındır. Renk, ürünün kalite kriterlerini ve tüketici tercihlerini etkileyen önemli bir faktördür. Doğal olarak tükettiğimiz gıdaların kendine has rengi olmasına rağmen; üretim, taşıma, depolama gibi aşamalar ürünün fiziksel olarak hasara uğramasına ve kimyasal etkiler neticesinde çeşitli kayıplara uğramasına sebep olabilmektedir (Hacıbektaşoğlu 2019).

Kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L.), Chenopodiaceae familyasına ait, mineral bakımından zengin ve tüm iklim koşullarında yetişebilen yumru köklü bir bitkidir (Düker 2017). Ülkemizde çoğunlukla Ege ve Marmara bölgesinde, kısmen Akdeniz bölgesinde üretilirken dünyada Amerika, Avrupa ve Hindistan'da üretilmektedir (Yeler 2021). Ülkemizde, Avrupa ülkelerine göre pancar üretim ve tüketiminin daha erken başladığı (16. Yüzyıl başları ve ortaları) belirtilmektedir (Düker 2017). Son yıllarda ülkemizde üretilen kırmızı pancar miktarları Tablo 1.1'de verilmiştir.

**Tablo 1.1:** Yıllara göre Türkiye'de kırmızı pancar üretimi (TUIK 2020)

Üretim Yılı	Üretim (ton)
2015	7 028
2016	7 774
2017	7 553
2018	7 432
2019	7 408
2020	7 563

## 1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışması ile donmuş kurutulmuş kırmızı pancardan (*Beta Vulgaris* L.) yüksek verim ve doğal yöntemlerle betaninlerin santifrüj cihazında, oda sıcaklığında ekstrakte edilmesi amaçlanmıştır. Santifrüj işlemlerinden önce, dondurarak kurutma yapılarak, elde edilecek betanin miktarına etkisinin gözlemlenmesi amaçlardan biridir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilecek santifrüj işleminden sonra elde edilen betaninlerin muhafazası için uygun şartların belirlenmesi de hedeflenmektedir. Çalışma, donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın; toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivitesi ve betanin analizlerinin gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

Kırmızı pancar'a ilk aşamada dondurarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Donmuş kurutulmuş kırmızı pancara iki farklı santifrj işlemi uygulanarak bazı kalite parametrelerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın, farklı koşullarda depolanarak geleneksel metot ile ekstraksiyonu ve ultrason destekli ön işlem uygulanarak ekstraksiyon uygulaması ayrı ayrı gerçekleştirilerek su aktivitesi, renk, fenolik madde, toplam antioksidan aktivitesi ve betalain analizleri gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen verilen sonucunda en verimli betalain miktarının hangi koşullarda elde edildiğinin gözlemlenmesi amaçlanmaktadır.

## 1.2 Literatür Özeti

### 1.2.1 Kırmızı Pancar

Kırmızı pancar (*Beta Vulgaris* L.) Chenopodiaceae familyasına ait, ülkemizde ve dünyada sıklıkla tüketilen yumru köklü bir bitkidir. Yapısında bulunan vitamin ve minerallerin yanı sıra yüksek betalain içeriğine sahip olması gıda endüstrisinde kullanımını yaygın hale getirmiştir.

Kırmızı pancar gündelik yaşantımızda, turşu, şalgam suyu ve taze haliyle salata olarak tüketilebilirken, kurutularak bebek mamalarında, hazır çorbalarda ve birçok soslarda doğal renklendirici şeklinde çeşitli tüketim ve kullanım alanına sahiptir (Erafşar 2019).

Ravichandran ve diğ. (2013), kırmızı pancarın antioksidan aktivitesi ve betalain içeriği açısından kıyaslama yapmak için kırmızı pancarı mikrodalga, kaynatma, pişirme ve vakum ön işlemlerinden geçirerek betalain ekstraksiyonu işlemini gerçekleştirmişlerdir. Küçük parçalara ayrılmış kırmızı pancarı 10 g'lık numuneler halinde; 450 W, 900 W ve 1800 W gücünde sırasıyla 10, 20 ve 30 saniye ön işlem uygulamıştır. Kaynatma işlemini 50 gram numune ile 80 °C'de sık sık karıştırarak ve eşit miktarda su ekleyerek 60, 120 ve 180 saniye ısıl işleme maruz bırakmıştır. Vakum işlemi için 30 g numune polipropilen torbalarda paketlenerek %94 ve %99 vakumla paketlenme işlemini gerçekleştirmişlerdir. Ekstraksiyon işleminden önce numuneleri dondurarak kurutma ile muhafaza etmişlerdir. Numuneden 0.1 g

olarak, 10 ml etanol ile ekstrakte etmişlerdir. Kırmızı pancardaki betaksantin ve betasiyanin içeriğini spektrofotometrik olarak 480 ve 538 nm’de gözlemlenmelerini gerçekleştirmişlerdir. Ravichandran ve diğ. (2013), bu çalışma ile kırmızı pancarın işlenmesinde betalainler ve antioksidan kapasitesi üzerine bir etkisi olduğunu gözlemlemişlerdir.

Yürük ve Karataş (2019), gerçekleştirdikleri çalışmada, kırmızı pancarı ekstrakte ederek elde edilen betanin renk maddesinin bir brixteki solüsyonlarının ışık altında ve farklı koşullarda ve sıcaklıklarda bekletilmesi sonucu betanin değişimini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada numuneler, 500 ml’lik şişelerde 10-30 °C’lik sıcaklıklarda 3 W’lık led ışık kullanılarak renk değişimlerini incelemişlerdir. Tepkime hız sabitlerini 10, 20, 25 ve 30 °C sıcaklıklarda sırasıyla 0.0232, 0.058, 0.349 ve 0.6648 gün<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir. Ayrıca kinetik değişimlerinin birinci dereceden reaksiyona uyduğunu ve aktivasyon enerjisinin 29.098 kcal/mol olduğu, tepkime hız değişiminin 30°C’de 10°C’ye göre 28 kat daha hızlı olduğunu gözlemlemişlerdir.

Fathabadi ve diğ. (2020) gerçekleştirdikleri çalışmada, kırmızı pancarın renk değişimlerinin gözlemek için dört farklı kurutma yöntemi kullanmışlardır. Çalışmada sıcak hava ve vakumlu kurutucuda 3 farklı sıcaklık (50 °C, 70 °C ve 90 °C), mikrodalga kurutucuda 3 farklı güç seviyesi (180 W, 360 W ve 600 W) ve dondurarak kurutma işlemini -50 °C’de gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar en yüksek renk değişim miktarının mikrodalga ile kurutmada (180 W) ve en düşük renk değişiminin ise dondurarak kurutmada elde edildiğini göstermiştir.

Kerr ve diğ. (2019), kırmızı pancardaki betalain verimini kıyaslamak için yaptıkları çalışmada kırmızı pancarı tepsi, dondurma, tambur ve sürekli vakum olarak farklı yöntemlerle kurutmuşlardır. Tepsi ve tambur kurutucu ile kurutulan kırmızı pancarda renk dengesini sağlayamamış fakat dondurarak ya da vakumlu kurutulmuş kırmızı pancar tozlarının en yüksek betanin ve betaksantin içeriğine sahip olduklarını gözlemlemişlerdir.

Hamid ve diğ. (2018), yaptıkları çalışmada kırmızı pancarı üç farklı metot ile kurutarak, kırmızı pancarın; kimyasal bileşim, mineral, nitrat, betalain, toplam fenolik, toplam flavonid ve renk değerlerini gözlemlemişlerdir. Yaptıkları analizler sonucunda güneşte ve fırında kuruttukları kırmızı pancarın renk değerlerinin düşük olduğunu ve

betalain değerlerinde azalma olduğunu ancak toplam fenolik içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin arttığını gözlemlemişlerdir. Dondurarak kurutma yaptıklarında ise elde edilen kırmızı pancar tozunun diğer kurutma metotlarına göre tesktürel olarak istenilen seviyede kaldığını gözlemlemişlerdir.

Ciurzynska ve diğ. (2021) gerçekleştirdikleri çalışmada kırmızı pancarı dondurarak kurutup farklı ön işlemlerin kırmızı pancarların kalitesine olan etkisini araştırmışlardır. Dondurarak kurutulan kırmızı pancarlar haşlama ve ultrason ön işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Ultrason ile gerçekleştirilen ön işlemler sonucunda numunelerin su aktivitesinin azaldığını gözlemlemişlerdir. Haşlama ön işlemi uygulanan pancarlarda büzülmenin azaldığını ve gözeneklerin iyileştiği sonucuna varmışlardır. Ön işlem türlerine ek olarak kombine dondurma uygulaması gerçekleştirmiş, ön işlem uygulanan kurutma metodunun sonucunda elde edilen üründe en yüksek büzülme, en düşük gözeneklilik ve su aktivitesi sonucuna varmışlardır.

Hung ve Duy (2012) yaptıkları çalışmada havuç, taro, domates, kırmızı pancar ve patlıcanı dondurarak kurutma ve sıcak hava ile kurutarak, toplam fenolik ve flavonoid bileşiklerindeki değişimi gözlemlemişlerdir. İki farklı yöntemde de elde ettikleri kuru gıdaları alkol ile ekstrakte ederek analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda sıcak hava ile kurutulan gıdalarda dondurarak kurutulan gıdalara göre; toplam serbest ve bağlı fenoliklerin, toplam serbest ve bağlı flavonoidlerin ve toplam antioksidan kapasitelerinin büyük ölçüde daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Gençdağ ve diğ. (2019) yaptıkları çalışmada kırmızı pancar suyu üretiminde enzim ön işlemi uygulayarak, kalite parametrelerinde gerçekleşecek etkileri araştırmışlardır. Çalışmanın amacında yüksek verimlilik elde edilecek şekilde kırmızı pancar suyu eldesinde presleme öncesi enzim ön işlemi uygulamasının ve bu işlemde ortam pH değeri, sıcaklık, enzim oranı ve süresini belirlemek amacıyla gerçekleştirmişlerdir. İlk aşama olarak farklı pH (2.5-5.0) ve sıcaklık (30-60 °C) değerlerinde enzim ilavesinin etkisini, 2. aşamada ise enzim oranı ile işlem sürelerinin etkileri yanıt yüzey metodu ile belirlemişlerdir. Enzim ön işlem uygulamasının ardından verimin %17 arttığını tespit etmişlerdir. En optimal koşul 3.0 pH değer, 50 °C sıcaklık, 75.8 poligalaturonaz birimi (PGB)/g enzim oranı ve 48 dakikalık işlem



süresi olarak belirlemişlerdir. Bu şartlarda meyve suyu verimi %34.7, betanin miktarı 106.0 mg/100 g, toplam fenolik madde miktarı 245.2 mg GAE/100 g, antioksidan kapasitesinin değeri ise 47.0 µTE/100 g olarak bildirilmiştir.

### **1.2.1.1 Kırmızı Pancarın Sağlık Üzerine Etkisi**

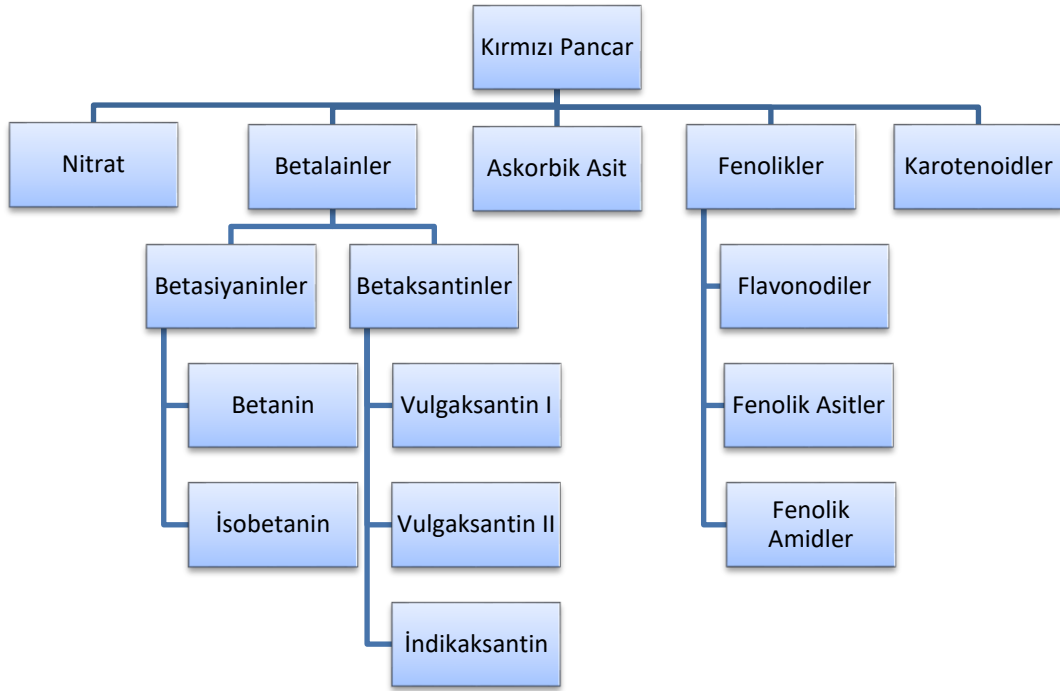
Kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L.), yapısında bulunan polifenoller, karotenoidler ve betalainler ile antioksidan, antikanserojenik ve karaciğer koruyucu niteliklere sahip olup, diyabet önleyici, kardiyovasküler hastalıkları azaltıcı, yüksek tansiyonu düşürücü ve yara iyileştirici gibi birçok fayda sağlamaktadır. (Hacıbektaşoğlu 2019). Yapısındaki betalain sayesinde en güçlü antioksidan özelliklere sahip ilk on sebze arasında bulunduğu, Polonya’da yapılan araştırmalarla kabul edilmiştir (Azeredo 2009).

Kırmızı pancar kökü pigmentlerinin çeşitli rahatsızlıkları önleyici, özellikle; deri, akciğer, kolon kanseri gibi çeşitli kanser türü ve rahatsızlıkların oluşumunu engelleyen önemli bir etkisi olduğu araştırmalar sonucunda tespit edilmiştir (Tekin ve diğ 2018).

Masih ve diğ. (2019), yayınladıkları makalede kırmızı pancarın sağlığa etkilerini araştırmışlardır. Yaptıkları araştırmada kırmızı pancarın; C vitamini, lif, folat (B9 vitamini), manganez, potasyum ile demir gibi temel besinler açısından zengin olduğunu belirtmişlerdir. Kırmızı pancardaki renk pigmentlerinin doğal, zararsız olması ve toksik olmaması nedeniyle gıda endüstrisinde katkı maddesi olarak yaygın bir şekilde kullanıldığını belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra tıbbi açıdan antiviral, antimikrobiyal ve antioksidan özellikler içermesinden dolayı kullanımı yaygınlaşmaktadır. Pancarın, sağlıklı kan basıncı, gelişmiş atletik performans, sindirim sağlığı, beyin sağlığı, iltihaplara karşı gösterdiği direnç ve ayrıca kanser önleyici özellikleri dahil olmak üzere sayısız sağlık yararı olduğu gözlemlenmiştir.

### **1.2.1.2 Kırmızı Pancarın Bileşimi**

Kırmızı pancar (*Beta Vulgaris L.*), pek çok sağlığa ve gündelik hayata faydası nedeniyle tüketim ve kullanımı rağbet görmektedir. Yapısında betalain olarak adlandırılan biyoaktif bileşen bulunmaktadır. Kırmızı pancarın biyokimyasal içeriği çok zengin olup, bileşimi Şekil 1.1’de verilmiştir (Akan ve diğ. 2019).



**Şekil 1.1:** Kırmızı Pancarın Biyokimyasal İçeriği

Kırmızı pancar, besin içeriği bakımından 100 gramında 43kcal enerji, %87.58 su, %1.61 protein, %0.17 yağ, %9.56 karbonhidrat, %2.8 lif, %6.76 toplam şeker, 16 mg Ca, 0.80 mg Fe, 23 mg Mg, 40 mg P, 325 mg K, 78 mg Na, 0.35 mg Zn ve 4.9 mg C vitamini içermektedir (Akan ve diğ. 2019).

Kırmızı pancarın yapısında bulunan karotenoidler, askorbik asit, fenolik maddeler ve betalainler kırmızı pancarın beslenmedeki önemini göstermektedir.

Kırmızı pancarın yapısındaki betalainler gıda sektöründe kırmızı gıda boyası olarak kullanılmaktadır. Doğal yöntemlerle elde edilmesi gıda sektöründe kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Betalain dışında, antosiyanin, karminik asit, yağda çözünen karotenoidler ve klorofillerde doğal gıda renklendiricisi olarak gıda sektöründe yaygın kullanılmaktadır (Azeredo ve diğ 2007). Fakat betalainlerin, antosiyaninlere göre zayıf

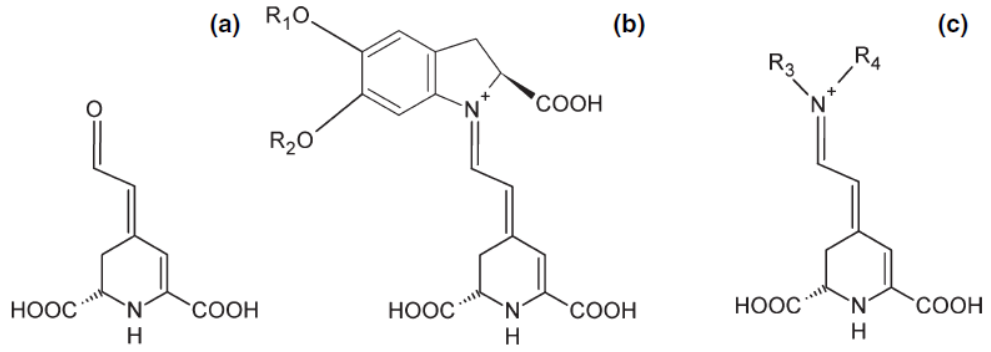
asidik özellik gösteren ortamlarda daha yüksek stabilitesi ve yüksek suda çözünürlükleri nedeniyle betalainlere olan ilgi daha yüksektir (Stintzing ve diğ. 2007). Tablo 1.2’de gıdalarda bulunan baskın betalainler ve miktarları verilmiştir (Özcan 2018).

**Tablo 1.2:** Gıdalarda bulunan baskın betalainler ve miktarları

Betalain Kaynağı	Baskın Betasiyanin	Baskın betaksantin	Toplam betalain miktarı (mg/100g)
Kırmızı pancar ( <i>Beta Vulgaris</i> L.)	Betanin İsobetanin	Vulgaksantin I	78.9-130.9 <sup>a</sup>
Sarı pancar ( <i>Beta Vulgaris</i> L.)	-	Vulgaksantin I	568 <sup>b</sup>
Pazı ( <i>B. Vulgaris</i> L. <i>Spp. Cicla</i> )	Betanin İsobetanin	Vulgaksantin I Miraksantin V	5.7-6.5 <sup>a</sup>
Sarı kaktüs meyvesi ( <i>Opuntia Ficus-indica</i> L. Mill.)	Betanin İsobetanin	İndiksantin	10.24 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>:yaş ağırlık, <sup>b</sup>:kuru ağırlık

Betalainler, suda çözünebilir, nitrojen içeren aminoasitler olmakla birlikte bir aminoasit olan tirozinden iki yapısal gruba sentezlenen yapılardır. Betasiyaninler, sahip olduğu baskın renk olan kırmızı ve mor rengin karışımı, betalainlerin optikçe aktif formlarıdır. Betaksantinler, betasiyaninlerden farklı olarak sarı-turuncu renge sahip olup, yapısında indol çekirdeği amino asitle yer değiştirmiş bir form halindedir. Betasiyanin ve betaksantin grupları yapılarında ortak olarak betalamik asit bulunmaktadır. Betaksantinde indol çekirdeğinin, amino asitle yer değiştirmesi farklı forma olmasına sebep olmaktadır (Özcan 2018). Betalamik asit, betasiyanin ve betaksantin kimyasal yapıları Şekil 1.2’de verilmiştir (Azeredo 2009).



**Şekil 1.2:** Betalamik asit (a), betasiyanin (b), betaksantin (c) kimyasal yapıları

Betalainler, pek çok dış faktörden etkilenmektedir. pH değeri, su aktivitesi, ışık, oksijen, metal iyonları, sıcaklık ve enzimatik aktiviteler gibi birçok fiziksel ve kimyasal faktör betalainlerin stabilitesine etki etmektedir. Hafif alkali ortamlarda betalain stabilitesi olumsuz yönde etkilenirken, pH değerinin 3-7 arasında olması betalainlerin stabilitesine olumsuz yönde etkilememektedir. Betalain stabilitesine etki eden önemli diğer faktörler sıcaklıktır ve oksijendir. Oksidasyon sebebiyle oluşan bazı enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları melanoidin oluşmasına sebep olabilir. Betalainlerin stabilitesinin artırılmasında pH, oksijen, su aktivitesi kadar antioksidanlarda etki etmektedir. Antioksidanların varlığı betalainlerin stabilitesinin artırılması için önemli bir faktördür (Özcan ve diğ. 2018).

Betalainlerin optimum pH değeri 3-7 arasında iken, betalamik asit, 5 ve üzerindeki pH değerlerinde bozunmaktadır. Betalainler optimum pH değerinin dışına çıktığı zaman hızlı bir şekilde bozunmakta olup ve bu durum söz konusu pigmentlerin her gıda formülasyonunda kullanımını sınırlandırmaktadır. Betalain, aerobik koşullarda pH 5.5-5.8 aralığında daha yüksek stabilite gösterirken, anaerobik koşullarda ise pH 4-5 arası daha fazla stabilite gösterebilmektedir (Martins, ve diğ. 2017).

Ortamdaki ışık varlığı renkte, degradasyon ve oksidasyon reaksiyonlarının meydana gelmesine sebep olabilmektedir. Betalain stabilitesi ile ortamdaki ışık yoğunluğunun (2200-4400 Lux) arasında ters bir korelasyon bulunmaktadır. Ultraviyole (UV) ile görünür aralıktaki ışığın yayılması, moleküllerin reaktivitesini artırarak ve aktivasyon enerjisini azaltarak betalain kromoforunun elektronlarını uyarmaktadır. Renk değerlerinde buna bağlı olarak azalma gözlemlenmektedir. Fakat, anaerobik koşullarda ışık etkisi ihmal edilebilmektedir (Chhikara ve diğ. 2019).

Betalainlerin stabilitesinin artışıının, ortamdaki oksijen varlığı ile ters orantılı olduğu gözlemlenmiştir. Oksijenin yanı sıra, hidrojen peroksitin betalain stabilitesini düşürücü etkiye sahip olduğu, azot içeren atmosferin ise stabilizeyi arttırdığı yapılan çalışmalar sonucunda gözlemlenmiştir (Esatbeyoglu ve diğ. 2015).

Metal iyonları ( $Fe^{+3}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Al^{+3}$ ,  $Hg^{+2}$  ve  $Cr^{+3}$ ), betalain bozunmasını tetikleyerek betalain stabilitesinde azalma gerçeşmesine sebep olmaktadır. Bu bozunmaları önleyebilmek için ise şelatlama ajanları (EDTA, sitrik asit vb.) kullanılarak metal iyonları kaynaklı yıkımlar önlenmektedir (Ravichandran ve diğ. 2013).

Sıcaklık, doğal matrislerin ve bunların türevi olan gıda renklendiricilerinin absorbans spektrumlarını ve renk özelliklerini etkileyerek yapısal değişikliklere sebep olan ve stabilizeyi etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Kırmızı pancar gibi sebzelerde bulunan renk pigmentleri, 80 °C gibi yüksek sıcaklıklar ve 20 °C gibi oda sıcaklıklarında hidrolize olmasna sebep olurken, 4 °C olan buzdolabı sıcaklığında ise stabilitesinin arttığı gözlemlenmektedir (Cejudo ve diğ. 2015).

Betalainlerin, farklı özellikteki bileşikler ile beraber bulunması bazı durumlarda stabiliteilerinin artmasına sebep olurken bazı durumlarda ise stabiliteilerinin azalmasına yol açmaktadır. Askorbik asit ile izoaskorbik asit gibi antioksidan maddeler ortamdaki oksijeni uzaklaştırdığı için betalain stabilitesini arttırırken, gallik asit ve klorojenik asit gibi bazı fenolik asitler ile kateşin ve kuersetin gibi flavanoller betalain stabilitesine azalma sağlayacak şekilde etki göstermektedirler (Khan 2016).

Suda çözünür betalainler, betalamik asidin immonyum türevleridir (Piatelli, 1981). Betalainlerin kromofomu sarı renkli, protonlanmış bir 1,2,4,7,7-pentasübtitüe edilmiş, 1,7-diazaheptamin sistemidir (Delgado ve diğ., 2000). Üç konjuge çift bağ, moleküle karakteristik rengini vermektedir (Wybraniec ve diğ. 2002).

Betalainler, kırmızı-mor renge sahip betasiyaninler ve sarı renge sahip betaksantinler olarak temelde iki gruba ayrılmaktadır. Betasiyaninlerin temel yapısı olan betanidinlerin oluşumu, betalamik asit, siklo-3,4-dihidroksifenilalanin ile yoğunlaştığında ortaya çıkmaktadır (Khan 2016).

Betasiyaninler çoğunlukla bağlantılı 5-O-glukosillenmiş ya da nadiren 6-O-glukosillenmiş şekilde gözlemlenirler. Ancak hiçbir zaman her iki pozisyonda glukosillenmiş olarak bulunmazlar. Bu aşamada betasiyaninler; betanin tipi, amarantin tipi, gomphrenin tipi ve 2-deskarboksibetanin tipi olarak 4 farklı gruba ayrılmaktadırlar (Cai ve diğ. 2005). Bunlardan en yaygın olarak bilineni kırmızı pancara kırmızı rengini veren betanin grubudur. Kırmızı renk veren betanin, yapısal olarak  $\beta$ -glükosidik bağlantılı aglikon betanidinden oluşmaktadır (Stintzing 2004).

Gıdaların renklerinin tüketiciler için önemli bir kriter olması, betanin gibi renk maddelerinin gıda boyası olarak kullanılmasını yaygınlaştırmaktadır. Özellikle son on yılda gıda renklendiricilerine yönelik yüksek bir tüketici eğilimi gözlemlenmektedir. Buna bağlı olarak doğal gıda renklendiricilerinin sağlığa etkileri son zamanlarda daha fazla araştırılmakta ve bununla ilgili çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Doğal gıda renklendiricilerinin kullanımı Avrupa Birliği tarafından düzenlenmektedir ve Alman katkı maddeleri yönetmeliğine göre (Zusatzstoff-Zulassungsverordnung) kırmızı pancar pigmenti olan betanin, E162 kodu ile bu yönetmelikte yer almaktadır. Betanin, meyveli yoğurt, dondurma gibi süt ürünleri, reçel, sakız, sos ve çorbalarda kullanılmasının yanı sıra bazı kozmetik ve farmasötiklerde de kullanılmaktadır. Aynı zamanda betalain içeren kırmızı özler de ABD’de doğal gıda renklendiricisi olarak izinli bir şekilde yaygın olarak kullanılmaktadır (Esatbeyoglu ve diğ. 2015).

Kırmızı pancarda bulunan betalainlerin renk verme özelliklerinin dışında pek çok hastalığı önlediği de bilinmektedir. Lipid oksidasyonu ve peroksidasyonu inhibe ettiği, insanlardaki oksidatif stres gibi birçok hastalığı önlemesi ve betalainlerin antioksidan özelliğinin askorbik asitten daha yüksek olduğu da araştırmalar sonucunda gözlemlenmiştir. Kırmızı pancara kırmızı rengini veren betasiyaninlerin antioksidan aktiviteleri ve serbest radikalleri bağlama kabiliyetinin yüksek olduğu ileri sürülmekte ve kırmızı pancarda bulunan betasiyanin ve betaninin LDL miktarını azaltarak, kardiyovasküler hastalıkları önlediği de çeşitli araştırmalar ile kanıtlanmıştır (Mariassyove ve diğ. 2000).

Günlük hayatta insan vücudunda gerçekleşen metabolik olaylar esnasında oksijen kullanımına bağlı olarak; süperoksit, hidroksil, peroksil, alkoksil, semikunion, nitrit oksit kökleri ile hidrojen peroksit, peroksinitrit ve singlet oksijen gibi aktif oksijen formları ortaya çıkmaktadır. Buna bağlı olarak radyasyon, ağır metaller,

pestisitler, çeşitli gazlar, herbisitler ve tedavi için kullanılan pek çok ilaç, aktif oksijen oluşumuna neden olmaktadır. Aktif oksijen oluşumu ile oksidatif stres gibi hastalıkların oluşumu meydana gelebilmektedir. Meydana gelebilen bu hastalıklar, metabolik faaliyetler için gereken aktif oksijen-antioksidanların dengesini bozarak, protein, DNA, karbonhidrat ve lipidlerde zararın oluşmasına sebep olmaktadır. Bu zarar, bazı koroner hastalıklar, diyabet ve karaciğer rahatsızlıkları gibi pek çok hastalığa sebep olabilmektedir (Tekin 2018). Antioksidan ise bu oluşan zarar ve hasarları yok edebilen bileşiklerdir. Diğer molekülün oksidasyonunu önleyebilen veya yavaşlatan antioksidan bileşikleri genellikle vücutta bulunan serbest radikaller ile reaksiyona girerek bu radikalleri temizleyen veya oksidasyonun neden olduğu hasarı azaltan savunma mekanizması olarak görev alan bileşiklerdir (Akalin 2011).

Kırmızı pancardan elde edilen kırmızı pancar suyunun antioksidan aktivitesinin %92.1-92.3 ve toplam fenolik madde oranının ise 3025 µg/mg olduğu belirtilirken diğer sebzelerden elde edilen sularda antioksidan aktivitesinin %10.9-90.7 aralığında fenolik madde oranının ise 449-3025 µg/mg aralığında olduğu belirtilmiştir. Bu veriler göz önüne alındığında kırmızı pancar suyunun diğer sebze sularına oranla en yüksek antioksidan aktivitesi ve en yüksek fenolik madde miktarına sahip olduğu belirtilmiştir (Kanner ve diğ. 2001).

Georgiev ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada kırmızı pancarın antioksidan aktivitesine ilişkin bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada kırmızı pancarın olgunlaşmış saçak köklerinin antioksidan aktivitelerinin %90.7 ve toplam fenolik madde miktarının ise 944 mg/g olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmada kullanılan kırmızı pancarda bulunan fenolik bileşiklerin arasında; 4-hidroksibenzoik asit, kafeik asit, klorojenik asit, kateşin hidrat, epikateşin olduğu da tespit edilmiştir.

Fenolik maddeler, yapısında bir veya daha fazla hidroksil grubu içeren, bitkilerde doğal olarak bulunan, besinlerin lezzetine ve rengine etki eden, antioksidan özelliği olan önemli bir madde grubudur. Fenolik maddeler, flavonoidler ve flavonoid olmayanlar olarak iki gruba ayrılmaktadırlar. Flavonoidler genelde; flavonlar, flavonoller, flavan-3-oller, izoflavonlar, flavanonlar ve antosiyanidinler olarak gruplandırılmaktadırlar. Kalkonlar, dihidrokalkonlar, dihidroflavonoller, flavan-3, 4-dioller ve kumarinler ise diğer minör flavonoid grupları arasına girmektedirler (Guine ve diğ. 2018).

Kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L.) , diğer sebzelere kıyasla yapısında yüksek oranda fenolik bileşik içermektedir. Fakat fenolik bileşik miktarı, bitkinin yetiştirildiği iklim koşulları, hasat zamanı, çevresel faktörler, depolama, işleme gibi pek çok faktöre göre değişkenlik gösterebilmektedir. Kırmızı pancarın yapısında bulunan fenolik bileşikler; ferulik asit, konjigatları, fenolik anidler ve flavonoidlerdir. Ferulik asit, kırmızı pancarın yapısında en çok bulunan fenolik bileşiktir.

Kujala ve diğ. (2001), yaptıkları çalışmada kırmızı pancardaki fenolik maddeleri gözlemlemişlerdir. Kırmızı pancarda 5,5-tetrahidroksi-6,6 3,3-bis indolil, ferulil glukoz ve  $\beta$ -D-früktofüoranosil- $\alpha$ -D-[6-O-E-ferulil glukopiranosid] olmak üzere üç fenolik madde; 2 fenolik amid (N-trans-Ferulil tiramin, N-trans-Ferulilhomovanililamin) 4 flavonoid (betagari, betavulgari Siklosporin A ve dihidro isoramnetin) tanımlanmıştır.

### 1.2.2 Gıda Kurutma Yöntemleri

Gıda muhafazası alanında gıdaların uzun süre ve güvenli depolanması için birçok metot kullanılmaktadır. Kurutma, dondurma, konserveleme, tuzlama ve radyasyon uygulaması gibi pek çok yöntem bulunmaktadır (Alwazeer 2018). Kurutma, gıda muhafazasında kullanılan en eski metotlardan biridir. Kurutma yapılmasının temel amacı, gıdadan serbest suyun uzaklaştırılması ve nem içeriğinin düşürülmesiyle uzun süre ve güvenli depolanmasını sağlamaktır (Kılıç ve Calam 2020). Nem içeriği düşürülen gıdada mikrobiyal bozulmanın ve kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi büyük ölçüde engellenir (Kaleta ve Gornicki 2009). Bununla birlikte gıdanın, ağırlık ve hacminde azalma sağlayarak gıdaları paketlemenin kolaylaşması, ulaşım ve depolama maliyetlerinde de avantaj sağlamaktadır (Doymaz 2006).

Gıdaların kurutulması prensibinde pek farklı koşullar etki eder ve bu koşullar ile birlikte 2 farklı kuruma aşaması gözlemlenir. Bunlardan ilki kurumanın yüksek hızda gerçekleştiği ve bununla birlikte nemin büyük bir kısmının uzaklaştığı sabit hız periyodudur. Ardından; su içeriğinin artık azalmış olması ve kuruma hızının yavaşlamasından dolayı daha az su buharlaşır. Bu şekilde ise uzun süre alan azalan hız periyodu gözlemlenir (Dadalı 2007).



Kuruma hızını etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlar; kurutulan gıdanın yüzey alanı, sıcaklık, kurutma havasının hızı, ortamın nem içeriği ve gıdaya özgü özellikler olarak sıralanabilir (Demiray 2009).

Kurutma işlemi gerçekleşirken sıcaklık derecesi artar ve buna bağlı olarak difüzyon hızı da artar. Bu durum kuruma hızını yükselterek, kuruma süresini kısaltır. Gıdaların kurutulmasındaki sıcaklığın avantajı; ısı kaybının en aza indirgenmesi, yüksek sıcaklıklarda havanın nem oranının yükselmesiyle yüksek buhar basıncının sağlanması ve gıdanın erişeceği denge nem içeriğinin yükselmesi olarak sıralanabilir. Kurutma havasının etkisi, kurutma işleminin gerçekleştiği sıcaklıkta kurutma havasının gıdadan absorplayabileceği nem miktarı sınırlı olduğu için gıdaların kurutulmasında önemli bir faktördür. Kurutulacak gıdanın birim yüzey alanı, ısı ve kütle aktarım hızına etki eden önemli faktörlerden biridir. Daha büyük yüzey alanı elde edebilmek ve daha geniş bir ısıtıcı yüzeyde ısı transferi sağlayabilmek için gıdanın ince dilimler halinde ya da küçük parçalar halinde kurutulması gerekir. Bu şekilde ısıнын kurutulan gıdanın merkezine ilerleme süresi kısaltılarak gıdanın nemin uzaklaşması kısa zamanda gerçekleştirilebilir. Kurutulan gıdanın nem içeriği ortamda bulunan ısı miktarına göre farklılık gösterebilmektedir. Ortam neminin artışı veya azalışı maddedeki nem değişimi ile farklı karakteristiklere sahip olmasına sebep olmaktadır. Kurutulan gıdanın kendine özgü özellikler ise gıdanın kurutulması sırasında pek çok aşamaya etki edebilir. Küçük moleküllü erimiş maddelerce zengin bir gıda, bu maddelerin daha az olduğu bir gıda ile farklı kuruma sürelerine sahip olabilir. Buna bağlı olarak zamanla farklı kurutma yöntemleri geliştirilmiştir (Dadalı 2007; Demiray 2009).

### **1.2.2.1 Doğal Kurutma**

Doğal kurutma, güneş enerjisinden faydalanılarak, ürünlerdeki su içeriğinin azalmasıyla gerçekleşen kurutma işlemidir. Doğal kurutma işleminin tercih edilmesinin en büyük etkeni düşük maliyetli bir kurutma metodu olmasından kaynaklanmaktadır. Doğal kurutma yöntemi bilinen en geleneksel kurutma yöntemi olup, gıdaların kendiliğinden kurumalarıyla dayanıklılığının artması prensibine dayanmaktadır. Gündelik hayatımızdaki pek çok tahıl ürünü ile baklagil türleri

güneşten aldıkları ısıyla kuruyarak dayanıklılık kazanmaktadırlar. Fakat güneşte kurutma işlemi bazı ürünlerin uzun süreler boyunca saklanmasına imkan sağlarken bazı ürünler için ise dayanıklılığın sağlanması için pek yeterli olmamaktadır. Ayrıca bazı iklim koşulları güneşte kurutma yapmaya uygun olmamaktadır. Güneşte kurutma yapılırken, kurutma işleminin açık alanda gerçekleşmesi; toz, kir, haşere, böcek gibi istenmeyen faktörlerin gıda ile temasını sağlayabilmektedir. Doğal kurutma yöntemi maliyeti düşük olmasına rağmen, açık alanda kurutma işlemi sırasında gıdaların dış faktörlerle kontaminasyonunun olması doğal kurutma yönteminin en büyük dezavantajlarından biridir. Bu sebeplerden dolayı doğal kurutma yöntemlerinin yanı sıra teknolojik gelişmeler ile birlikte birçok kurutma metodu geliştirilmiştir (Uysal 2019).

### 1.2.2.2 Yapay Kurutma

Doğal kurutmanın metodunun getirdiği dezavantajlar ve birçok yeni teknolojinin gelişimiyle birlikte, kurutma işleminin kapalı alanlarda ve kontrol edilebilir alanlarda gerçekleştirilmesine olanak sağlanmıştır. Kapalı alanlarda ve kontrol edilebilir şartlarda gerçekleştirilen kurutma işlemine “yapay kurutma” yöntemi denilmektedir.

Doğal kurutma yönteminde, güneşin altında gıdaların maruz kaldığı istenmeyen toz, kir, gibi olumsuzluklar ve her iklim koşulunun güneşte kurutmaya elverişli olmamasıyla birlikte günümüzde yapay kurutma işlemleri oldukça önem kazanmaktadır. Kurutulacak olan gıdaların, kontrollü şartlar altında, dış hava koşullarının etkisi altında kalmadan kurutulduğu özel kurutucuların avantajları aşağıda belirtilen şekilde sıralanabilir:

- Ürünlerin kuruma süresi kısaltılabilir,
- Kurutma işleminin gerçekleştirileceği alan kontrol edilebilir,
- Kurutulacak ürünün daha temiz ve kaliteli olması sağlanabilir,
- Daha az vitamin kaybı gerçekleşmektedir,
- Ürün, istenilen nem içeriğine göre kurutulabilir (Demiray 2009).

Yapay kurutma yönteminin temeli, doğal kurutma yönteminin aksine mekanik ve kimyasal işlemler prensibine dayanmaktadır. Günümüzde mekanik ve kimyasal

işlemler, çok hızlı bir gelişim göstermekte ve bu alanda pek çok modern aletler ve ekipmanlar geliştirilmiştir. Kurutma işlemi için geliştirilen alet ve ekipmanların seçilmesi ve kullanımı, kurutulacak ürünün karakteristik özelliğine göre belirlenerek son ürün olarak elde edilecek kuru ürünün kalitesi arttırılabilir (Saldamlı ve Saldamlı 2004).

Yapay kurutma yöntemlerinin temeli; konveksiyonlu kurutma, temaslı kurutma ve radyasyon kurutma olarak üç sınıflandırmaya dayanmaktadır.

**Konveksiyon Kurutma:** Genellikle havanın tercih edildiği, kurutma işlemi için gereken ısının bir gaz yardımı ile elde edildiği kurutma işlemidir. Bu havanın, gıdanın etrafından geçecek şekilde; üzerinden, içerisinden veya arasından geçirilmesiyle kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Fırın kurutucular, akışkan yataklı kurutucular, tünel kurutucular, bantlı kurutucular ve püskürtmeli kurutucular en yaygın şekilde kullanılan konveksiyonlu kurutuculardır (Cemeroğlu 2003).

**Temaslı Kurutma:** Temaslı kurutma metodunda gerekli olan ısı, kondüksiyon yoluyla elde edilmektedir. Kurutma işlemi esnasında kurutulacak ürün sabit kalırken veya hareketli iken, bu sırada temas ettiği sıcak yüzeyden ürüne ısı taşınır. Bu yöntemde en yaygın olarak kullanılan kurutucu, valsli (silindirik) kurutuculardır (Zambak 2015).

**Radyoaktif Kurutma:** Diğer kurutma metotlarının aksine radyoaktif kurutma işleminde radyasyondan yararlanılmaktadır. Kurutulacak olan ürüne ısı, herhangi bir taşıyıcıya gerek duymamaktadır ve sistemdeki bir radyasyon kaynağı, ısının ulaşmasına imkan sağlamaktadır. Radyasyon ile kurutma yönteminde; mikrodalga, dielektrik veya infrared gibi elektromanyetik enerji türlerinden yararlanılmaktadır (Cemeroğlu 2004).

Hava ile kurutma, kurutulacak ürünün nemini uzaklaştıran ve ürünü sıcak hava akımına maruz bırakan eski bir işlem olmasına rağmen ürünün kalitesini azaltan ve ürünü orijinalliğinde uzaklaştıran bir kurutma yöntemidir. Hava ile kurutma esnasında gerçekleşen fiziksel değişiklikler arasında; büzülme, artan veya azalan gözeneklilik ve su bağlama yeteneği gibi mikroskobik hasarlar gerçekleşebilmektedir (Witrowa ve diğ. 2006).

Geleneksel kurutma yönteminin getirdiği dezavantajlar ve geliştirilen yapay kurutma metotlarının, kurutulan ürünün karakteristik yapısını bozması, yeni kurutma metotlarının geliştirilmesine sebep olmuştur. Geliştirilen yapay kurutma metotlarından biri de dondurarak kurutma yöntemidir. Dondurarak kurutma (liyofilizasyon) çözücünün (genellikle su) ve/veya süspansiyon ortamının düşük bir sıcaklıkta kristalleştiği ve ardından katı halden doğrudan buhar fazına geçtiği bir kurutma işlemidir. Son zamanlarda dondurarak kurutma işlemi, getirdiği avantajlar ile pek çok sektörde kullanılan metotlardan biri haline gelmiştir (Ciurzynska ve Lenart 2011).

#### **1.2.2.2.1 Dondurarak Kurutma**

Gıdaların kurutulması esnasında istenmeyen kimyasal ve fiziksel değişimlerin gerçekleşmesi gıda sektöründe yeni kurutma yöntemleri geliştirilmesine sebep olmuştur. Kurutulan gıdalarda kalite kriteri, tüketicilerin tercihi için gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Hava ile kurutma kurutulacak malzemenin, nemini buharlaştırdığı ve sürekli akan sıcak havaya maruz kalması, gıda kurutulmasında kullanılan eski metotlardandır. Geleneksel kurutmada gıdanın raf ömrü uzatılmaktadır fakat ürünün orijinal kalitesi büyük ölçüde azalır. Fiziksel değişiklik olarak büzülme, artan veya azalan esneklik, su bağlama yeteneğinin azalması, mikroskobik yapıya zarara uğraması geleneksel kurutmanın çeşitli dezavantajlarından. Bu dezavantajlar göz önüne alınarak farklı kurutma yöntemleri ortaya çıkmıştır ve bunlardan biri de dondurarak kurutmadır.

Dondurarak kurutma, çözücünün (genellikle su) veya süspansiyon ortamının düşük bir sıcaklıkla kristalleştirildiği ve katı fazdan doğrudan buhar fazına geçilerek gerçekleştirilen kurutma işlemidir (Liu ve diğ. 2008). Dondurarak kurutma, ısıya duyarlı bir biyolojik materyalin korunması için geliştirilen bir sistemdir (Dinçer 2003). Günümüzde sadece gıda ürünlerinde değil ilaçlar, kozmetik ürünler, enzimler, seramik tozları gibi birçok alanda kullanımı yaygındır (Ciurzynska ve Lenart 2009).

Dondurarak kurutmanın diğer kurutma yöntemlerine göre pek çok avantajı bulunmaktadır; oda sıcaklığında numune stabilitesi, kolay dehidrasyon işlemi gerçekleştirilebilmesi, gözenekli ürün yapısı, ağırlıktaki azalma, kolay uygulanabilirlik ve steril bir işlem olması önemli avantajlardandır. Geleneksel

kurutma yöntemleri ile dondurarak kurutma yöntemi karşılaştırıldığında, dondurarak kurutma işleminde; morfolojik ve biyokimyasal özelliklerin korunması, yüksek aktivite seviyeleri, daha düşük sıcaklık kullanılması, uçucu maddelerin yüksek oranda geri kazanılması, yüksek verim, uzun raf ömrü ve depolama öne çıkan faydalar olarak göze çarpmaktadır (Dinçer 2003). Ayrıca dondurarak kurutma ile elde edilen ürün geleneksel kurutma yöntemlerine göre elde edilen üründen tekstür olarak daha çıtır ve gevrek bir yapıdadır (Pan ve diğ. 2008).

Tüm bu avantajlara rağmen, dondurarak kurutma; yüksek enerji tüketimi ve işletme ile bakım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle pahalı bir işlem olarak kabul edilmektedir. Geleneksel kurutma yöntemleriyle gerekli maliyetler kıyaslandığında, dondurarak kurutmanın temel enerji gereksiniminin geleneksel metoda göre iki katı fazla olduğu gözlemlenmiştir (Ciurzynska ve Lenart 2009).

Bu çalışmada dondurarak kurutma yöntemi kullanılıp, kırmızı pancar (*Beta Vulgaris* L.) oda sıcaklığında geleneksel katı-sıvı ekstraksiyon yöntemi ve ultrason destekli ekstraksiyon işlemleri yapılarak elde edilen betaninlerin verimi ve antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde miktarı, renk analizleri yapılarak kalitesi gözlemlenmiştir.

## **2. MATERİYAL ve METOT**

### **2.1 Materyal**

Bu çalışmada materyal olarak betanin yönünden zengin içeriğe sahip kırmızı pancar (*Beta Vulgaris L.*) kullanılmıştır. Materyal olarak kullanılan kırmızı pancar, Denizli'nin Pamukkale ilçesindeki semt pazarından temin edilmiştir. Temin edilen kırmızı pancarlar, dondurarak kurutma işleminin gerçekleştirileceği Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne soğuk zincir koşullarında seri bir şekilde getirilerek ayıklama ve kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

#### **2.1.1 Kullanılan Kimyasallar**

HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) analizlerinde betanin standardı temin edilmiştir. Donmuş kurutulmuş kırmızı pancardaki betanin miktarı analizinde kalibrasyon eğrisi hazırlamak için betanin standardı, mobil faz olarak ise HPLC saflığında formik asit ve HPLC saflığında asetonytril kimyasalları kullanılmıştır.

Antioksidan aktivitesi tayini için stok DPPH çözeltisi ve metanol kimyasalları kullanılmıştır.

Toplam fenolik madde tayini için, sodyum karbonat bileşiği ve folin kimyasalları kullanılmıştır.

#### **2.1.2 Kullanılan Cihazlar**

##### **2.1.2.1 Liyofilizatör**

Donmuş kurutulmuş kırmızı pancar eldesi için Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü laboratuvarında bulunan liyofilizatör cihazı ile dondurarak

kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Liyofilizatör cihazının genel görünümü Şekil 2.1’de verilmiştir.



**Şekil 2.1:** Dondurarak kurutma işleminin gerçekleştirildiği liyofilizatör cihazı genel görünüm

### 2.1.2.2 Renk Ölçüm Cihazı

Donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin depolanması sırasında meydana renk değişimleri, Colorimeter (Model: PCE-CSM1) ile ölçülmüştür.

### **2.1.2.3 HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) Cihazı**

Dondurarak kurutulmuş kırmızı pancarlardaki betanin miktarının belirlenmesi, SHIMADZU firmasının ürettiği HPLC cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

### **2.1.3 Örneklerin Kurutulması**

Temin edilen kırmızı pancarlar yıkanıp ayıklandıktan sonra sapları kesilmiştir. Ardından kabukları soyularak dilimlenen pancarlar blender yardımı ile parçalanmıştır. Parçalanarak küçük hale getirilen pancarlar -80 °C derin dondurucuda 24 saat dondurulmuştur. 24 saat sonra dondurucudan çıkarılan kırmızı pancar örnekleri, 0.670 bar ve -90 °C'deki liyofilizatöre yerleştirilerek dondurarak kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Liyofilizatöre yerleştirilen örnekler 24 saat sonra liyofilizatörden çıkarılarak kontrol (%100 kontrol;%78 azot, %21 oksijen, %0.93 argon, %0.03 karbondioksit) ve azot (%100 azot) grubu olacak şekilde polietilen torbalarda paketlenmiştir. Paketlenen dondurarak kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri +4 °C ve +25 °C olacak şekilde 2 farklı sıcaklıktaki depolama kabinlerinde depolanmıştır. Depolanan dondurarak kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinden her 7 günde bir numune çıkarılarak gerekli analizler gerçekleştirilmiştir. Depolanan numuneler 7. gün, 14. gün, 21. gün ve 28. günde depolama kabininden çıkarılarak toplam 1 aylık depolama sürecinde dondurarak kurutulmuş kırmızı pancarın analizleri gerçekleştirilmiştir.

## **2.2 Metot**

### **2.2.1 Kuru Madde Tayini**

Kuru madde tayini için etüv cihazı kullanılmıştır. Taze ve dondurarak kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri 105 °C'de 24 saat boyunca numuneler sabit tartıma gelene kadar bekletilmiştir. Tartımların arasındaki farkın 5 mg altına düştüğü gözlemlendikten sonra kuru madde tayini için hesaplamalar yapılmıştır. Tüm numunelerin hesaplamaları iki paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



### 2.2.2 Renk Tayini

Kurutma işleminin, kırmızı pancarın renk değişimi üzerindeki etkisini incelemek için, renk analizi öncelikle taze kırmızı pancarda ardından dondurarak kurutulmuş kırmızı pancarda gerçekleştirildi. Yıkayıp kabuğu soyulan kırmızı pancar 1 cm<sup>3</sup> olacak şekilde parçalara ayrılmış ve renk ölçüm cihazı ( Colorimeter, Model: PCE-CSM1) ile L, a ve b değerleri okunmuştur. Dondurarak kurutulmuş kırmızı pancarlar ise depolama sürelerine göre 7. gün, 14. gün, 21. gün ve 28. günde +4 °C ve +25 °C'deki depolama kabinlerinden çıkarılarak renk değerlerinin okunması gerçekleştirilmiştir. Renk cihazındaki; L\* -açıklık (lightness) koordinatını (L\* = 0 siyahı gösterir ve L\* = 100, beyazdır.), a\* kırmızı/yeşil koordinatını, (+a\* kırmızıyı, -a\* ise yeşili belirtmektedir), b\* -sarı/mavi koordinatını (+b\* sarıyı, -b\* ise maviyi belirtmektedir) belirtmektedir (Yaranlı 2020).

### 2.2.3 Toplam Fenolik Madde Analizi

Toplam fenolik madde tayininde Folin-Ciocalteu Reagent (FCR) metodu kullanılmıştır. Analizin başlangıcında örneklerin santifrüyü yapılmıştır.

Bu amaçla dondurarak kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri hassas terazide 3 gram donmuş kurutulmuş kırmızı pancar tartılmış ardından falcon tüpüne aktarılmıştır. Falcon tüpüne aktarılan numunelerin üzerine 45 gram saf su ( 3:45 g/g) ilave edilmiştir. Her bir depolama örneği için aynı oranda donmuş kurutulmuş kırmızı pancar numunesi ve saf su ile santifrüy hazırlığı yapılmıştır. Santifrüy işlemi oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Depolanan her numune için 15 dk, 30 dk, 45 dk ve 60 dk'lık ekstrakt toplanacak şekilde toplam fenolik madde analizi için falcon tüpleri hazırlanmıştır. Hazırlanan her falcon tüpü 15 saniye vortex cihazında karıştırılarak, numune ve saf suyun karıştırılması sağlanmıştır. Vortex aşamasından sonra her 7 günlük depolanan numune, kontrol ve azot grupları ayrılarak 9000 rpm'de 15 dk, 30 dk, 45 dk ve 60 dk santifrüy cihazında ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Santifrüy işleminden sonra falcon tüplerindeki ekstraksiyon sıvısı pipet yardımı ile küçük amber şişelere aktarılmıştır.

Toplam fenolik madde analizi için %20'lik Sodyum Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) çözeltisi hazırlanmıştır. Analiz için gerekli olan %20'lik Sodyum Karbonat'ın hazırlanması için 80 gram Sodyum Karbonat hassas terazide tartılarak 1000mL'lik balon jøjeye aktarılmıştır. Ardından aynı balon jöjenin çizgisine kadar saf su ilavesi yapılarak 1000 mL'ye tamamlanmış ve iyice karıştırılmıştır.

Santifrüj işleminden sonra elde edilen ekstraktlar, %20'lik Sodyum Karbonat çözeltisi ve Folin toplam fenolik madde tayini için hazır hale getirilmişlerdir. Sarı ışık altında gerçekleştirilen analizde 0.5 mL ekstrakt, 2.5 mL folin ve 2 mL %20'lik Sodyum karbonat çözeltisi tüplere aktarılmıştır. Spektrofotometrede değerleri okunacak olan numunelerin kalibrasyonu için gerekli olan kör, 0.5 mL saf su, 2 mL %20'lik Sodyum Karbonat ve 2.5 mL folin kullanılarak hazırlanmıştır. Depolanan her numune için santifrüj işlemi gerçekleştirilmiş ve her bir numune için 15 dk, 30 dk, 45 dk ve 60 dk'luk ekstraktlar aynı yöntemle toplam fenolik madde tayini için hazırlanmıştır. Deney tüplerinde hazırlanan numuneler 15 saniye vortexte karıştırıldıktan sonra 2 saat karanlık ortamda bekletilmiştir.

Karanlık ortamda 2 saat bekletilen numunelerin değerleri, spektrofotometrede (UV-VIS Shamadzu UV mini 1240) okunarak belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı gallik asit çözeltisi elde edilen kalibrasyon eğrisi kullanılarak gallik asit eşdeğeri (mg GAE/100 g ekstrakt) üzerinden hesaplanmıştır. Karanlık ortamda 2 saat bekletilen numuneler, 760 nm dalga boyunda 2 kontrol 2 paralel olacak şekilde spektrofotometrede okumaları gerçekleştirilmiştir.

#### **2.2.4 DPPH Yöntemiyle Antioksidan Aktivite Analizi**

Antioksidan aktivite tayini 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) metodu uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle kalibrasyon eğrisi için gerekli olan trolox çözeltisi hazırlanmıştır. 0.0050 g Trolox 1 ml etanolde çözündürülerek, elde edilen çözelti 10 ml'lik balon jøjeye aktarılmıştır. Çözeltinin aktarıldığı balon jöje ultrasonik su banyosunda çözündürülerek, 10 ml saf su ile tamamlanmıştır. Kalibrasyon eğrisi 0-50  $\mu\text{mol}$  konsantrasyon aralığındaki trolox çözeltileri kullanılarak oluşturulmuştur.

DPPH yöntemiyle gerçekleştirilecek olan antioksidan aktivite tayini için trolox çözeltisi aşamasından sonra stok çözelti hazırlama aşamasına geçilmiştir. Stok çözelti hazırlamak için 24 mg DPPH tartılıp 100 ml'lik amber şişeye aktarılmıştır. Ardından DPPH'in aktarıldığı amber şişe metanol ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan stok çözelti -20 °C dondurucuda muhafaza edilmiştir. Çalışma çözeltisinin hazırlanması için 10 ml stok çözelti ve 45 ml metanol kullanılmıştır. Belirtilen miktarlarda hazırlanan çalışma çözeltisi spektrofotometrede 515 nm dalga boyunda,  $1.1 \pm 0.02$  değeri elde edilecek şekilde ayarlamaları yapılarak hazırlanmıştır.

Örneklerin analizi için depolanan her ürün 15 dk, 30 dk, 45 dk ve 60 dk santifrüj işlemi gerçekleştirilmiştir. Santifrüj işlemi oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Antioksidan aktivite tayini için 150 µl ekstrakt cam tüplere aktarılmıştır. Üzerine hazırlanan çalışma çözeltisinden 2850 µl ilave edilmiştir. Analiz için hazırlanan tüpler vortex yardımı ile karıştırılmıştır. Ardından 1 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Daha sonra spektrofotometrede 515 nm dalga boyunda örneklerin değerlerinin okunması gerçekleştirilmiştir.

### **2.2.5 Donmuş Kurutulmuş Kırmızı Pancarda Betanin Analizi**

Donmuş kurutulmuş kırmızı pancarda betanin miktarı HPLC cihazında, Yeler (2021) yöntemi modifiye edilerek yapılmıştır. Analiz yapılmadan önce HPLC cihazının temizlenmesi için %10'luk MeOH çözeltileri cihaza verilmiştir. Ekstraktlar cihaza enjekte edilmeden önce kalibrasyon eğrisinin çizimi için gerekli veriler elde edilmiştir. Cihaza farklı konsantrasyonlarda betanin standardı verilerek, kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Betanin analizi için gerekli mobil fazlar; Asetonitril ve Formik Asit/Ultra Saf Su (1:99, v:v) çözeltileri hazırlanmıştır. %1'lik Formik Asit çözeltisi için 100 mL Formik Asit üzerine 900 mL ultra saf su eklenerek vortexte karıştırılmıştır. Mobil fazlar cihaza yerleştirilmeden önce 20 dakika su banyosunda degaze işlemi gerçekleştirilmiştir.

Donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlar örnekleri Şimşek (2019) yöntemi modifiye edilerek 3:45 (numune:saf su) oranı ile falcon tüplerinde hazırlanmış ve santifrüj cihazında (Nüve NF 1200R) santifrüj işlemi gerçekleştirilmiştir. Santifrüj işlemi oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Son üründeki betanin miktarında değişim

olup olmadığını gözlemek için ön işlem olarak ultrasonik su banyosu ile ekstraksiyon işlemi de gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi için hazırlanan örnekler santifrüj cihazına yerleştirilmeden önce ön işlem olarak 10 dakika boyunca ultrasonik su banyosunda (ISOLAB-3L, 40 °C, ultrasonik güç; 120 W, 40 Hz) bekletilmiştir. Ultrasonik su banyosu uygulamasının ardından gerekli ekstraktları elde etmek için santifrüj cihazına 15 dk, 30 dk, 45 dk ve 60 dk boyunca 9000 rpm şartlarında numuneler ekstrakte edilmiştir.

Elde edilen ekstraktlar, şırınganın ucuna yerleştirilen süpernatant filtreden (Millipore, 0.45 µm) geçirilmiştir. Örnekler enjeksiyon şırıngası (Hamilton Co., Reno, NV, ABD) ile HPLC'ye (Model CTO-20A, Shimadzu, Kyoto, Japonya) enjekte edilmiştir. Betalain analizi için HPLC sistemi ve kromatografi koşulları Tablo 3'de verilmiştir. 320 nm'ye ayarlı HPLC'de 15 dakika süre ile yürütülen analizin sonunda piklerin tamamlanması, alıkonma zamanı değerleri ve UV spektrumları referans bileşiklerle birlikte verilerin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Araştırılan betalain konsantrasyonlarının hesaplanmasında numunenin bütünleşik alanları ve ilgili standartlar kullanılmıştır. Örneklerin analizi ikişer paralelli yapılmış, her örnek için iki paralelin ortalaması alınarak sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar kuru madde (mg/g kuru ağırlık) üzerinden hesaplanmıştır. Betanin analizi için HPLC sistemi ve kromatografi koşulları Tablo 2.1'de verilmiştir.

**Tablo 2.1:** HPLC sistemi ve kromatografi koşulları

<b>Kolon</b>	Ters faz C <sub>18</sub> kolon (Thermo Fisher Scientific, ODS Hypersil ABD, 15 cm x 4.6 mm, 3 µm)
<b>Dedektör</b>	UV-VIS DAD dedektörü (Model SPD-M20A, Shimadzu)
<b>Gaz giderici</b>	Model DGU 20A, Shimadzu
<b>Akış hızı</b>	0.25 ml/min
<b>Fırın sıcaklığı</b>	35 °C
<b>Elüsyon süresi</b>	15 dakika
<b>Enjeksiyon hacmi</b>	20 µl
<b>Dalga boyu</b>	320 nm
<b>Mobil faz</b>	Gradient sistem Solvent A: Asetonitril, Solvent B: Formik Asit/Ultra saf su (1:99, v:v)

Betanin profili analizi için HPLC sistemi ve kromatografi koşulları Tablo 2.2’de verilmiştir.

**Tablo 2.2:** Betanin profili elüsyon koşulları

Süre (dakika)	%A	%B
0-6	3-16	97-84
6-10	16-50	84-50
10-15	50-3	50-97

Kırmızı pancarlarda bulunan betaninlerin değişim reaksiyonlarının izlenmesinde; örneklerin başlangıçta bulunan betanin miktarlarının ön işlemlere bağlı olarak konsantrasyonundaki değişimler incelenmiştir. İki farklı ön işleme uygulanan betanin ekstraksiyonunda depolama sonrası gerçekleşen değişimler aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$V = \frac{A_2 - A_1}{t_2 - t_1}$$

V: Betanin değişim reaksiyon hızı

A<sub>1</sub>: t<sub>1</sub> zamanındaki betanin konsantrasyonu

A<sub>2</sub>: t<sub>2</sub> zamanındaki betanin konsantrasyonu

t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>: Depolama zamanı

### 2.2.6 İstatistiksel Analizler

Yapılan çalışmada sonucunda elde edilen veriler IBM SPSS 22 programında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) metodu kullanılarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Farklı depolama süreleri ve santifrüj süreleri göz önünde bulundurularak karşılaştırma için Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1 Kuru Madde Değişimi

Kuru madde değişimini gözlemek için taze kırmızı pancar numunesi küçük parçalara bölünmüştür. Ardından 24 saat 105 ° C etüvde bekletilmiştir. Ardından tekrar tartım yapılarak kuru madde değişimi gözlemlenmiştir. Kuru madde değişiminin gözlemlenebilmesi için denklem (1) kullanılmıştır.

$$100 - \% Su = \frac{\text{İlk Tartım} - \text{Son Tartım}}{\text{Örnek Ağırlığı}} \times 100 \quad (1)$$

$$100 - \% Su = \frac{79,95 - 39,55}{45,55} \times 100$$

$$100 - \% Su = \frac{79,95 - 39,55}{45,55} \times 100 = 100 - \% 88,68 = \% 11,32$$

Elde edilen %su miktarının 88.68, etüvden çıkarılan kırmızı pancar numunesinin kuru madde miktarının %11.32 gözlemlenmiştir.

#### 3.2 Renk Değişimi





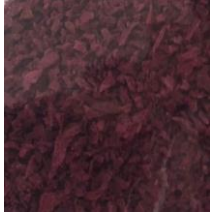

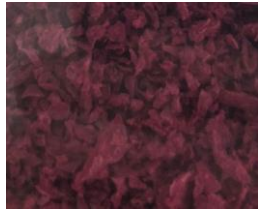





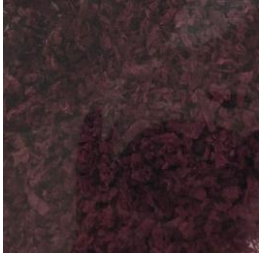
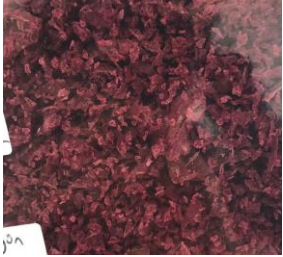
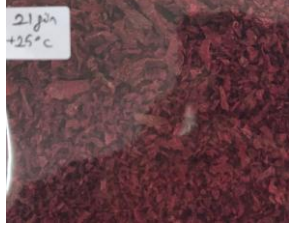

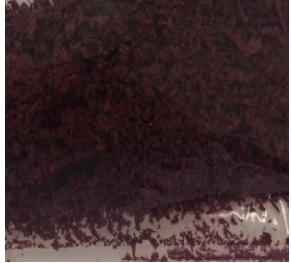



Donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlar 7, 14, 21 ve 28 gün boyunca +4 °C'de ve +25 °C'de depolama kabinlerinde depolandıktan renk analizi gerçekleştirilmiştir. Hiç depolanmadan analizleri yapılan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri 0. gün olarak ele alınmış ve istatistiksel analizler depolama süreleri arasında yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçları taze kırmızı pancar ve donmuş kurutulmuş kırmızı pancar renk değerleri arasında karşılaştırılma yapılmıştır. Taze kırmızı pancar renk değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

**Tablo 3.1:** Taze kırmızı pancarın renk değerleri

	L*	a*	b*
Taze Kırmızı Pancar	24.02±0.21	22.13±0.42	5.07±0.33

Elde edilen donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin depolama sonrası görüntüleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

**Tablo 3.2:** Farklı koşullarda depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin depolama sonrası görüntüleri

	+4 °C		+25 °C	
	Kontrol	Azot	Kontrol	Azot
0. gün				
7. gün				
14. gün				
21. gün				
28. gün				

+25 °C’de depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin depolama sürelerine göre renk değişimi Tablo 3.3’de verilmiştir. +4 °C’de depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarların depolama süreleri tamamlandıktan sonra gerçekleştirilen renk değerlerinin istatistiksel analizleri Tablo 3.4’te verilmiştir.+25 °C’de kontrol grubu donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde 0. gün ile 7. gün örnekleri arasında L\*, a\* ve b\* değerlerinde istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir (p<0.05). 7. gün ve 14. gün depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri arasında L\*, ve a\* değerleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu (p<0.05) fakat b\* değerleri arasında fark olmadığı gözlemlenmiştir (p>0.05). 14. gün ve 21. gün örnekleri arasında L\* ve a\* değerlerinde istatistiksel olarak fark olduğu (p<0.05) fakat b\* değerleri arasında bir fark olmadığı görülmüştür. (p>0.05). 21. gün ve 28. gün örnekleri arasında L\*, a\* ve b\* değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark olduğu gözlemlenmiştir (p<0.05).

+25 °C’de azot grubu donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde 0. gün ile 7. gün örnekleri arasında L\* ve a\* değerlerinde istatistiksel olarak fark olduğu (p<0.05) ve b\* değerlerinde istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir (p>0.05). 7. gün ve 14. gün depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri arasında L\*, a\* ve b\* değerleri arasında fark olduğu gözlemlenmiştir (p<0.05). 14. gün ve 21. gün örnekleri arasında L\* değerlerinde istatistiksel olarak fark olduğu (p<0.05), a\* ve b\* değerleri arasında bir fark olmadığı gözlemlenmiştir (p>0.05). 21. gün ve 28. gün örnekleri arasında L\*, ve b\* değerlerinde istatistiksel olarak fark olmadığı (p<0.05) ve a\* değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark olduğu saptanmıştır (p<0,05).

**Tablo3.3:** +25 °C depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde zamanla gerçekleşen renk değişimleri

	Kontrol			Azot		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
0.Gün	24.51±0.20 <sup>a</sup>	25.11±0.49 <sup>a</sup>	8.33±0.56 <sup>a</sup>	24.55±0.20 <sup>a</sup>	25.48±0.61 <sup>a</sup>	8.17±0.87 <sup>a</sup>
7. Gün	20.37±0.46 <sup>b</sup>	23.56±1.04 <sup>b</sup>	8.41±0.73 <sup>a</sup>	19.67±0.91 <sup>b</sup>	23.45±1.32 <sup>b</sup>	8.98±1.63 <sup>a</sup>
14. Gün	20.45±0.54 <sup>b</sup>	22.98±0.76 <sup>b</sup>	6.67±0.65 <sup>b</sup>	25.66±0.57 <sup>c</sup>	21.80±0.81 <sup>c</sup>	6.70±0.82 <sup>b</sup>
21. Gün	22.11±1.23 <sup>c</sup>	24.54±1.15 <sup>c</sup>	6.48±0.11 <sup>b</sup>	22.47±0.68 <sup>b</sup>	22.47±0.68 <sup>c</sup>	6.23±0.76 <sup>b</sup>
28. Gün	19.65±0.55 <sup>d</sup>	22.84±1.37 <sup>b</sup>	5.56±0.88 <sup>c</sup>	20.31±0.45 <sup>b</sup>	23.87±0.80 <sup>b</sup>	6.39±0.78 <sup>b</sup>



a, b, c, d:Her bir gaz bileşenin kendi içerisinde depolama günleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

+4 °C'de depolanan kontrol grubu donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde 0. gün ile 7. gün örnekleri arasında L\* ve b\* değerleri arasında fark olmadığı ( $p>0.05$ ) a\* değerlerinde istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 7. gün ve 14. gün depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri arasında L\* değerleri arasında fark olduğu ( $p<0.05$ ), a\* ve b\* değerlerinde istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 14. gün ve 21. gün örnekleri arasında L\*, a\* ve b\* değerleri arasında bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 21. gün ve 28. gün örnekleri arasında L\* ve b\* değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark olduğu ( $p<0.05$ ), a\* değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ).

+4 °C'de azot grubu donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde 0. gün ile 7. gün örnekleri arasında L\*, a\* ve b\* değerlerinde istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 7. gün ve 14. gün depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri arasında L\*, a\* ve b\* değerleri arasında fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 14. gün ve 21. gün örnekleri arasında L\* ve b\* değerlerinde istatistiksel olarak fark olduğu ( $p<0.05$ ), a\* değerleri arasında ise bir fark olmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ). 21. gün ve 28. gün örnekleri arasında L\*, a\* ve b\* değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ).

**Tablo3.4:** +4 °C depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde zamanla gerçekleşen renk değişimleri

	Kontrol			Azot		
	L	a*	b*	L*	a*	b*
0.Gün	23.43±0.03 <sup>a</sup>	25.31±1.02 <sup>a</sup>	8.65±0.45 <sup>a</sup>	24.17±1,11 <sup>a</sup>	25.33±2.01 <sup>a</sup>	8.37±0.97 <sup>a</sup>
7. Gün	22.60±0.39 <sup>a</sup>	23.62±0.67 <sup>b</sup>	7.56±1.51 <sup>a</sup>	23.34±0,98 <sup>a</sup>	25.67±0.82 <sup>a</sup>	7.32±1.77 <sup>a</sup>
14. Gün	21.21±0.62 <sup>b</sup>	22.98±0.76 <sup>b</sup>	6.67±0.65 <sup>b</sup>	22.88±1,43 <sup>b</sup>	23.19±1.22 <sup>b</sup>	5.98±0.98 <sup>b</sup>
21. Gün	21.97±0.78 <sup>b</sup>	24.54±1.15 <sup>b</sup>	6.48±0.11 <sup>b</sup>	22.00±0,44 <sup>b</sup>	23.34±0.67 <sup>b</sup>	6.16±1.61 <sup>c</sup>
28. Gün	20.81±0.43 <sup>c</sup>	22.84±1.37 <sup>b</sup>	5.56±0.88 <sup>c</sup>	21.80±0,57 <sup>b</sup>	23.72±0.66 <sup>b</sup>	6.35±0.89 <sup>c</sup>

a, b, c, d:Her bir gaz bileşenin kendi içerisinde depolama günleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

Taze kırmızı pancar örnekleri ile +25 °C’de depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin renk değerleri kıyaslandığında depolama süresi arttıkça L\* değerinin azaldığı, a\* ve b\* değerlerinin arttığı saptanmıştır.

Taze kırmızı pancar örnekleri ile +4 °C’de depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin renk değerleri kıyaslandığında depolama süresi arttıkça L\* değerinin azaldığı, a\* ve b\* değerlerinin arttığı gözlemlenmektedir.

Gokhale ve Lele (2011), yaptıkları çalışmada kırmızı pancarı farklı sıcaklıklarda sıcak hava ile kurularak renk analizi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada 50 °C, 65 °C, 80 °C, 100 °C ve 120 °C’de kurutma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda elde ettikleri L\*, a\* ve b\* değerlerinin kurutma sıcaklığı arttıkça düşüş yaşadığını gözlemlemişlerdir. 50 °C sıcaklıkta L\* değeri 20.10, a\* değeri 12.46, b\* değeri 5.57 iken 120 °C sıcaklıkta L\* değeri 16.77, a\* değeri 9.16, b\* değerinin ise 2.27 olduğu belirlenmiştir.

Hamid ve Nour (2018), yaptıkları çalışmada kırmızı pancara güneşte kurutma, fırında kurutma ve dondurarak kurutma işlemleri gerçekleştirerek renk analizi yapmışlardır. Güneşte kurutma işlemini üç gün boyunca 31-48 °C aralığında gerçekleştirmişlerdir. Güneşte kurutma işlemi sonucunda L\* değerinin 22.01±0.42, a\* değerinin 18.26±0.61, b\* değerinin ise 3.09±0.35 olduğunu gözlemlemişlerdir. Fırında kurutma işlemini 24 saat boyunca 70±2.0 °C aralığında gerçekleştirmişlerdir. Fırında kurutma işleminin sonucunda L\* değerinin 23.11±1.02, a\* değerinin 16.15±0.93 ve b\* değerinin 3.89±0.19 olduğunu gözlemlemişlerdir. Dondurarak kurutma işlemini 24 saat boyunca -23 °C sıcaklıkta gerçekleştirmişlerdir. Dondurarak kurutma işleminin sonucunda L\* değerinin 23.98±0.87, a\* değerinin 21.27±0.82 ve b\* değerinin 2.21±0.46 olduğunu gözlemlemişlerdir.

Önceki çalışmalar ile donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin renk değerleri kıyaslandığında L\*, a\* ve b\* değerlerinin yakın değerler olduğu ve farklı kurutma metodlarıyla gerçekleşen artış ve azalış değerlerinin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Gokhale ve Lele (2011), yaptıkları çalışmada kurutma sıcaklığı arttıkça pancarın karakteristik kırmızı renginin azaldığı, Hamid ve Nour (2018), yaptıkları çalışmadaki kurutma metodları ile donmuş kurutulmuş kırmızı pancar

örneğin renk değerleri kıyaslandığında dondurarak kurutma işlemi sonrası depolama işleminin renk değerlerini diğer kurutma metotları kadar düşürmediği saptanmıştır.

### 3.3 Toplam Fenolik Madde Değişimi

Farklı depolama sıcaklıkları ve sürelerinde depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarların 7, 14, 21 ve 28 gün, 4 °C ve 25 °C süre ve sıcaklıklarda gerçekleşen toplam fenolik madde değişimleri gözlemlenmiştir. Taze kırmızı pancarın santifrüj sürelerine bağlı olarak içeriğindeki toplam fenolik madde miktarı Tablo 3.5'te verilmiştir. Taze kırmızı pancar örneğinde istatistiksel olarak santifrüj süresi arttıkça anlamlı bir fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p < 0.05$ ).

**Tablo3.5:** Taze kırmızı pancar örneğindeki toplam fenolik madde miktarı

	Santifrüj Süresi	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100g)
Taze Kırmızı Pancar	15 dk	3307.22±0.41 <sup>a</sup>
	30 dk	3892.37±0.49 <sup>b</sup>
	45 dk	4103.73±0.23 <sup>c</sup>
	60 dk	4214.51±0.17 <sup>d</sup>

a, b, c, d: Santifrüj süreleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

Donmuş kurutulmuş kırmızı pancarların 7, 14, 21 ve 28 gün boyunca +4 °C'de ve +25 °C'de depolama kabinlerinde depolandıktan sonra 15, 30, 45 ve 60 dk boyunca santifrüj cihazında ekstrakte edilerek toplam fenolik madde içerikleri gözlemlenmiştir. Hiç depolanmadan analizleri yapılan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri 0. gün olarak ele alınmış ve istatistiksel analizler depolama süreleri ve santifrüj süreleri arasında yapılmıştır. +4 °C'de depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarların depolama süreleri tamamlandıktan sonra gerçekleştirilen toplam fenolik madde miktarının istatistiksel analizleri yapılmıştır.

60. Dakika sonucunda elde edilen toplam fenolik madde miktarı sonucu istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3.6'da verilmiştir.

**Tablo3.6:** +4 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrjü sonucu toplam fenolik madde miktarı

	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/100g KM)				
+4 °C 60. dk	0. gün	7. gün	14. gün	21. gün	28. gün
Kontrol	369.54±0.16 <sup>a</sup>	374.50±2.22 <sup>b</sup>	366.86±1.91 <sup>c</sup>	365.47±2.54 <sup>c</sup>	361.03±2.36 <sup>c</sup>
Azot	369.54±0.16 <sup>a</sup>	367.01±1.00 <sup>a</sup>	366.08±0.81 <sup>a</sup>	359.90±2.35 <sup>b</sup>	362.79±2.49 <sup>b</sup>

a, b, c: Her bir gaz bileşenin kendi içerisinde ekstraksiyon süreleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

Kontrol grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen toplam fenolik madde miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p < 0.05$ ). 7. Gün ve 14. Gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p < 0.05$ ). 14.gün ve 21. Gün kıyaslandığında istatistiksel olarak bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p > 0.05$ ). 21. gün ve 28. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı saptanmıştır ( $p > 0.05$ ).

Azot grubu kıyaslandığında, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen toplam fenolik madde miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p > 0.05$ ). 7. gün ve 14. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p > 0.05$ ). 14. gün ve 21 gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p < 0.05$ ). 21. gün ve 28. gün kıyaslandığında toplam fenolik madde miktarında istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ).

+25°C’de depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarların depolama süreleri tamamlandıktan sonra gerçekleştirilen toplam fenolik madde miktarının istatistiksel analizleri yapılmıştır.

. 60. Dakika sonucunda elde edilen toplam fenolik madde miktarı sonucu istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3.7’de verilmiştir.

**Tablo3.7:** +25 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrjü sonucu toplam fenolik madde miktarı

+25 °C 60. dk	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/100g KM)				
	0. gün	7. gün	14. gün	21. gün	28. gün
Kontrol	369.54±0.16 <sup>a</sup>	366.67 ±1.82 <sup>a</sup>	361,44±2.17 <sup>b</sup>	362.57±2.06 <sup>b</sup>	361.45±3.01 <sup>b</sup>
Azot	369.54±0.16 <sup>a</sup>	366.55±1.16 <sup>a</sup>	367.31±2.57 <sup>a</sup>	367.21±1.22 <sup>a</sup>	365.12±3.14 <sup>a</sup>

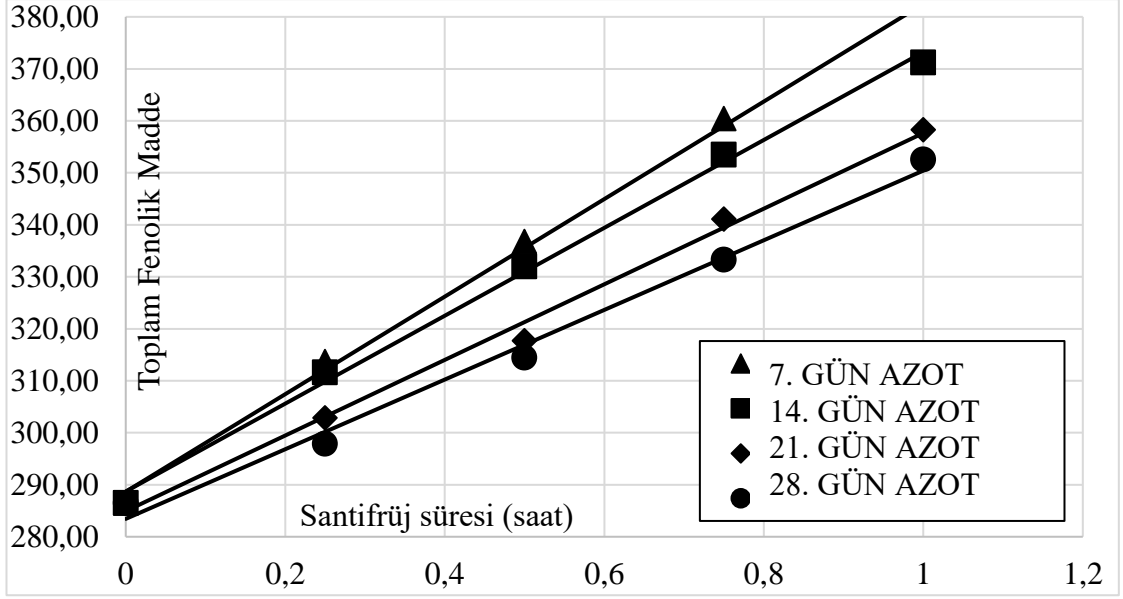
a, b, c: Her bir gaz bileşenin kendi içerisinde ekstraksiyon süreleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

Kontrol grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen toplam fenolik madde miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 7. gün ve 14. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 14. gün ve 21. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 21. gün ve 28. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ).

Azot grubu kıyaslandığında, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen toplam fenolik madde miktarları arasında 0. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün ve 28. gün arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ).

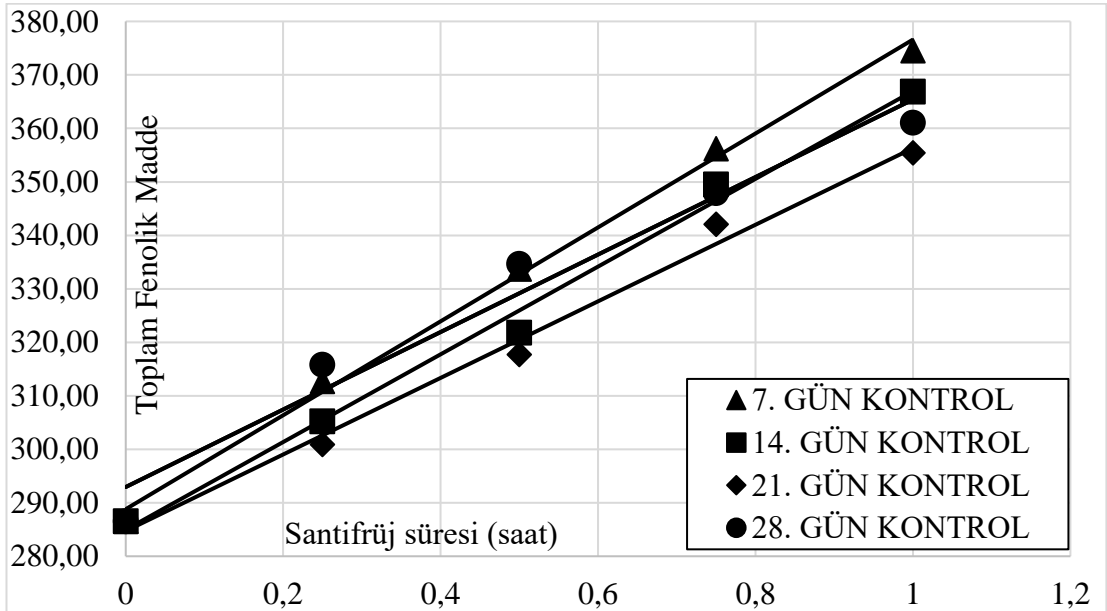
Donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin depolanmasından toplam fenolik madde analizi gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi 15 dk, 30 dk, 45 dk ve 60 yapılmıştır. Şekil 4'te +4°C'de, %100 azot gazı ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen toplam fenolik madde değişimleri gösterilmiştir.

Şekil 3.1'de elde edilen verilere göre +4 °C'de %100 azot ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerindeki toplam fenolik madde miktarının, ekstraksiyon süresi arttıkça, artış gösterdiği gözlemlenmiştir.



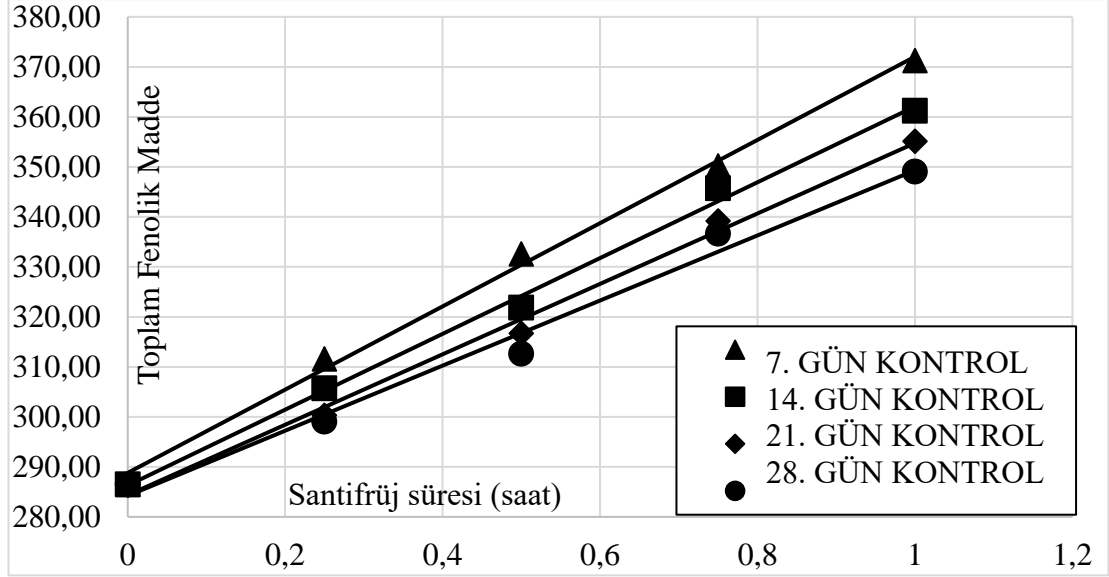
**Şekil 3.1:** +4  C'de %100 azot gazı ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda zamanla gerçekleşen toplam fenolik madde değişimi

Şekil 3.2'de elde edilen verilere göre +4  C'de %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerindeki toplam fenolik madde miktarının, ekstraksiyon süresi arttıka, artış gösterdiği gözlemlenmiştir.



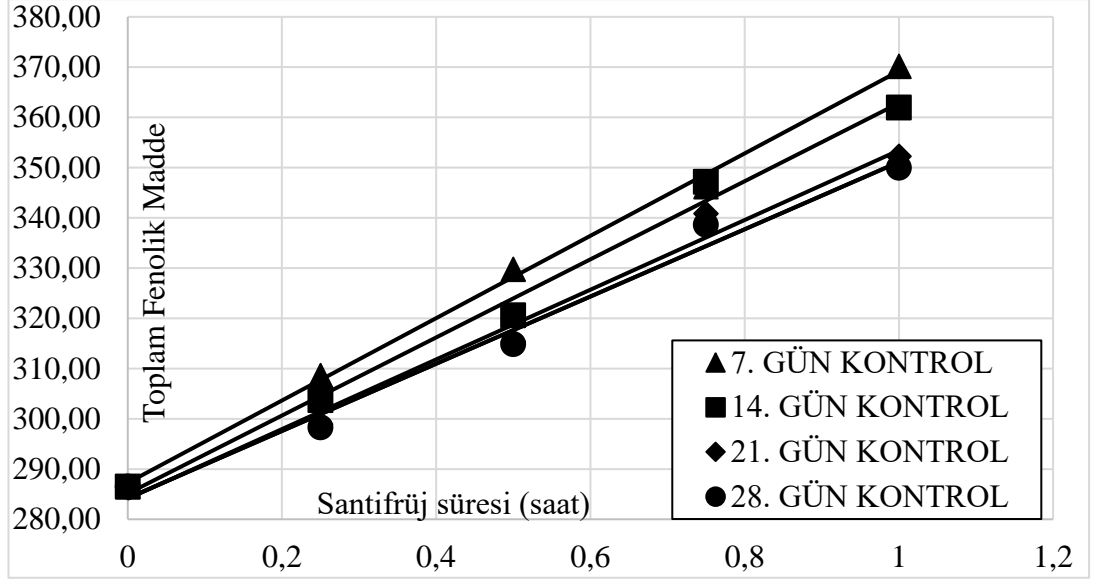
**Şekil 3.2:** +4  C'de, %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen toplam fenolik madde değişimleri

Şekil 3.3'te elde edilen verilere göre +25 °C'de %100 azot ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerindeki toplam fenolik madde miktarının, ekstraksiyon süresi arttıkça, artış gösterdiği gözlemlenmiştir.



**Şekil 3.3:** +25°C'de, %100 azot ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen toplam fenolik madde değışimleri

Şekil 3.4'te elde edilen verilere göre +25 °C'de %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerindeki toplam fenolik madde miktarının, ekstraksiyon süresi arttıkça, artış gösterdiği gözlemlenmiştir.



**Şekil 3.4:** +25°C’de, %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen toplam fenolik madde değişimleri

Hamid ve Nour (2018), yaptıkları çalışmada kırmızı pancara güneşte kurutma, fırında kurutma ve dondurarak kurutma işlemleri gerçekleştirerek toplam fenolik madde analizi yapmışlardır. Güneşte kurutma işlemini   gün boyunca 31-48  C aralığında gerçekleştirmişlerdir. Güneşte kurutma işlemi sonucunda toplam fenolik madde miktarının 34.74 (mg GAE/gm) olduğunu gözlemlemişlerdir. Fırında kurutma işlemini 24 saat boyunca 70±2.0  C aralığında gerçekleştirmişlerdir. Fırında kurutma işleminin sonucunda toplam fenolik madde miktarının 33.28 (mg GAE/gm) olduğunu gözlemlemişlerdir. Dondurarak kurutma işlemini 24 saat boyunca -23  C sıcaklıkta gerçekleştirmişlerdir. Dondurarak kurutma işleminin sonucunda toplam fenolik madde miktarının 30.19 (mg GAE/gm) olduğunu gözlemlemişlerdir.

Yapılan analizler sonucunda taze kırmızı pancarın dondurarak kurutulması işleminin ardından toplam fenolik madde miktarında ekstraksiyon süresi arttıkça toplam fenolik madde miktarının arttığı gözlemlenmiştir.

### 3.4 Antioksidan Aktivite Değişimi

Donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlar 7, 14, 21 ve 28 gün boyunca +4  C’de ve +25  C’de depolama kabinlerinde depolandıktan sonra 15, 30, 45 ve 60 dk boyunca santifrüj cihazında ekstrakte edilerek antioksidan aktivitesi içerikleri gözlemlenmiştir.



Hiç depolanmadan analizleri yapılan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri 0. gün olarak ele alınmış ve istatistiksel analizler depolama süreleri ve ekstraksiyon süreleri arasında yapılmıştır. +4 °C’de depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarların depolama süreleri tamamlandıktan sonra gerçekleştirilen antioksidan aktivitesi miktarının istatistiksel analizler yapılmıştır. Taze kırmızı pancar örneğinin antioksidan aktivitesi Tablo 3.8’te verilmiştir. Taze kırmızı pancarın ekstraksiyon süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu gözlemlenmiştir (p<0.05).

**Tablo3.8:** Taze kırmızı pancarın santifrj işlemi sonucu elde edilen antioksidan aktivite miktarı

	Santifrj Süresi	Antioksidan Aktivite (mmol TE/100g)
Taze Kırmızı Pancar	15 dk	2128.87±0.15 <sup>a</sup>
	30 dk	2443.98±0.32 <sup>b</sup>
	45 dk	2548.47±0.24 <sup>c</sup>
	60 dk	2675.72±0.11 <sup>d</sup>

a, b, c, d.Santifrj süreleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

60. dakika sonucunda elde edilen antioksidan aktivitesi miktarı sonucu istatistiksel analiz sonucu Tablo 3.9’da verilmiştir.

**Tablo 3.9:** +4 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrj işlemi sonucu antioksidan aktivitesi miktarı

+4 °C 60.dk	Antioksidan Aktivitesi (mmol TE/100g KM)				
	0.gün	7. gün	14. gün	21. gün	28. gün
Kontrol	120.52±0.44 <sup>a</sup>	122.94±2.11 <sup>b</sup>	122.91±1.58 <sup>b</sup>	122.75±0.21 <sup>b</sup>	122.80±0.96 <sup>b</sup>
Azot	120.52±0.44 <sup>a</sup>	121.92±0.67 <sup>b</sup>	123.24±1.11 <sup>c</sup>	123.88±0.67 <sup>c</sup>	123.00±0.09 <sup>c</sup>

a, b, c:Her bir gaz bileşeninin kendi içerisinde ekstraksiyon süreleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

Kontrol grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen antioksidan aktivitesi miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir (p<0.05). 7. gün ve 14. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir (p>0.05). 14. gün ve 21. gün kıyaslandığında

istatistiksel olarak bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 21. gün ve 28. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ).

Azot grubu kıyaslandığında, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen antioksidan aktivitesi miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 7. Gün ve 14. Gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 14. gün, 21 gün ve 28. gün değerleri kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ).

+25 °C’de depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin santifrj işleminin 60. dakika sonucunda elde edilen antioksidan aktivitesi miktarı sonucu istatistiksel analizi Tablo 3.10’da verilmiştir.

**Tablo3.10:** +25°C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrjü sonucu antioksidan aktivitesi miktarı

	Antioksidan Aktivite (mmol TE/100g KM)				
+25 °C 60.dk	0. gün	7. gün	14. gün	21. gün	28. gün
Kontrol	120.52±0.44 <sup>a</sup>	122.56±1.29 <sup>b</sup>	122.33±1.27 <sup>b</sup>	122.43±0.76 <sup>b</sup>	122.47±1.54 <sup>b</sup>
Azot	120.52±0.44 <sup>a</sup>	121.55±0.81 <sup>a</sup>	123.04±1.10 <sup>b</sup>	123.11±0.49 <sup>b</sup>	122.92±0.18 <sup>b</sup>

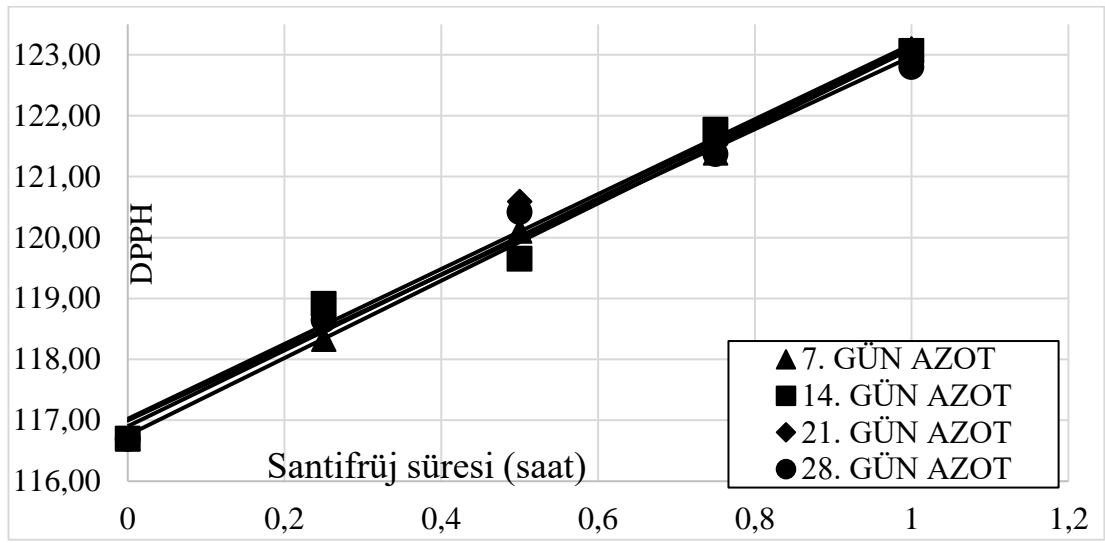
a, b, c:Her bir gaz bileşeninin kendi içerisinde ekstraksiyon süreleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

Kontrol grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen antioksidan aktivitesi miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 7. gün ve 14. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 14. gün ve 21. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 21. gün ve 28. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Azot grubu kıyaslandığında, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen antioksidan aktivitesi miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 7. gün ve 14. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 14. gün, 21 gün ve 28. gün antoksidan aktivitesi değerleri kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Farklı depolama sıcaklıkları ve farklı depolama sürelerinde depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarların 7, 14, 21 ve 28 gün, +4 °C ve +25 °C süre ve sıcaklıklarda gerçekleşen antioksidan aktivite değişimleri gözlemlenmiştir. Şekil 3.5'te +4°C'de, %100 azot gazı ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen antioksidan aktivite değişimleri gösterilmiştir.

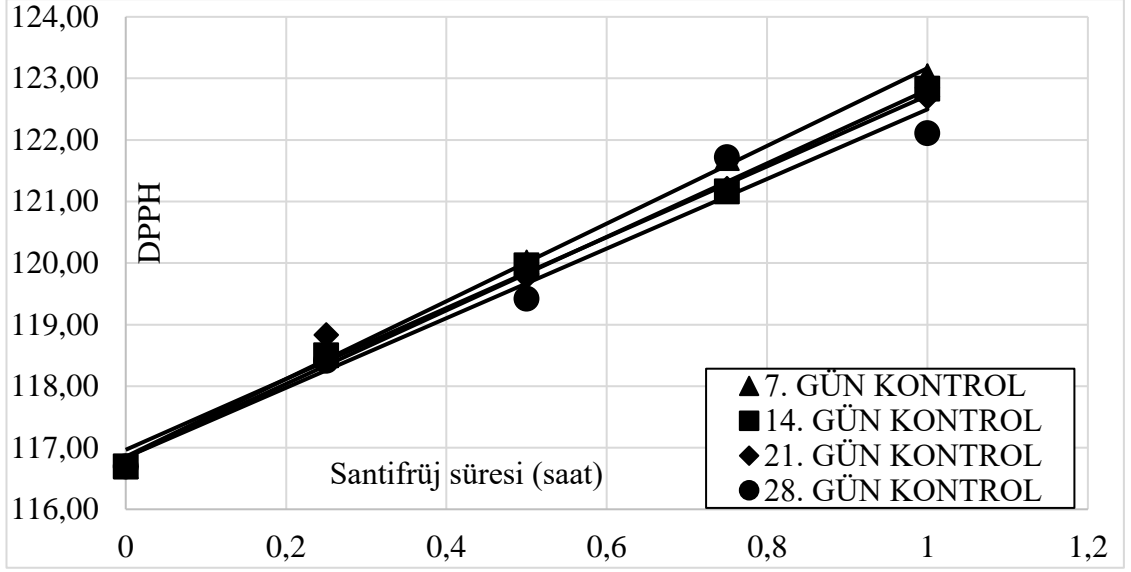
Şekil 3.5'te elde edilen verilere göre +4 °C'de %100 azot ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerindeki antioksidan aktivitesi miktarlarının ekstraksiyon süresi arttıkça, artış gösterdiği gözlemlenmiştir.



**Şekil 3.5** +4°C'de, %100 azot gazı ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen antioksidan aktivite değişimleri

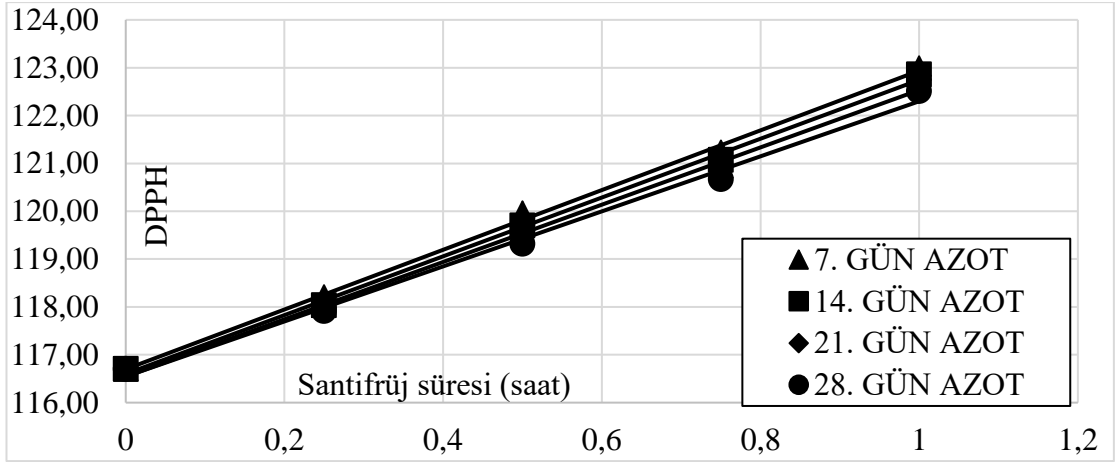
Şekil 3.6'da +4°C'de, %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen antioksidan aktivite değişimleri gösterilmiştir.

Şekil 3.6'da elde edilen verilere göre +4 °C'de %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerindeki antioksidan aktivitesi miktarlarının ekstraksiyon süresi arttıkça, artış gösterdiği gözlemlenmiştir.



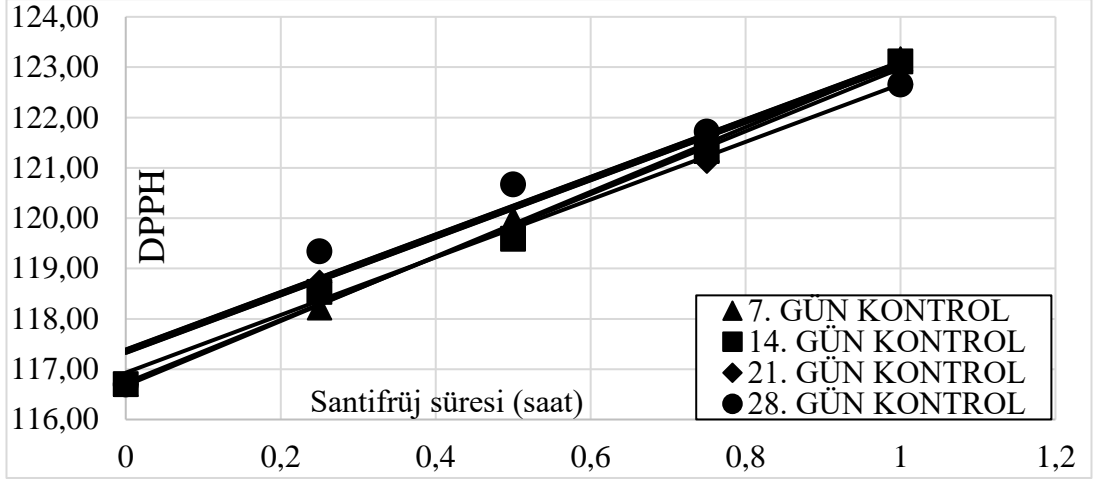
**Şekil 3.6** +4°C’de, %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen antioksidan aktivite değişimleri

Şekil 3.7’de elde edilen verilere göre +25  C’de %100 azot ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerindeki antioksidan aktivitesi miktarlarının ekstraksiyon süresi arttıka, artış gösterdiği gözlemlenmiştir.



**Şekil 3.7:** +25°C’de, %100 azot gazı ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen antioksidan aktivite değişimleri

Şekil 3.8’de elde edilen verilere göre +25  C’de %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerindeki antioksidan aktivitesi miktarlarının ekstraksiyon süresi arttıka, artış gösterdiği gözlemlenmiştir.



**Şekil 3.8:** +25°C’de, %100 kontrol ile depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlarda gerçekleşen antioksidan aktivite değişimleri

Nistor ve diğ. (2017), yaptıkları çalışmada kırmızı pancarı (*Beta Vulgaris* L.) farklı koşullarda kurutarak antioksidan değişimini gözlemlemişlerdir. Antioksidan aktivitesi değişimini kıyaslamak için 50 °C’de konveksiyonlu kurutucuda 510 dakika gerçekleştirilen kurutma işleminin ardından, 315 W gücünde 40 °C’de 219 dakika boyunca mikrodalgada kurutma, işlemi gerçekleştirerek kombinasyonlu kurutma işleminde gerçekleşen antioksidan aktivite değişimini gözlemlemişlerdir. Konveksiyonlu kurutma işleminden sonra 60 °C’de 390 dakika konveksiyonlu kurutma ve ardından 40 °C’de 315 W gücünde 159 dakika mikrodalga ile kurutma, 70 °C’de 300 dakika konveksiyonlu kurutma işleminin ardından mikrodalgada 40 °C’de 315 W gücünde 129 dakika kurutma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Sadece konveksiyonlu kurutma gerçekleştirilen grupta; 50 °C’de konveksiyonlu kurutma işlemi gerçekleştirilen örneklerde antioksidan aktivitesinin %16.60, 60 °C’de %21.39, 70 °C’de %11.65 arttığını gözlemlemişlerdir. Gerçekleştirilen kombine kurutma işleminde; 50 °C konveksiyonlu kurutma ve 40 °C’de gerçekleşen mikrodalga ile kurutma işleminde antioksidan aktivitesinin %47.96, 60°C konveksiyonlu kurutma ve 40 °C’de gerçekleştirilen mikrodalga ile kurutma işleminde %50.57 ve 70 °C konveksiyonlu kurutucu ve 40 °C mikrodalga ile kurutma işlemi gerçekleştirilen kırmızı pancar örneklerinde antioksidan aktivitesinin %45.54 arttığını gözlemlemişlerdir.

Ravichandran ve diğ. (2012), yaptıkları çalışmada kırmızı pancarı farklı metotlar ile kurutarak (mikrodalga, vakum, kaynatma ve kavurma) kırmızının pancarın

antioksidan aktivitesi değişimini gözlelemişlerdir. Çalışma sonucunda kontrole kıyasla mikrodalga, kaynatma ve kavurma işlemlerinde antioksidan aktivitesi 1.5 ile 3 kat arasında artış gözlemlenirken, yüksek vakum ile yapılan kurutma işleminde bu oranın %11 olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Daha önce yapılan çalışmalarda kırmızı pancarın kurutulmasıyla antioksidan aktivitesinin arttığı gözlemlenmiştir. Nistor ve diğ.(2011), yaptıkları çalışmada kombine kırmızı pancar kurutma işleminde sonra antioksidan aktivitesinin en fazla mikrodalga ile kurutmada gerçekleştiği bilinmektedir.

Donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde ise kurutma işleminde en yüksek antioksidan aktivitesi +4 °C sıcaklıkta %100 azot ile depolanan 21. Gün örneklerinde olduğu gözlemlenmiştir. Depolanan numuneler arasında ise en düşük antioksidan aktivitesine sahip donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin +25 °C sıcaklıkta, %100 oksijen ile paketlenip depolanan örneklerde olduğu saptanmıştır.

### 3.5 Betanin Miktarı Değişimi

Farklı koşullar, süre ve sıcaklıklarda depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri farklı sürelerde santifrüj işlemi uygulanarak HPLC cihazında betanin miktarları analiz edilmiştir. Tablo 3.11’de taze kırmızı pancarın santifrüjü sonucu elde edilen betanin miktarı verilmiştir. Taze kırmızı pancar santifrüj süreleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). Donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlar 7, 14, 21 ve 28 gün boyunca +4 °C’de ve +25 °C’de depolama kabinlerinde depolandıktan sonra 15, 30, 45 ve 60 dk boyunca santifrüjde ekstrakte edilerek betanin içerikleri gözlemlenmiştir. Hiç depolanmadan analizleri yapılan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri 0. gün olarak ele alınmış ve istatistiksel analizler depolama süreleri ve ekstraksiyon süreleri arasında yapılmıştır.

**Tablo3.11:** Taze kırmızı pancarın santifrüjü sonucu elde edilen betanin miktarı

	Santifrüj Süresi	Betanin miktarı (mg/100g)
Taze Kırmızı Pancar	15. dk	5164.43±0.65 <sup>a</sup>
	30. dk	6224.45±0.32 <sup>b</sup>
	45. dk	6746.32±0.76 <sup>c</sup>
	60. dk	7048.50±0.71 <sup>d</sup>

a, b, c:Her bir gaz bileşeninin kendi içerisinde ekstraksiyon süreleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

60 dakika santifrüj işlemi uygulanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancardaki betanin miktarı sonucu istatistiksel olarak analizi Tablo 3.12’de verilmiştir.

**Tablo 3.12:** +4 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrüjü sonucu betanin miktarı

+4 °C 60.dk	Betanin Miktarı (mg/100g KM)				
	0. gün	7. gün	14. gün	21.gün	28.gün
Kontrol	3582.67±0.21 <sup>a</sup>	3652.01±0.15 <sup>a</sup>	3374.29±0.79 <sup>b</sup>	3275.83±0.65 <sup>b</sup>	3151.90±0.12 <sup>b</sup>
Azot	3582.67±0.21 <sup>a</sup>	3537.25±0.96 <sup>a</sup>	3412.56±0.96 <sup>a</sup>	3315.01±0.69 <sup>b</sup>	3219.53±0.43 <sup>b</sup>

a, b, c:Her bir gaz bileşeninin kendi içerisinde ekstraksiyon süreleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

Kontrol grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen betanin miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 7. gün ve 14. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 14. gün, 21. gün ve 28. gün değerleri kıyaslandığında istatistiksel olarak bir fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Azot grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen betanin miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 7. gün ve 14. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 14. gün ve 21. Gün kıyaslandığında istatistiksel olarak bir fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 21. gün ve 28. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ).

+25 °C sıcaklıkta depolanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin ekstraksiyonu sonucu elde edilen betanin miktarları hesaplanmıştır. 60. dakikadaki ekstraksiyon sonucu elde edilen betanin miktarı Tablo 3.13’te verilmiştir.

**Tablo 3.13:** +25 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın 60 dakika santifrüjü sonucu betanin miktarı

+25 °C 60.dk	Betanin Miktarı (mg/100g KM)				
	0. gün	7. gün	14. gün	21.gün	28.gün
Kontrol	3582.67±0.21 <sup>a</sup>	3602.01±0.22 <sup>a</sup>	3412.29±0.82 <sup>a</sup>	3665.83±0.60 <sup>a</sup>	3559.90±0.72 <sup>a</sup>
Azot	3582.67±0.21 <sup>a</sup>	4012.25±0.96 <sup>b</sup>	3851.56±0.90 <sup>c</sup>	3815.01±0.99 <sup>c</sup>	3603.53±0.13 <sup>c</sup>

a, b, c:Her bir gaz bileşeninin kendi içerisinde ekstraksiyon süreleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

Kontrol grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen betanin miktarları arasında 0. gün, 7. gün, 14. gün, 21. gün ve 28. gün betanin miktarları değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir (p>0.05).

Azot grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen betanin miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir (p<0.05). 7. Gün ve 14. Gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olduğu gözlemlenmiştir (p<0.05). 14. gün, 21. gün ve 28. gün betanin değerleri kıyaslandığında istatistiksel olarak bir fark olmadığı gözlemlenmiştir (p>0.05).

Farklı depolama koşulları sonucunda ultrases ön işlemi uygulanarak donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerindeki betanin miktarı analiz edilmiştir. +4°C’de depolandıktan sonra ultrases ön işlemi uygulanıp 60 dakika santifrüj işlemi uygulandıktan sonra elde edilen betanin miktarının istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3.14’te verilmiştir.

**Tablo3.14:** +4 °C sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın ultrases ön işlemi uygulanan 60 dakika santifrüjü sonucu betanin miktarı

+4 °C 60.dk	Betanin Miktarı (mg/100g KM)				
	0. Gün	7. gün	14. gün	21.gün	28.gün
Kontrol	3716.66±0.52 <sup>a</sup>	3692.16±0.21 <sup>a</sup>	3594.29±0.63 <sup>a</sup>	3215.89±0.65 <sup>b</sup>	3061.90±0.54 <sup>b</sup>
Azot	3716.66±0.52 <sup>a</sup>	3727.15±0.90 <sup>a</sup>	3702.56±0.77 <sup>a</sup>	3165.54±0.69 <sup>b</sup>	3302.53±1.03 <sup>b</sup>

a, b, c:Her bir gaz bileşeninin kendi içerisinde ekstraksiyon süreleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

Kontrol grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen betanin miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir (p>0.05). 7. gün ve 14. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark



olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 14. gün ve 21. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak bir fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 21. gün ve 28. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Azot grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen betanin miktarları arasında 0. gün, 7. gün ve 14. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 14. gün ve 21. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak bir fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 21. gün ve 28. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ).

Farklı depolama koşulları sonucunda ultrases ön işlemi uygulanarak donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerindeki betanin miktarı analiz edilmiştir.  $+25^{\circ}\text{C}$ 'de depolandıktan sonra ultrases ön işlemi uygulandıktan sonra 60 dakika santifrüz işlemi uygulanarak elde edilen betanin miktarının istatistiksel analiz sonuçları Tablo 3.15'te verilmiştir.

**Tablo 3.15:**  $+25^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta depolama sonucunda donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın ultrases ön işlemi uygulanan 60 dakika santifrüzü sonucu betanin miktarı

+25 °C 60.dk	Betanin Miktarı (mg/100g KM)				
	0. gün	7. gün	14. gün	21.gün	28.gün
Kontrol	3716.66±0.52 <sup>a</sup>	3682.22±0.35 <sup>a</sup>	3564.29±0.23 <sup>a</sup>	3195.80±0.65 <sup>b</sup>	3021.90±0.27 <sup>b</sup>
Azot	3716.66±0.52 <sup>a</sup>	3711.30±0.67 <sup>a</sup>	3662.56±0.40 <sup>a</sup>	3185.01±0.69 <sup>b</sup>	3025.53±0.73 <sup>b</sup>

a, b, c: Her bir gaz bileşeninin kendi içerisinde ekstraksiyon süreleri arasında farklılık olup olmadığını gösterir.

Kontrol grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen betanin miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 7. gün ve 14. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 14. gün ve 21. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak bir fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 21. gün ve 28. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Azot grubunda, ekstraksiyon sonucunda 60. dakikada elde edilen betanin miktarları arasında 0. gün ve 7. gün arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 7. gün ve 14. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlenmiştir ( $p>0.05$ ). 14. gün ve 21. gün kıyaslandığında istatistiksel

olarak bir fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 21. gün ve 28. gün kıyaslandığında istatistiksel olarak fark olmadığı saptanmıştır ( $p>0.05$ ).

Donmuş kurutulmuş kırmızı pancarların  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta depolanma süresi arttıkça betanin miktarında santifrj süresine bağlı değişiklikler olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler göz önüne alındığında en verimli betanin miktarı sonucu  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta 7 gün boyunca depolanan numunelerin 60 dakika ekstraksiyonu sonucu elde edilmiştir.

Morales-Garcia ve diğ. (2021), yaptıkları çalışmada kırmızı pancar suyundan betanin ekstraksiyonu işlemini gerçekleştirmişlerdir. Uygulanan mevcut işleme bir alternatif olarak yeni sentezlenmiş amonyum bazlı iyonik sıvıların kullanımını araştırmışlardır. Yaptıkları analizler sonucunda betanin veriminin %70-80 oranında arttığını gözlemlenmiştir.

Yeler (2021), gerçekleştirdiği çalışmada kırmızı pancarın kuru ağırlık bazında betanin değerini çalkalamalı su banyosunda 30 dakikalık süre ve  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklarda analiz etmiştir. Farklı koşullarda gerçekleştirilen analiz sonucunda 30 dakika ve  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  koşullarda en yüksek betanin değeri  $7.01\pm 0.03$  (mg/kg kuru ağırlık), 30 dakika  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  koşullarda  $4.14\pm 0.06$  (mg/kg kuru ağırlık), 30 dakika  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  koşullarda  $12.99\pm 0.01$  (mg/kg kuru ağırlık) olduğunu bildirmiştir.

Donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde en yüksek betanin verimi  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta 7 gün depolandıktan sonra ultrases ön işlemini uygulanan örneklerde  $37273.15\pm 0.90$  (mg/1000g KM) betanin olduğu belirlenmiştir.

#### 4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Gıda endüstrisinde gıda boyaları kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır. Gıdanın renginin gıda kalitesine etkisi olmakla birlikte tüketicilerin gözünde önem arz ettiği bilinmektedir. Dondurarak kurutma yöntemi ile kırmızı pancara kırmızı rengini veren betanin gıda boyası kullanımı için oldukça elverişlidir.

Bu çalışmada, Denizli'nin Pamukkale ilçesinden temin edilen kırmızı pancarın (*Beta vulgaris* L.) farklı koşullarda depolanıp, ekstraksiyonu sonucu kalite parametrelerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda taze kırmızı pancar dondurarak kurutulmuş ve farklı koşullarda depolanarak analizler gerçekleştirilmiştir. Taze kırmızı pancar küçük parçalara ayrılmış ve -93°C sıcaklığında 24 saat boyunca dondurarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri +4 °C ve +25 °C sıcaklıklarda, iki ayrı koşulda olacak şekilde %100 kontrol (%100 kontrol;%78 azot, %21 oksijen, %0.93 argon, %0.03 karbondioksit) ve %100 azot gazı ile paketlenip depolama kabinlerinde 7, 14, 21 ve 28 gün depolanmıştır.

Çalışma kapsamında farklı koşullarda depolanan kırmızı pancar örneklerinde depolama süresinin renk değerlerine etkisi analiz edilmiştir. Hem %100 kontrol hem de %100 azot ile depolanan örneklerde benzer farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Donmuş kurutulmuş kırmızı pancarların 7. gün sonunda, 0. gündeki donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerine kıyasla istatistiksel anlamda fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). 7 gün ve 14 gün depolanan örneklerde fark olmadığı ( $p>0.05$ ), 14 gün, 21 gün ve 28 gün depolana örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Yapılan analizler sonucunda en verimli antioksidan aktivitesi +4 °C sıcaklıkta 21 gün boyunca %100 azot gazı ile depolandıktan sonra 60 dakika boyunca ekstrakte edilen örneklerde 123.88 mmol TE/100g KM olduğu gözlemlenmiştir. En verimli toplam fenolik madde miktarının elde edildiği grup 367.31 mg GAE/100g KM ile +25 °C 21 gün boyunca %100 azot gazı ile depolandıktan sonra 60 dakika boyunca ekstrakte edilen donmuş kurutulmuş kırmızı pancarlar olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışma kapsamında farklı koşullarda paketlenip depolanan ve ekstrakte edilen numunelerde betanin analizi gerçekleştirilmiştir. Ön işlem uygulamasının betanin miktarına etkisi olup olmadığını gözlemek için donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örnekleri hem geleneksel ekstraksiyon ile hem de ultrases ön işlemi uygulanan numunelerde ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Kromatografik analizler sonucunda 4012.25 mg/100g KM miktarı ile +25 °C sıcaklıkta, %100 azot gazı ile paketlenip 7 gün depolandıktan sonra 60 dk ekstraksiyon işlemi uygulanan donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin betanin açısından en verimli koşullar olduğu gözlemlenmiştir.

Araştırma bulguları ele alındığında toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesi içeriği bakımından donmuş kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde depolama süresi arttıkça çok büyük kayıp ve artışlar gözlemlenmemiştir.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilere göre dondurarak kurutma işlemi diğer kurutma işlemlerine oranla gıdanın fiziksel ve kimyasal yapısını daha fazla koruyabildiğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar grafik ve tablolarla gösterilmiştir. Literatürde donmuş kurutulmuş kırmızı pancarın depolanmasına ait kısıtlı çalışma olduğu gözlemlenmiştir. Yapılmış olan çalışma bu sebeple literatürde önem arz edecektir.

## 5. KAYNAKLAR

Adiyaman, P., Kanchana S., Mahendran P. P., “Development and Stability of Bio-Food Colour From Beetroot By Spray Drying”, *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 4(2), 63-73, (2012).

Akalın, A. C., “Nar Şaraplarında Antioksidan Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara (2011)

Akan S. Horzum Ö. Güneş N. T., “Fonksiyonel Gıda Kaynağı Kırmızı Pancar”, *Proceedings Books of 5th International Eurasian Congress on Naturel Nutrition, Healthy Life & Sport*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkiler Bölümü, Ankara (2019).

Alwazeer, D., “Reducing Athmosphere Drying As A New Tecnique For The Preservation Of The Color Of Dried Food”, *Journal of The Institute of Science and Technology*, 8(4), 125-131, (2018).

Azeredo, M.C., “Nanocomposites For Food Packaging Applications”, *Food Research International*, 42(9), 1240-1253, (2009).

Azeredo, M. C., Broinizi, P.R.B., Andrade-Wartha, E.R.S., Silva, A. M. O., Novoa, A. J. V., Torres, R. P., Alves, R. E., Mancini-Filho, J., “Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.), *Food Science and Technology*, 27(4), 902-908, (2007).

Cemeroğlu, B., *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Kültür ve Turizm Bakanlığı Yayınları Cilt 2, 1-480, (2004).

Cemeroğlu, B.S., *Gıda Analizleri*, Ankara: Bizim Grup Basımevi, (2013b ).

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).

Ciurzyńska, A., Lenart, A., “The influence of temperature on rehydration and sorption properties of freeze-dried strawberries”, *Croatian journal of food science and technology*, 1(1), 15-23, (2009).

Ciurzyńska, A., Lenart, A., “Freeze-drying - application in food processing and biotechnology - a review”, Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 61(13), (2011).

Ciurzyńska, A., Kowalska, H., Marzec, A., Domian, E., Kowalska, J., Galus, S., “Edible coatings as osmotic dehydration pretreatment in nutrient-enhanced fruit or vegetable snacks development: A review”, Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety, 20(6), (2021).

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).

Dadalı, G., Demirhan, E., Özbek, B., “Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach”, Food and Bioproducts Processing, 86(4), 235-241, (2007).

Demiray, E., “Kurutma İşleminde Domatesin Likopen, B-Karoten, Askorbik Asit Ve Renk Değişim Kinetiğinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, , Denizli, (2009).

Dinçer, B., Kolaylı, S., Küçük, M., Duran, C., Candan, F., “Chemical and Antioxidant Properties of *Laurocerasus officinalis* Roem. (Cherry Laurel) Fruit Grown in the Black Sea Region”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 7489-7494, (2003).

Doymaz, İ., “Drying kinetics of black grapes treated with different solutions”, Journal of Food Engineering, 76(2), 212-217, (2006).

Düker, G.O., “Kırmızı Pancar (*Beta Vulgaris* L.) ve Turşularından pH Değişimleri, Antioksidan ve Sitotoksik Aktiviteleri ile Fenolik Bileşenlerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, (2017).

Erafşar, F.K., “Kırmızı Pancar (*Beta Vulgaris* L. Var. *Vulgaris*) Püresinin Köpük Kurutma Yöntemiyle Kurutulması”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, (2019).

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).

Fathabadi, M., Tabatabae, K.R., Motevali, A., "Modeling And Comparison Of Color Changes And Shrinkage Of Thin Layer Drying Of Red Beetroot In Different Dryers", Iranian Journal Of Food Science And Technology, 16(95), 127-142, (2020).

Feketea, G. And Tsabouri, S., "Common food colorants and allergic reactions in children: Myth or reality?", Food Chemistry, 230, 578-558, (2017).

Gençdağ, E., Yılmaz, F.M., Görgüç, A., Birişik, M., Genç, E., Başkurt, C., "Kırmızı Pancar Suyu Üretiminde Enzim Ön Uygulaması: İşlem Koşullarının Meyve Suyu Verimi, Betanin Miktarı, Toplam Fenolik Madde Ve Antioksidan Kapasite Üzerine Etkisi", GIDA, 44(4), 593-604, (2019).

Georgiev, G.V., Weber, J., Kneschke, E., Denev, P.N., Bley, T., Pavlov, A.I., "Antioxidant Activity and Phenolic Content of Betalain Extracts from Intact Plants and Hairy Root Cultures of the Red Beetroot *Beta vulgaris* cv. Detroit Dark Red", Plants Foods for Human Nutrition, 65, 105-111, (2010).

Gokhale S. V. And Lele S.S., "Dehydration of Red Beet Root (*Beta vulgaris*) by Hot Air Drying: Process Optimization and Mathematical Modeling", Food Sci. Biotechnol., 20(4), 955-964, (2011).

Guine, R.P.F., Goncalves, F., Lerat, C., El-Idrissi, T., Rodrigo, E., Correia, P.M.R., Goncalves, J.C., "Extraction of Phenolic Compounds with Antioxidant Activity from Beetroot (*Beta vulgaris* L.)", Current Nutrition & Food Science, 14(4), 350-357(8), (2018).

Hacıbektaşoğlu, F., "Kırmızı Pancarın Dondurma Üretiminde Kullanım İmkânları Üzerine Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gümüşhane, (2019).

Hamid, G.M. and Nour, A.A.A.M, "Effect of different drying methods on quality attributes of beetroot (*Beta vulgaris*) slices", World Journal of Science, Technology and Sustainable Development, 15(3), 287-298, (2018).

Hung, P.V. and Duy, T.L., "Effects of drying methods on bioactive compounds of vegetables and correlation between bioactive compounds and their antioxidants", International Food Resaerch Journal, 19(1), 327-332, (2012).

Karam, M.C., Petit, J., Zimmer, D., Djantou., E.B., Scher, J., "Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review", Journal of Food Engineering, 188, 32-49, (2016).

Khan MI. "Stabilization of betalains: A review". Food Chemistry, 197, 1280-1285, (2016).

- Kanner, J., Harel, S. ve Granit, R., “Betalains- A New Class of Dietary Cationized Antioxidants”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5178-5185, (2001).
- Kaleta, A., Górnicki, K., “Some Remarks on Evaluation of Drying Models of Red Beet Particles”, *Energy Conversion and Management*, 51, 2967-2978, (2009).
- Kerr, W.L. and Varner, A., “Chemical and physical properties of vacuum-dried red beetroot (*Beta vulgaris*) powders compared to other drying methods”, *Drying Technology An International Journal*, (2019).
- Liu, Y., Zhao, Y., Feng, X., “Exergy analysis for a freeze-drying process”, *Applied Thermal Engineering*, 28(7), 675-690, (2008).
- Mariassyova, M., Silhar, S., “Conversion of Betalains in the Presence of Antioxidants”, *Czech Journal of Food Science*, 18, 220–221, (2000).
- 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).
- Masih, D., Singh, N., Singh, A., “Red beetroot: A source of natural colourant and antioxidants: A review”, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(4), 162-166, (2019).
- Morales-Garcia, P., Calvillo-Munoz, E.Y., Lijanova, I., Likhanova, N.V., Olivares-Xometl, O.O, and Arellanes-Lozada, P. “Synthesis of Ammonium-Based Ionic Liquids for the Extraction Process of a Natural Pigment (Betanin)”, *Molecules*, 26(18), 5458, (2021).
- Moreno, C.S., Deladino, L., Alvarez, I., Ancos, B.D., Molina-Garcia, A.D., Teixeira, A.S., “Betalains and phenolic compounds of leaves and stems of *Alternanthera brasiliana* and *Alternanthera tenella*”, *Food Research International*, 97, 240-249, (2017).
- Nistor O., Seremet, L., Andronoiu, D.G., Rudi, L. and Botez, E., “Influence of different drying methods on the physicochemical properties of red beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *Cylindra*)”, *Food Chemistry*, 236, 59-67, (2017).
- Özcan, K., “Kırmızı Pancar Betalainlerinin Enkapsülasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2018).



- Özcan, K., Bilek, S.E., “Kırmızı Pancardan Renk Maddesi Üretimi ve Stabilitesinin Sağlanması”, Akademik Gıda 16(4), 439-449, (2018).
- Pan, Z., Shih, C., McHugh, T.H., Hirschberg, E., “Study of banana dehydration using sequential infrared radiation heating and freeze-drying”, LWT-Food Science and Technology, 41(10), 1944-1951, (2008).
- Ravichandran, K., Ahmed, A.R., Knorr, D. And Smetanska, I., “The effect of different processing methods on phenolic acid content and antioxidant activity of red beet”, Food Research International, 48, 16-20, (2012).
- Ravichandran, K., Saw, NMMT., Mohdaly, A.A.A., Gabr, A.M.M., 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).
- Saldamlı, İ., Saldamlı, E., Gıda Endüstrisi Makineleri, Ankara: Savaş Kitapevi, (2004).
- Shishir, M.R.I., Chen, W., “Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices”, Trends in Food Science & Technology, 65, 49-67, (2017).
- Stintzing, F.C. and Carle, R., “Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition”, Trends in Food Science & Technology, 15(1), 19-48, (2004).
- Şimşek, A., “Kırmızı Pancar (*Beta Vulgaris* L.) Betalainleri Üzerine Termal Destekli Ultrasonik Ekstraksiyonu Etkisi”, The Journal of Food, 44(2), 318-327, (2019).
- Tekin, E., “Zaman-Sıcaklık İndikatörü Olarak Kırmızı Pancardan (*Beta Vulgaris* L.) Elde Edilen Betalainler İle Akıllı Paket Oluşturulması”, Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ordu, (2018).
- Tontul, I., Topuz, A., “Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties”, Trends in Food Science & Technology, 63, 91-102, (2017).
- Uysal, E., Akman, P.L., Ozkaya, G.U., Tornuk, F., Durak, M.Z., “Development of probiotic carrier dried apples for consumption as snack food with the impregnation of *Lactobacillus paracasei*”, LWT, 103, 60-68, (2019).
- Wybraniec, S. And Mizrahi, Y., “Fruit Flesh Betacyanin Pigments in *Hylocereus Cacti*”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(21), 6086-6089, (2002).
- Witrowa-Rajchert D., Lewicki P.P., Rehydration properties of dried plant tissues. Int. J., Food Science Technology., 41, 1040–1046, (2006).

Yeler, H.B., “Kırmızı Pancar Ve Üzüm Kabuğundan Farklı Ekstraksiyon Koşullarında Boyar Madde Üretimi”, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2021).

Yürük, Ö., “Pancardan Kırmızı Rengin Ekstraksiyonu ve Stabilitenin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı, İstanbul, (2019).

Zambak, Ö., “Ultrases Ön İşleminin Sığır Bonfile ve Tavuk Göğüs Etlerinin Kurutma Davranışları Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2015).