

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ
KULLANARAK KIRMIZI PANCARDAN SIVI VE TOZ
RENK MADDESİ ELDE EDİLMESİNİN
OPTİMİZASYONU**

**Hazırlayan
Suhaila DAHI**

**Danışman
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN**

Yüksek Lisans Tezi

**Temmuz 2020
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ
KULLANARAK KIRMIZI PANCARDAN SIVI VE TOZ
RENK MADDESİ ELDE EDİLMESİNİN
OPTİMİZASYONU
(Yüksek Lisans Tezi)**

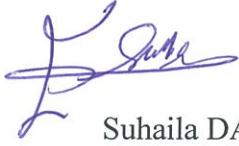
**Hazırlayan
Suhaila DAHI**

**Danışman
Prof. Dr. Mahmut DOĞAN**

**Temmuz 2020
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

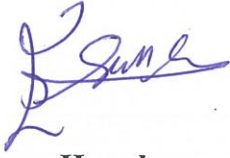
Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



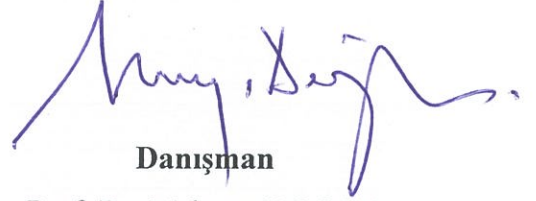
Suhaila DAHI

YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Farklı Ekstraksiyon Yöntemleri Kullanarak Kırmızı Pancardan Sıvı ve Toz Renk Maddesi Elde Edilmesinin Optimizasyonu” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Hazırlayan
Suhaila DAHI



Danışman
Prof. Dr. Mahmut DOGAN

Gıda Mühendisliği ABD Başkanı v.

Prof.Dr. Hasan YALÇIN



Prof. Dr. Mahmut DOĞAN danışmanlığında **Suhaila DAHİ** tarafından hazırlanan “**Farklı Ekstraksiyon Yöntemleri Kullanarak Kırmızı Pancardan Sıvı ve Toz Renk Maddesi Elde Edilmesinin Optimizasyonu**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

...../ 07 / 2020

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. Mahmut DOĞAN

Üye : Prof. Dr. Kemal SARIOĞLU

Üye : Dr. Öğretim Üyesi İlker ERDEM

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../.....

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışmam esnasında her türlü yardımı, öneri ve desteğini esirgmeden yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Mahmut DOĞAN' a,

Bilgi ve tecrübeleri ile yardımcı olan Prof.Dr. Kemal SARIOĞLU'a, Doç. Dr. Lütfiye Ekici'ye

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü olanağı sağlayan Erciyes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine,

Laboratuvar çalışmalarında bilgi ve desteği ile yardımcı olan sayın Arş. Gör. Duygu ASLAN TÜRKER'e, çok kıymetli arkadaşım Serap BERKTAŞ'a, istatistiksel analiz çalışmalarında yardımını esirgemeyen doktora öğrencisi Mehmet HORZUM'a, laboratuvar çalışmalarının yürütülmesi sırasındaki yardımlarından dolayı Kimyager Bekir HÜROĞLU'na

Çalışmalarım esnasında yanımda olan sevgili Sema SARIDANIŞMET'e, Büşra ÇİĞDEM'e ve Serap ALDEMİR'e

Gurbette hep yanımda olan maddi ve manevi destek sağlayan Siminay Kalın'a, Şule Kalın'a

Beni yetiştiren, hayatım boyunca yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen annem Jamile BOSTANI ve kardeşlerim'e

Benimle hayatı her anlamda paylaşan, aldığım her kararda yanımda olan ve beni destekleyen eşim kimya mühendisi Abdul Bashir DAHI'e ve varlığıyla beni motive ve mutlu eden kızım Asma DAHI ve oğlum Mohammad Matin DAHI'e,

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Suhaila DAHI

Temmuz 2020, KAYSERİ

FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ KULLANARAK KIRMIZI PANCARDAN SIVI VE TOZ RENK MADDESİ ELDE EDİLMESİNİN OPTİMİZASYONU

Suhaila DAHI

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2020
Danışman: Prof. Dr. Mahmut DOĞAN**

ÖZET

Bu çalışmada, yüksek miktarda betalain içeriğine sahip kırmızı pancardan doğal gıda renklendiricisi üretmek amacıyla soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon olmak üzere üç farklı yöntem kullanılarak ekstraksiyon koşullarının optimizasyonunu kapsamaktadır. Klasik ısısal yöntemde kullanılan ısısal işlem parametrelerinin optimizasyonunu için Taguchi L16(4²) matematiksel model deney tasarımı kullanılmıştır. Bu şekilde betasiyanin, betaksantin ve toplam betalain renk maddeleri üretilmiştir. Uygulanan optimizasyon yönteminde sıcaklık ve süre olarak iki farklı parametre kullanılmıştır. Klasik ısısal yöntemde pancar örnekleri için ekstraksiyon sıcaklık değerleri 4 °C, 25 °C, 40 °C, 50 °C, ekstraksiyon süreleri ise 5 dk, 30 dk, 50 dk, 120 dk olarak belirlenmiştir. Yapılan optimizasyon çalışması sonucu betasiyanin, betaksantin, toplam betalain ve % briks miktarları göz önüne alındığında renk maddesi ekstraksiyonu için optimum koşullar 40 °C’de 50 dk olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında analiz sonuçları betasiyanin, betaksantin, toplam betalain ve briks için sırayla 370.5±0.6 mg/L, 288.9±2.2 mg/L, 659.5±1.9 mg/L ve %4.3±0.1 olarak tespit edilmiştir. Deney tasarımında bulunan ekstraktların DPPH radikali ve toplam fenolik madde analiz sonuçları karşılaştırılmış ve fenolik madde için en uygun optimizasyon koşulları 50 °C’de, 30 dk olarak bulunmuştur. Bu şartlar altında analiz sonuçları DPPH radikali ve toplam fenolik madde için sırayla 1166.5±30.6 mg trolox/L, 1198.6±7.5 mg GAE/L saptanmıştır.

Soğuk presyon yöntemi ile elde edilen pancar ekstraktlarının betasiyanin, betaksantin, toplam betalain, DPPH, toplam fenolik madde miktarı analiz sonuçları klasik ısısal yöntem (kontrol grubu) ile karşılaştırılmış ve sonuçlara göre soğuk presyon yöntemi ısısal işleme göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan optimum noktada (40 °C, 50 dk) klasik ısısal yöntem (kontrol grubu) ile ekstrakte edilen pancar örneklerinin,

aynı şartlar altında ultrasonikasyon yöntem ile ekstraksiyonunun etkinliğinin belirlenebilmesi için betasiyanin, betaksantin, toplam betalain, DPPH, toplam fenolik madde miktarı analiz sonuçları dikkate alınarak kıyaslama yapılmıştır. 40 °C sıcaklık ve 50 dk süre içinde ultrasonikasyon yönteminin kontrol yöntemine göre daha verimli olduğu belirlenmiştir. kullanılan üç farklı yöntemler ile elde edilen ekstraktların enkapsülasyonu için kaplama maddesi olarak %5 maltodekstrin (DE 10) ve %5 nişasta kullanılarak liyofilizasyon yöntem ile kurutulmuştur. Elde edilen toz gıda renklendiricilerin kalitesinin belirlenmesi amacı ile betasiyanin, betaksantin, toplam betalain, briks, fenolik madde, antioksidan, renk, higroskopisite, ıslatılabilirlik, yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve carr indeksi analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre doğal toz renklendirici için en uygun ekstraksiyon yöntemi ve kaplama maddesi soğuk presyon yöntem ile ekstrakte edilen örneklere %5 nişasta kullanılarak elde edilmiştir. Analiz sonuçları betasiyanin, betaksantin, toplam betalain, fenolik madde ve antioksidan analiz sonuçları sırayla 3866±25.2 mg/L, 3814.7±16.9 mg/L, 7680.8±42.05 mg/L, 842.78±97.9 mg GAE/L, 108474.7±335.6 mg trolox eşdeğer/L olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kırmızı pancar, Betalain, Antioksidan, Ekstraksiyon, Liyofilizasyon Kurutma, Renk maddesi

OPTIMIZATION OF OBTAINING LIQUID AND POWDER COLOR MATERIAL FROM RED BEET BY USING DIFFERENT EXTRACTION METHODS

Suhaila DAHI

Erciyes University, Institute of Science

Master Thesis, July 2020

Advisor: Prof. Dr. Mahmut DOGAN

ABSTRACT

This study is designed, for the production of betalain natural food colorant from beetroot by using three extraction method cold pression, classical thermal and ultrasonication method. The experiment was designed by using design of experiment (DOE) Taguchi L16 (4^2) model. The samples were formulated to optimize the thermal process parameters. In this way, betacyanine, betaxanthin and total betalain color materials were produced. In this method, two different parameters were used extraction temperature 4 °C, 25 °C, 40 °C, 50 °C, and time 5, 30, 50, 120 min. The optimization result showed, the optimum conditions for color matter extraction were determined at 40 °C for 50 min, considering the amounts of betatacanine, betaxanthin, total betalain and Brix°. The results under these conditions were 370.5±0.6 mg/L, 288.9±2.2 mg/L, 659.5±1.9 mg/L and 4.3±0.1% for betacyanine, betaxanthin, total betalain and Brix°, respectively.

The result of DPPH radical and total phenolic analysis of the extracts were compared with the optimization conditions. The phenolic substance was obtained at 50 °C for 30 min. The result found under these conditions 1166.5±30.6 mg trolox/L, 1198.6 ± 7.5 mg GAE/L. for DPPH radicals and total phenolic substance, respectively.

Betasyanin, betaxanthin, total betalain, DPPH, total phenolic substance amount showed the beet extracts obtained by cold pressing method were compared with the classical thermal method (control group). The results of cold pressing method observed more effective than heat treatment. The effectiveness of beet samples extracted with the classical thermal method (control group) at the optimum point (40 °C at 50 min), under the same conditions. It has been observed that ultrasonication method is more efficient than control method at 40 °C and for 50 min. The

encapsulation of extracts obtained by three different methods, 5% maltodextrin (DE 10) and 5% starch were used as a coating agent under lyophilized. In order to determine the quality of powder food colorants obtained as betacyanin, betaxanthin, total betalain, brix %, phenolic substance, antioxidant, color, hygroscopicity, wettability, mass density, compressed mass density and carr index analyzes were performed. According of the study results, the best suitable extraction method and coating material were observed for samples of the obtaining with using coun starch (5%) with cold pressure. The results obtained for betacyanine, betaxanthin, total betalain, phenolic substance and antioxidant observed as 3866 ± 25.2 mg/L, 3814.7 ± 16.9 mg/L, 7680.8 ± 42.05 mg/L, 842.78 ± 97.9 mg GAE/L, 108474.7 ± 335.6 mg trolox equivalent/L.

Keywords: Beetroot, betalain, antioxidant, extraction, lyophilization drying, color beetroot, betalain, antioxidant, extraction, lyophilization drying.

İÇİNDEKİLER

FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ KULLANARAK KIRMIZI PANCARDAN SIVI VE TOZ RENK MADDESİ ELDE EDİLMESİNİN OPTİMİZASYONU

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
KABUL VE ONAY	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR	xiii
TABLOLAR LİSTESİ	xiv
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Kırmızı Pancarın Özellikleri	4
1.2. Betalainler	6
1.2.1. Betalain Stabilitesi.....	10
1.2.1.1. Betalain Stabilitesine Sıcaklığın Etkisi.....	10
1.2.1.2. Betalain Stabilitesine pH'nın Etkisi.....	12
1.2.1.3. Betalain Stabilitesine Işığın Etkisi	12
1.2.1.4. Betalain Stabilitesine Su Aktivitesinin Etkisi	13
1.2.1.5. Betalain Stabilitesine Stabilizatörlerin Etkisi.....	13
1.3. Antioksidanlar	14
1.3.1. Kırmızı Pancar Antioksidan Aktivitesi	15
1.4. Fenolik Bileşikler	16
1.4.1. Kırmızı Pancarın Fenolik Bileşikleri.....	18
1.5. Enkapsülasyon Yöntemi ile Betalainlerin Stabilitesinin Sağlanması	19

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Materyal	23
2.2. Yöntemler	23
2.2.1. Ekstraksiyon İşlemi.....	23
2.2.1.1. Klasik Isısal Yöntem ile Ekstraksiyon.....	23
2.2.1.2. Soğuk Presyon Yöntemi İle Ekstraksiyon.....	26
2.2.1.3. Ultrasonikasyon Yöntemi İle Ekstraksiyon	27
2.2.2. Liyofilizatör İle Kırmızı Pancardan Renk Maddesi Üretimi	29
2.2.3. Kırmızı Pancardan Elde Edilen Toz Renk Maddesinden Betalain Ekstraksiyonu	29
2.2.3.1. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks) Tayini.....	30
2.2.3.2. Betalain Analizi.....	30
2.2.3.3. Toplam Fenolik Madde Miktarı Analizi	31
2.2.3.4. DPPH İle Antiradikal Aktivite Tayini.....	31
2.2.3.5. Toz Renk Maddelerinin Kuru Madde Miktarı	32
2.2.3.6. Toz Renk Maddelerinin Suda Çözünürlük Tayini.....	33
2.2.3.7. Renk Analizi.....	33
2.2.3.8. Higroskopisite Testi.....	34
2.2.3.9. Islatılabilirlik Testi	34
2.2.3.10. Yığın Yoğunluğu ve Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu Analizi.....	34
2.2.3.11. Carr İndeksi Değeri.....	34
2.2.3.12. İstatistiksel Analizler.....	35

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Kırmızı Pancardan Renk Maddesi Üretim Optimizasyonu	37
3.1.1. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal Yöntemi ile Ekstrakte Edilen Renk Maddelerinin Optimizasyon Bulguları	37
3.1.1.1. Betasyanın Sonuçları.....	37
3.1.1.2. Betaksantin Sonuçları	41
3.1.1.3. Toplam Betalain Sonuçları	44
3.1.1.4. Briks Sonuçları	47
3.1.1.5. Toplam Fenolik Madde.....	50

3.1.1.6. Antioksidan Kapasite (DPPH)	52
3.1.1.7. Renk değerleri.....	54
3.1.1.8. Optimum Üretim Yöntemi Belirlenmesi ve Doğrulama Deneyi	55
3.1.1.8.1. Optimum Üretim Yöntemi Belirlenmesi	55
3.1.1.8.2. Doğrulama Deneyi.....	56
3.1.2. Farklı Ekstraksiyon Yöntemlerinin Optimizasyonu.....	57
3.1.2.1. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Betasiyanin Bulguları	57
3.1.2.2. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Betaksantin Bulguları.....	59
3.1.2.3. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Betalain Bulguları	61
3.1.2.4. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen DPPH Analiz Bulguları	64
3.1.2.5. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Toplam Fenolik Madde Miktarı (TFM) Bulguları.....	66
3.1.2.6. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Briks Değerleri Bulguları	69
3.1.2.7. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Renk Değerleri Bulguları	70
3.1.3. Liyofilizatör ile Kurutma Optimizasyonu Bulguları	71
3.1.3.1. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Betasiyanin Bulguları Değeri..	72
3.1.3.2. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Betaksantin Bulguları.....	75
3.1.3.3. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Toplam Betalain Bulguları.....	77
3.1.3.4. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin DPPH Analiz Bulguları	80
3.1.3.5. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Toplam Fenolik Madde Analiz Bulguları	82
3.1.3.6. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Renk Analiz Bulguları.....	85
3.1.3.7. Liyofilize Edilen Renk Maddelerin Kuru Madde, Çözünürlük, Higroskopisite ve Islatılabilirlik Analiz Bulguları	86
3.1.3.8. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Yığın Yoğunluk, Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluk ve Carr İndeks Analiz Bulguları	88

3.1.3.9. Liyofilize Edilen Renk Maddelerin Görüntüleri	89
--	----

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma ve Sonuç	92
4.1.1. Kırmızı Pancar Ekstraktlarından Elde Edilen Renk Maddelerinin Betasiyanin, Betaksantin ve Toplam Betalain Değerleri	92
4.1.2. Kırmızı Pancar Ekstraktlarından Elde Edilen DPPH ve Toplam Fenolik Madde Değerleri	95
4.1.3. Kırmızı Pancar Ekstraktlarının Briks Değerleri	97
4.1.4. Renk Değerleri	98
4.2. Toz Renk Maddelerinin Betasiyanin, Betaksantin ve Toplam Betalain Sonuçları	100
4.2.1. Toz Renk Maddelerinin DPPH ve Toplam Fenolik Madde İçeriği Sonuçları	103
4.2.2. Toz Renk Maddelerinin Kuru Madde (%) ve Çözünürlük Değerleri (%)	106
4.2.3. Toz Renk Maddelerinin Higroskopisite ve Islanabilirlik Değerleri	107
4.2.4. Toz Renk Maddelerinin Yığın yoğunluğu, Sıkıştırılmış Yığın yoğunluğu Ve Carr İndeks Değerleri	110
4.2.5. Renk Değerleri	114
4.2. Sonuç	116
4.3. Öneriler	117
KAYNAKÇA	119
EKLER	130
ÖZGEÇMİŞ	131

KISALTMALAR

Kısaltma	Anlamı
aw:	Su aktivitesi
°C:	Santigrat derece
DE:	Dekstroz eşdeğeri
dk:	Dakika
DPPH:	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
g:	Gram
GAE:	Gallik asit eşdeğeri
MD:	Maltodekstrin
NI:	Mısır nişasta
mg:	Miligram
mm:	Milimetre
mmol:	Milimol
L:	Litre
p:	İstatiksel önem değeri
ppm:	Milyonda bir kısım
rpm:	Dakikadaki devir sayısı
SS:	Standart sapma
TPC:	Toplam fenolik madde miktarı

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	Türkiye’de kırmızı pancar üretim miktarı.....	4
Tablo 1.2.	Kırmızı pancarların besinsel içeriği ve miktarları.....	5
Tablo 1.3.	Kırmızı pancarda (<i>Beta vulgaris</i>) bulunan betalain türevi bileşikler.....	9
Tablo 1.4.	Radikal gruplar ve sinnamik asit türevleri	17
Tablo 1.5.	Radikal gruplar ve benzoik asit türevleri	18
Tablo 1.6..	Kırmızı pancardaki fenolik bileşikler.....	18
Tablo 2.1.	Klasik ısısal yöntem uygulaması için yapılan taguchi 116 (4 ⁴) dizi tasarım modeli	25
Tablo 3.1.	Optimum betasiyanin ekstraksiyonu için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları	38
Tablo 3.2.	Betasiyanin ekstraksiyonuna ait varyans analiz sonuçları	39
Tablo 3.3.	Betasiyanin için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi.....	39
Tablo 3.4.	Taguchi yöntemi ile betasiyanin ekstraksiyonu için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu.....	40
Tablo 3.5.	Optimum betaksantin ekstraksiyon için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları	41
Tablo 3.6.	Betaksantin ekstraksiyonuna ait varyans analiz sonuçları	42
Tablo 3.7.	Betaksantin için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi.....	42
Tablo 3.8.	Taguchi yöntemi ile betaksantin ekstraksiyonu için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu.....	43
Tablo 3.9.	Optimum betalain ekstraksiyon için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları	44
Tablo 3.10.	Betalain ekstraksiyonuna ait varyans analiz sonuçları.....	45
Tablo 3.11.	Betalain için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi	45
Tablo 3.12.	Taguchi yöntemi ile betalain ekstraksiyonu için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu	46
Tablo 3.13.	Optimum briks değeri için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları	47
Tablo 3.14.	Briks değerlerine ait varyans analiz sonuçları	48
Tablo 3.15.	Briks için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi verilmektedir	48

Tablo 3.16. Taguchi yöntemi ile briks değeri için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu	49
Tablo 3.17. Optimum fenolik ekstraksiyon için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları	50
Tablo 3.18. Taguchi yöntemi ile fenolik madde ekstraksiyonu için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu.....	51
Tablo 3.19. Optimum antioksidan ekstraktı için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları	52
Tablo 3.20. Taguchi yöntemi ile antioksidan ekstraksiyonu için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu.....	53
Tablo 3.21. Optimum renk değerlerini ekstraksiyonu için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları.....	54
Tablo 3.22. Kırmızı pancardan klasik ısısal yöntemi ile ekstrakte edilen renk pigmentlerinin optimizasyon tablosu	55
Tablo 3.23. Kırmızı pancardan klasik ısısal yöntemi ile ekstrakte edilen fenolik maddelerin optimizasyon tablosu.....	55
Tablo 3.24. Doğrulama deneyi ve beklenen değerler sonucu	56
Tablo 3.25. Doğrulama deneyi ve beklenen değerler sonucu	56
Tablo 3.26. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betasiyanin sonuçları	58
Tablo 3.27. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betasiyanin sonuçları	58
Tablo 3.28. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betaksantin sonuçları	60
Tablo 3.29. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betaksantin sonuçları	60
Tablo 3.30. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betaksantin sonuçları	62
Tablo 3.31. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betaksantin sonuçları	62
Tablo 3.32. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen DPPH analiz sonuçları.....	64

Tablo 3.33. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemleri ile elde edilen DPPH analiz sonuçları.....	65
Tablo 3.34. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemleri ile elde edilen toplam fenolik madde miktarı analiz sonuçları.....	67
Tablo 3.35. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemleri ile elde edilen toplam fenolik madde miktarı analiz sonuçları	67
Tablo 3.36. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen briks değerlerine ait analiz sonuçları.....	69
Tablo 3.37. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen briks değerlerine ait analiz sonuçları.....	70
Tablo 3.38. Kırmızı pancardan klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen briks ve renk değerlerine ait analiz sonuçları.....	71
Tablo 3.39. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen renk değerlerine ait analiz sonuçları.....	71
Tablo 3.40. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin betasiyanin analiz sonuçları	73
Tablo 3.41. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin betasiyanin analiz sonuçları	73
Tablo 3.42. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin betaksantin analiz sonuçları.....	75
Tablo 3.43. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin betaksantin analiz sonuçları	76
Tablo 3.44. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin toplam betalain analiz sonuçları.....	78
Tablo 3.45. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin toplam betalain analiz sonuçları.....	78
Tablo 3.46. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin antioksidan analiz sonuçları	80
Tablo 3.47. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin antioksidan analiz sonuçları	81
Tablo 3.48. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin TFM analiz sonuçları	83

Tablo 3.49. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin TFM analiz sonuçları	83
Tablo 3.50. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin renk değerlerinin analiz sonuçları	85
Tablo 3.51. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin renk değeri analiz sonuçları.....	86
Tablo 3.52. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin kuru madde ve çözünürlük analiz sonuçları	86
Tablo 3.53. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin kuru madde ve çözünürlük analiz sonuçları	87
Tablo 3.54. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin higroskopisite ve ıslatılabilirlik analiz sonuçları	87
Tablo 3.55. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin higroskopisite ve ıslatılabilirlik analiz sonuçları.....	88
Tablo 3.56. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve carr indeks analiz sonuçları.....	88
Tablo 3.57. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve carr indeks analiz sonuçları.....	89

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Kırmızı pancar görüntüsü	6
Şekil 1.2.	Betalainin biyosentezi.	7
Şekil 1.3.	Kırmızı pancarda betaksantin ve betasiyanin oluşumu	8
Şekil 1.4.	Fenolik asitlerin yapısı	17
Şekil 1.5.	Enkapsülasyon işlemi.....	19
Şekil 2.1.	Klasik ısısal yöntem ile renk maddesi ekstraksiyon akış şeması	24
Şekil 2.2.	Kırmızı pancardan su banyosu ile renk maddesi ekstraksiyonu	25
Şekil 2.3.	Soğuk presyon yöntem ile renk maddesi ekstraksiyon akış şeması.....	26
Şekil 2.4.	Katı Meyve Sıkacağı ile betalain ekstraksiyonu	27
Şekil 2.5.	Ultrasonikasyon yöntemi ile renk maddesi ekstraksiyon akış şeması	28
Şekil 2.6.	Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ile renk maddesi ekstraksiyonu.....	28
Şekil 2.7.	Liyofilizatör ile kırmızı pancardan toz renk maddesi üretimi.....	29
Şekil 2.8.	Toz örneklerden betalain ekstraksiyonu	30
Şekil 2.9.	L*, a* ve b* renk alanı diyagramı (ton ve doygunluk).....	33
Şekil 3.1.	Betasiyani değeri sonuçları için SNR sonuç grafiği	40
Şekil 3.2.	Betaksantin değeri sonuçları için SNR sonuç grafiği	43
Şekil 3.3.	Betalain değeri için SNR sonuç grafiği.....	46
Şekil 3.4.	Briks değeri sonuçları için SNR sonuç grafiği.....	49
Şekil 3.5.	Fenolik madde değeri sonuçları için SNR sonuç grafiği	51
Şekil 3.6.	Antioksidan aktivite değeri sonuçları için SNR sonuç grafiği.....	53
Şekil 3.7.	Soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemlerinin betasiyanin değeri grafiği	58
Şekil 3.8.	Ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemlerinin betasiyanin değeri grafiği	59
Şekil 3.9.	Soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemlerinin betaksantin değeri grafiği	61
Şekil 3.10.	Ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemlerinin betaksantin değeri grafiği	61
Şekil 3.11.	Soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemlerinin betalain değeri grafiği	63
Şekil 3.12.	Ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemlerinin betalain değeri grafiği ..	63

Şekil 3.13.	Soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemlerinin DPPH değeri grafiği	65
Şekil 3.14.	Ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemlerinin DPPH değeri grafiği.....	66
Şekil 3.15.	Soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemlerinin toplam fenolik madde değeri grafiği	68
Şekil 3.16.	Ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemlerinin toplam fenolik madde değeri grafiği	68
Şekil 3.17.	Liyofilize edilen renk maddelerinin betasiyanin değeri grafiği	74
Şekil 3.18.	Liyofilize edilen renk maddelerinin betasiyanin değeri grafiği	74
Şekil 3.19.	Liyofilize edilen renk maddelerinin betaksantin değeri grafiği	76
Şekil 3.20.	Liyofilize edilen renk maddelerinin betaksantin değeri grafiği	77
Şekil 3.21.	Liyofilize edilen renk maddelerinin betalain değeri grafiği.....	79
Şekil 3.22.	Liyofilize edilen renk maddelerinin betalain değeri grafiği.....	79
Şekil 3.23.	Liyofilize edilen renk maddelerinin antioksidan değeri grafiği.....	81
Şekil 3.24.	Liyofilize edilen renk maddelerinin antioksidan değeri grafiği.....	82
Şekil 3.25.	Liyofilize edilen renklerin TFM değeri grafiği.....	84
Şekil 3.26.	Liyofilize edilen renklerin TFM değeri grafiği.....	84
Şekil 3.27.	a,b,c,d,e,f Liyofilizatör ile kurutulan toz ürünler	91

GİRİŞ

Renk, gıdaların tercih edilebilirliğini etkileyen en önemli kalite kriterlerinden biridir. Renklendiriciler gıdanın tazeliğini, güvenliğini ve aynı zamanda tüketici tarafından kabul edilebilirliğini sağlayan pigmentlerdir. Bu nedenle gıda sektöründe istenilen rengi elde etmek için ya da gıdaların var olan renklerinin güçlendirilmesi için renklendiriciler kullanılmaktadır. Gıda renklendiriciler kaynağına göre sentetik ve doğal renklendiriciler olarak ikiye ayrılmaktadır. Sentetik renklendiriciler yapay olarak kimyasal bileşiklerden elde edilirken, doğal renklendiriciler ise doğada doğal olarak bulunan pigmentlerdir. Bu pigmentlerin kaynağı bitkisel, hayvansal ve mikroorganizmalardır. Gıda sektöründe yıllardır sentetik renklendiriciler kullanılmıştır [1].

Sentetik renk maddeleri insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilen ve yaşam süresini kısaltan kalp-damar, kanser ve karaciğer hastalıkları gibi hastalıkların gelişmesini sağlamaktadır. Bu nedenle gıda kodeksinde sentetik renk maddelerin kullanılması belirli bir düzeyde sınırlandırılmıştır. Ancak günümüzde tüketici bilincinin ve sağlıklı beslenme eğiliminin artmasıyla birlikte sentetik gıda renklendiriciler yerini doğal gıda renklendiricilerine bırakmıştır [2].

Doğal renk maddeleri insan sağlığı açısından daha güvenilir olduğundan gıda sektöründe kullanımları giderek artmaktadır. Özellikle besinsel değere sahip olmaları, organik ve doğal gıdalar için uygun olmaları, gıdaların rengini iyileştirmesi ve tüketici talebini etkilemesi doğal renk maddelerinin kullanımını giderek tercih edilebilir kılmaktadır [3].

Kırmızı pancar bitkisi (*Beta vulgaris L.*), yüksek betalain içeriğinin yanı sıra besleyici değerleri nedeniyle doğal gıda renklendirici kaynağı olarak kullanılmaktadır [4]. Betalainler; yapısal olarak suda çözünebilen azot içeren pigmentlerdir ve bunlar azotun bir türevi olan betalamik asit içermektedir [5]. Betalain pigmentler gıda renklendiricisi

olarak ilk kez 20. yüzyıllarında kullanılmıştır. İlk olarak, Türkiye’de şekerçi boyası olarak bilinen bitki suyunda bulunan betalainler şarapların mevcut kırmızı renginin arttırılması amacıyla kullanılmıştır. Ancak günümüzde tercih edilen betalainler şekerlemeler, tatlılar, reçeller, süt ve süt ürünleri, çorbalar, soslar ve içkilerde gıda renklendiricisi olarak kullanılmaktadır. ABD ve Avrupa Birliğinde kırmızı pancardan üretilen doğal gıda renklendiricisi ticari olarak kullanılmakta olup, E-162 kodu ile etiketlenmektedir [6]. Ayrıca Amerika Birleşik Devletlerin’de sadece kırmızı pancardan elde edilen betalainlerin gıda renklendiricisi olarak kullanımına izin verilmektedir [7].

Betalainler renk verme özelliğinin yanı sıra, antioksidan, anti-lipidemik, anti-kanserojenik, antimikrobiyal ve antiviral etkileri farmakolojik özellikleri sayesinde insan sağlığı açısından önemli bir role sahiptir [8]. Ancak, betalain ve antosiyanin gibi doğal gıda renklendiriciler stabilitesi düşük olan pigmentlerdir. Bu pigmentler sıcaklık, oksijen, ışık ve su aktivitesi gibi bir çok parametrelerden etkilenecek şekilde kolayca bozulabilmektedir. Dolayısıyla doğal gıda renklendiricilerinin sentetik renklendiricilere göre düşük stabilite ve yüksek maliyet gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır [7, 9]. Renklendiricilerde görülen bu bozulmanın en düşük seviyeye indirilebilmesi, renk maddelerinin stabilitesinin sağlanması ve raf ömrünün arttırılması için en yaygın kullanılan işlemlerden biri de enkapsülasyon yöntemidir. Enkapsülasyon işleminin amacı, duyarlı bileşenlerin çevresinde kaplama materyalleri ile bir bariyer oluşturarak bileşenler ve çevre etkileşiminin en düşük seviyeye indirilmesi sağlanmaktadır. Enkapsülasyon işlemi sonucunda, bileşenler çevresel faktörlerden korunarak daha stabil hale gelmektedir [10].

Kırmızı pancardan elde edilen renk pigmentleri hem sıvı hem de toz formda gıdalarda renklendirici (E 162) olarak kullanılmaktadır [11]. Kırmızı pancardan elde edilen sıvı renklendiriciler su aktivitesini düşürmek için içerdiği toplam katı madde miktarı % 40-60 seviyeye ulaşmaya kadar vakum altında buharlaştırılmasıyla konsantre edilmektedir. Bununla birlikte kırmızı pancardan elde edilen betalainlerin toz formuna dönüştürülebilmesi için en yaygın kullanılan yöntem püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma olarak bilinmektedir. Dondurarak kurutma yöntemi yüksek maliyet olmasına rağmen, püskürtmeli kurutucuya göre betalain miktarları 1.3 kat

daha fazla olduğu ve betalain pigmentlere oldukça az zarar vermesi açısından tercih edilmektedir [12].

Kırmızı pancar yıllardır Türkiye ve dünya çapında üretilip tüketilmektedir. TÜİK 2018 yılı verilerine göre Türkiye’de 8119 ton kırmızı pancar üretilmiştir [13]. Üretilen pancarlar doğal gıda renklendirici olarak gıda endüstrisinde kullanılması hem sağlık açısından hem de ülke ekonomisi açısından büyük fayda sağlayacaktır.

Bu tez çalışması kapsamında, betalain içeriğine sahip kırmızı pancardan doğal gıda renklendiricisi üretmek için soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon olmak üzere üç farklı yöntem ile ekstraksiyon koşullarının optimizasyonu yapılmıştır. Ayrıca ekstrakte edilen betalainlerin stabilitesinin artırılması amacıyla %5 maltodekstrin ve %5 mısır nişasta ile enkapsülasyon işlemi uygulanarak liyofilize edilerek toz renk maddesi elde edilmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Kırmızı Pancarın Özellikleri

Kırmızı pancar, yumru köklü, Amaranthaceae (Ispanak) ailesine ait olan çiçekli kök bir sebzedir. Genellikle pancar olarak bilinen (*Beta vulgaris L.*) Amerika, Avrupa ve Asya gibi geniş bir alanda yetiştirilmektedir. Türkiye’de ise en çok Marmara ve Ege bölgesinde üretilmekle birlikte Akdeniz bölgesinde de sınırlı miktarda üretilip tüketilmektedir [13]. Kırmızı pancar hem lezzetli hemde sağlık yönünden son derece faydalı, toprak altında yetişen kırmızı renkli, ince köklü ve iki yıllık otsu bir bitkidir. Bu bitki birinci yıl toprağın altındaki yumru kısmı ve toprağın üstündeki yeşil yaprakları, ikinci yıl ise çiçek sapı, çiçek ve tohumları gelişir. Kırmızı pancar tohumları bahar başından yaz sonuna kadar ekilebilmektedir. Erkeni denem çeşitleri ekimden itibaren ortalama 4- 4.5 ayda, diğer türlerde ise 6 ayda hasat edilebilir. Kırmızı pancarın yenilebilir olan kök kısmı yuvarlak ya da yuvarlağa yakın bir şekildedir. Kabuk ve iç kısmı koyu kırmızı renktedir [14].

Tablo 1.1. Türkiye’de kırmızı pancar üretim miktarı [15].

Yıllar	Kırmızı Pancar Üretimi (ton)
2011	7815
2012	7540
2013	7286
2014	7161
2015	7028
2016	7774
2017	7553
2018	8119

Pancardaki mevcut yoğun kırmızı-mor renk yüksek oranda içerdiği betalain pigmentlerinden kaynaklanmaktadır. Üretilen kırmızı pancar (*Beta vulgaris L.*) yemeklerde, salatalarda, turşularda, çiğ olarak tüketilirken; gıda endüstrisinde doğal gıda renklendirici olarak da kullanılmaktadır. Renk pigmentlerinin oranı pancarın yetiştirilme alanı, türü ve olgunlaşma süresi gibi etkenlere bağlıdır [16]. Hafif tatlı olan kırmızı pancar, en güçlü antioksidan özelliğe sahip sebzelerdendir. İçerdiği besinler fenolik bileşikler, karotenoidler, betalainler, A, B, C ve P vitaminleri önemli biyo-bileşik olan demir, fosfor, magnezyum, potasyum, çinko, kalsiyum gibi minerallerdir [17]. Kırmızının pancarın besinsel içeriği Tablo 1. 2 'de gösterilmiştir.

Tablo 1.2. Kırmızı pancarların besinsel içeriği ve miktarları [18].

Besin İçeriği	Miktar(100g'de)
Enerji (kj/kcal)	168/38
Kuru madde	15.13-29.50
Nem	91.02
Karbonhidrat	9.56 g
Toplam şeker	0.50 g
Yağ	0.17 g
Protein	1.61 g
Lif	2.80 g
Potasyum	325 mg
Sodyum	78 mg
Magnezyum	23 mg
Fosfor	40 mg
Kalsiyum	16 mg
C vitamin	4.9 mg

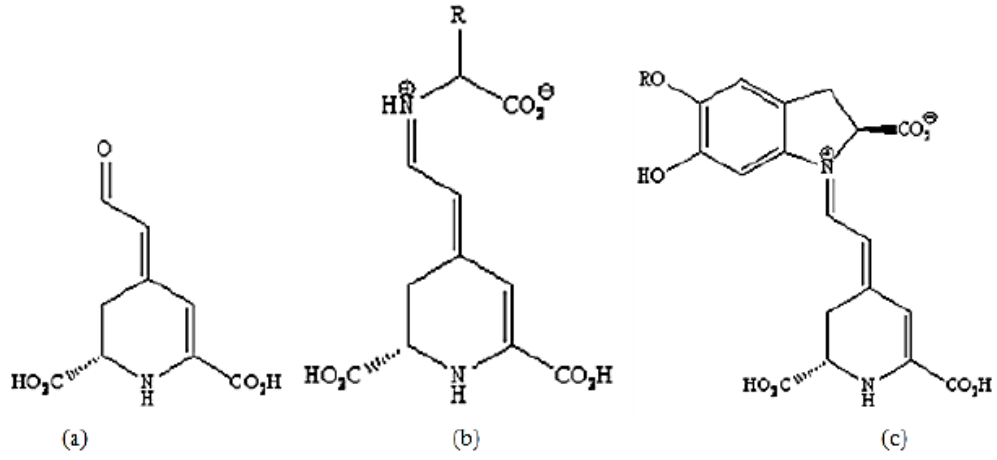
Yapısında bulunan bileşikler ve pigmentler sayesinde kırmızı pancar antioksidan madde miktarı yönünden oldukça zengindir ve bu antioksidanlar; vücutta üretilen serbest radikalleri yok ederek akciğer, deri, kolon kanseri gibi değişik kanserli hücre oluşumunu engellemektedir [19].



Şekil 1.1. Kırmızı pancar görüntüsü .

1.2. Betalainler

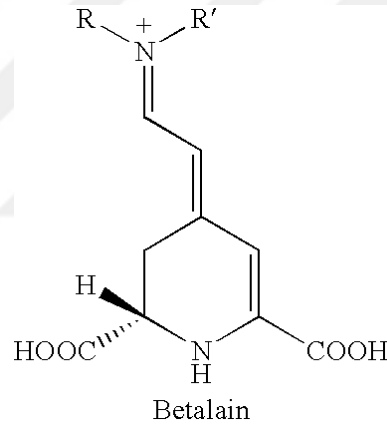
Betalainler, kırmızı pancarda (*Beta vulgaris L.*) yüksek miktarda bulunan, suda çözünebilir, içeriğinde azot bulunan doğal pigmentlerdir [5]. Betalainlerin yapısı ve rengi, bitki çeşidine göre farklılık gösterebilmektedir. Kırmızı pancar kökü betalain pigmentlerinin ana ve ticari kaynağı olarak bilinmektedir. Betalainler, gıdaların besin değerini artıran, rengini düzelteren veya gıdalara renk katmak amacıyla kullanılan katkı maddelerdir [20]. Ayrıca, betalain pigmentleri kırmızı pancar dışında kaktüs armudu, ejder meyvesi (pitaya), amarant çiçeği ve pazı gibi diğer bitkilerde de bulunmaktadır. Ancak bu meyvelerde betalain düşük oranda bulunmaktadır [12]. Betalainler; yüksek azotlu pigmentler olup bu pigmentler azotun bir türevidir olan betalamik asit içermektedir [21]. Betalamik asidin, N-heterosiklik yapının biyosentezi sonucunda ya da konjuge çift bağlar içeren dihidropiridin türevinden oluştuğu bilinmektedir (Şekil 1.2) [22].



(a) Betalamik asit

(b) Betaksantin

(c) Betasiyanin

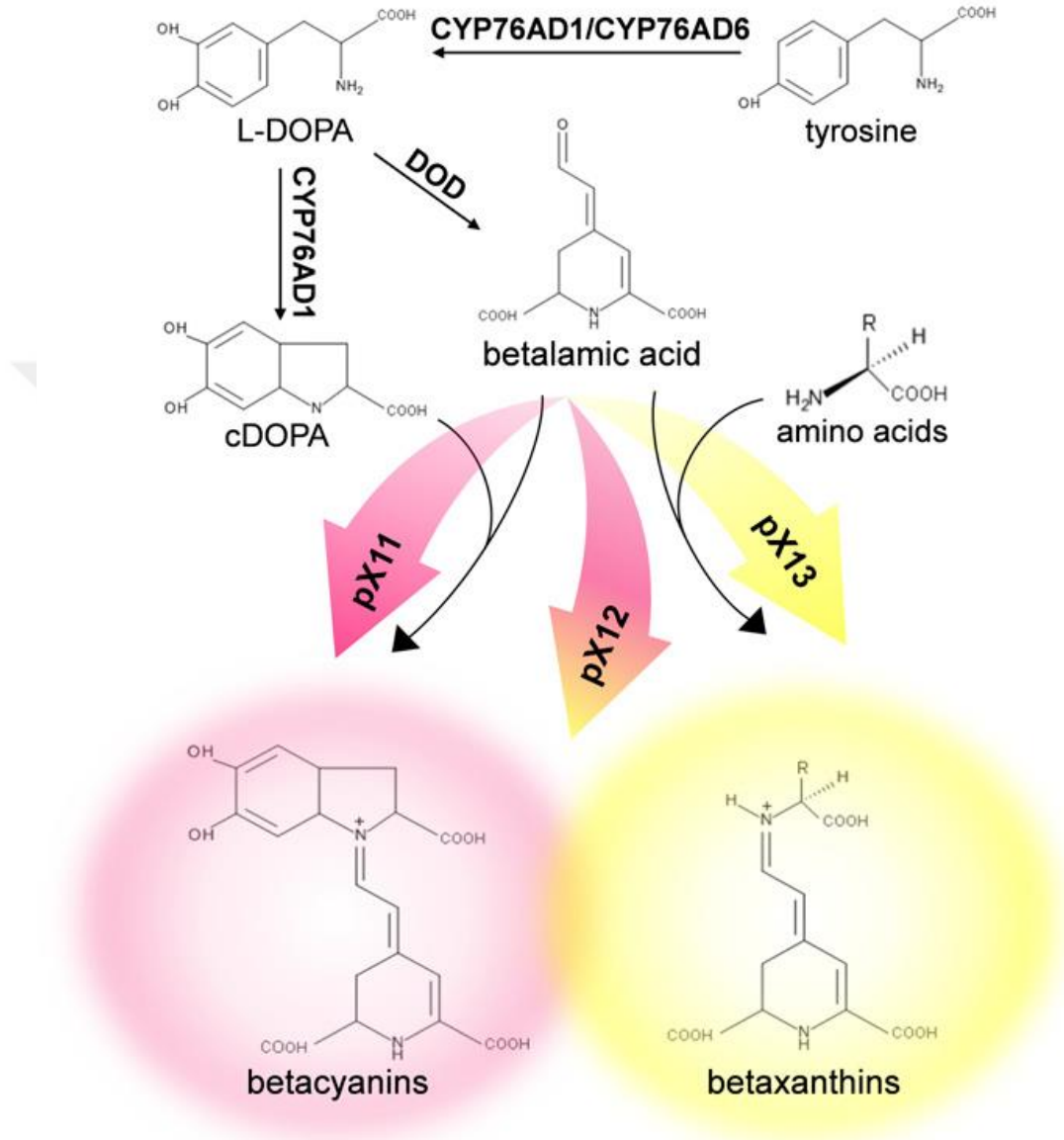


Şekil 1.2. Betalainin biyosentezi.

Kırmızı pancar içeren betalain biyosentezi üzerine yapılan çalışmalara göre L-DOPA (Levodopa; 3,4-Dihydroxyphenylalanine) tirosinden sitokrom P450 CYP76AD1 veya CYP76AD6 enzimleri tarafından oluşur. L DOPA daha sonra sırasıyla CYP76AD1 veya DOPA 4,5-dioksijenaz (DOD) içeren enzimatik reaksiyonlar yoluyla siklo-DOPA'ya (cDOPA) ve betalamik aside dönüştürülür. Daha sonra betalamik asit, amino asitlerle, sarı betaksantinleri oluşturur. Betasiyanin oluşturmak için cDOPA ile konjüge olur.

PX11 vektörünün ifadesi esas olarak betasiyaninlerin üretimi ile sonuçlanırken, pX13 ifadesi sadece betaksantin oluşumu ve pX12 ifadesi akıyı her iki pigment sınıfının sentezinde kullanılmaktadır.

Betalainlerin yapıtaşı olan betalamik asidin, farklı moleküllerle biyosentez sonucunda değişik yapılar oluşturduğu Şekil 1.3’de görülmektedir [23].



Şekil 1.3. Kırmızı pancarda betaksantin ve betasiyanin oluşumu [23].

Bu yapılar genellikle betaksantin ve betasiyanin olarak adlandırılmaktadır [24]. Betaksantin, kırmızı pancarda sarı renkten sorumludur. Latince ‘Beta’ pancar; yunanca ‘Xanthos’ sarı kelimelerinden meydana gelmektedir. Betaksantin kimyasal yapısına baktığımız zaman, betalamik asidin amino asitler ya da amin gruplarıyla biyosentez sonucunda meydana geldiği görülmektedir. Betaksantin, yapısında prolin grubunu da içermektedir. Betaksantin pik verdiği dalgaboyu, yapısındaki amino grubuna bağlı

olarak 460-480 nm arasında değişmektedir. Kırmızı pancardaki betalain türevleri Tablo 1.3'de görüldüğü gibi kırmızı pancar içeren betasiyaninler arasında betanin, neobetanın, probetanin ve isobetanın; betaksantinler arasında ise vulgaksantin, indiksantin, portulaksantin ve miraksantin bulunmaktadır [25]. Spektrofotometrik yöntemlerle incelendiğinde kimyasal yapı olarak öncelikle betalain, daha sonra amino asit ve aminlerden oluşan betaksantin yanısıra betanidin belirlenmektedir [24]. Türüne bağlı olarak, kırmızı pancarda bulunan betasiyanin ve betaksantin miktarı % 0.04-0.21 ve % 0.02-0.14 arasında değişmektedir [21].

Tablo 1.3. Kırmızı pancarda (*Beta vulgaris*) bulunan betalain türevi bileşikler [25].

Renk maddesi Bileşikleri	
Betasiyanin	Betanin
	Isobetanın
	Probetanın
	Neobetanın
Betaksantin	Vulgaksantin I
	Vulgaksantin II
	Miraksantin
	Portulaksantin
	İndiksantin

Kırmızı pancarda bulunan betalainlerin ortalama miktarı 1000 mg/100 g toplam katı maddede ya da taze ağırlıkta 120 mg/100g kadar olduğu bilinmektedir [12]. Kırmızı pancar kökünde betalain miktarı yaklaşık olarak % 50–70 oranında tespit edilmiştir [21]. Bu oranın % 50'sini betasiyaninler; % 20'sini ise betaksantinler oluşturduğu tespit edilmiştir [9]. Kırmızı pancarda betasiyaninler en çok kırmızı-mor renkten sorumlu olduğu bilinmektedir. Betasiyanin kelimesi, Yunanca'da mavi anlamı taşıyan 'kyaneos' kelimesinden türetilmiştir. Betasiyaninler betalamik asitin, siklo-dopa yoğunlaşma ürünleri 3-(3,4-dihidroksifenilalanin) ile biyosentezi sonucunda meydana

gelmektedir. Betasiyaninler, betanidin ve izobetanidin olmak üzere iki şekilde bulunur. Bu iki yapılarda şeker olmayan kısmına aglikon adı verilmektedir. Şekil 1.3'te görüldüğü gibi bu yapıların büyük kısmı açillenmiş şeker radikalleri olarak, kırmızı renkli olan betanini oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalara göre, kırmızı pancar en önemli betanin (betanidin-5-O- β -glikosid) kaynağı olduğu tespit edilmiştir [5]. Ayrıca kırmızı pancarın suyunda betanin/izobetanin miktarı toplam betalain içeriğinin % 41'ini oluşturduğunu bulunmuştur. Betalainlerden aromatik indol türevi olan tirozinin sentezlenebildiği açıklanmıştır [12].

1.2.1. Betalain Stabilitesi

Betalainler, stabilitesi düşük pigmentlerdir. Birçok faktörün betalainlerin stabilitesi üzerine olumsuz etki ettiği belirtilmektedir. Yüksek sıcaklık, ışık, oksijen varlığı, yüksek su aktivitesi, düşük glikozilasyon derecesi, düşük açılasyon ve metal iyonları varlığı gibi etkenler betalainlerin stabilitesine olumsuz etki ettiği ileri sürülmektedir. Ancak yüksek pigment içeriği, düşük sıcaklık ve su aktivitesi, antioksidan varlığı, yoğun azot ortamı, yüksek derecede glikozilasyon ve açılasyon betalainin stabilitesini olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir [5].

1.2.1.1. Betalain Stabilitesine Sıcaklığın Etkisi

Sıcaklık betalainlerin stabilitesi üzerine en çok etki eden parametrelerdendir. Gıda sanayisinde hem gıda işleme hem de depolama sürecinde bu faktörün oldukça önemli olduğu vurgulanmaktadır. Sıcaklık yükselince betalainlerin degradasyonunu hızlandırır. Betanin pigmenti, ısıl işlem sırasında izomerizasyon, dekarboksilasyon, hidroliz ve dehidrojenasyon gibi çeşitli bozunma reaksiyonlarına uğramaktadır. İzomerizasyon neticesi meydana gelen izobetanin bileşiğinde sıcaklıkla birlikte herhangi bir renk değişimi olmazken, dekarboksilasyon neticesi oluşan dekarboksile betanin bileşiğin kararlılığını artırır. Bununla birlikte, dehidrojenasyon neticesi oluşan neobetanin ise sarı renk oluşmasına neden olmaktadır [7].

Ayrıca betaninin hidrolizi ile açık sarı betalamik asit ve renksiz cyclo-Dopa-5-O-glikozit bileşiğinin oluştuğu saptanmıştır. Betalainlerin ısıl stabilitesi uygun olmayan pH aralığında ve oksijen mevcudiyetinde daha çabuk bozulduğu belirtilmektedir [5].

Attia ve ark. (2013), asitlendirilmiş etanol ile kırmızı pancardan ekstrakte edilerek elde edilen betaninin stabilitesi üzerine farklı pH (2-10) ve sıcaklığın (40-100 °C) etkilerinin incelendiği bir diğer çalışmada pH 3-7 aralığında ve sıcaklık 40-50°C arasında, stabilitenin daha yüksek olduğu bulunmuştur [26].

Pedreno ve ark. (2001), kırmızı pancar ekstraktından elde edilen betaninin farklı sıcaklıklardaki (25, 50, 75°C) ve pH (3.5 ve 8.5) değerinde stabilitesini inceledikleri çalışmalarında, artan pH ve sıcaklık ile betaninin parçalanma hızının arttığını gözlemlemişlerdir [4].

Yapılan başka bir çalışmada, betasiyaninin stabilitesinin oda sıcaklığında, betaksantine kıyasla daha üstün olduğu ifade edilmektedir [21].

Vitti ve ark. (2005), yaptığı bir çalışmada kırmızı pancarı farklı sıcaklıklarda depolayarak depolama sıcaklıklarının etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda 15°C sıcaklıkta kütle kaybı ve solunum aktivitesinin yüksek olmasına rağmen betasiyanin ve betaksantin renk, suda çözünebilir katı madde miktarında önemli bir değişiklik olmadığını ortaya koymuşlardır [27].

Tekin ve ark. (2018), yaptığı bir çalışmada sıcaklık uygulaması ile betalain yapısında olan betanin degradasyonunun birinci derece reaksiyon reaksiyon kinetiği gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca betaninin parçalanma sırasında oluşan betalamik asidin değerli bir ara ürün olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, betaninin ısıya karşı stabilitesinin betalamik aside kıyasla daha az olduğu saptanmıştır [28].

Yapılan farklı çalışmalara göre; betalain stabilitesi üzerine ışığın etkisi, 40°C'nin üzerindeki yüksek sıcaklıklarda oldukça belirgin olduğu gözlemlenmiştir [29].

Pedreno ve ark. (2001), tarafından yapılan çalışmada, betaninin 25°C sıcaklık ve ışığa maruz kalması durumunda stabilitesinin yüksek oranda etkilendiği ifade edilmiştir. Farklı çalışmalar sonucuna göre betalainlerin pH 3-7 aralığında betaninlerin ise pH 4-6 aralığında daha stabil olduğu saptanmıştır. Genel olarak betasiyaninin termal stabilitesi pH 5 ve depolama sıcaklığı 4 °C'de yarılanma süresinin 1 yıldan fazla olduğu bilinmektedir [4].

1.2.1.2. Betalain Stabilitesine pH'nın Etkisi

Betalainler, pH 3 ve 7 arasında kararlı bir yapıya sahiptir. Ancak bu aralıklar dışına çıkıldığında ise degradasyona uğrarlar [26]. Betanin için maksimum renk kararlılığı pH 5 ve 6 aralığı iken betaksantin için ise maksimum renk kararlılığı pH 4 ve 7 aralığıdır [30]. Bazikleştirme betalamik asidin ve amino bileşenlerin hidrolizini sağlarken, asitleştirme ise bu bileşenlerin artmasını sağlar. Alkali şartlarda ve ortama asit eklendiğinde betanidin 5,6-dihydroxyindole-2-karboksilik asit ve metilpiridin- 2,6-dikarboksilik asit bileşenlerine dönüşür. Ancak düşük pH değerlerinde betanin ve betanidin C15 izomerizasyonuna uğrayarak izobetanin ve izobetanidini meydana getirir [14]. Kırmızı pancar rengi, pH'ya bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. pH 4 ile 5 arasındaysa, açık mavimsi bir kırmızı rengi vermekte olup, daha yüksek pH'larda maviye yaklaşırken, düşük pH'lardaysa sarımsı kahverengiye dönüşmektedir. Kırmızı pancar kökü kırmızısı, en iyi sonucu pH 4 ile 7 arasında gözlenmiştir [31]. Betalain, pH 3-7 gibi geniş bir aralıkta renk stabilitesini korumaktadır. Buna karşın pH 3'ün altında mor, pH 7'nin üstünde sarı-kahverengi renk almaktadır [32]. Betalainlerin pH 3-7 aralığı dışında kolayca kayba uğradıkları bildirilmektedir. Betanin stabilitesi için optimum pH aralığı 4-6 olarak belirtilmektedir. Ortam sıcaklığı ile oksijen varlığının optimum pH değerleri üzerinde etkili olduğu bildirilmektedir. Betanin ve betanidinin oksijen varlığında stabil olmadığı, betanin stabilitesinin oksijen konsantrasyonu ile doğrusal olarak azaldığı saptanmıştır [5].

1.2.1.3. Betalain Stabilitesine Işığın Etkisi

Betasiyanin pigmentlerinin stabilitesi ışığa karşı çok hassas olduğu rapor edilmiştir. Işığın betalain stabilitesi üzerine etkisi, 25°C'nin altındaki sıcaklıklarda belirlenmemişken, 40°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda gözlenmiştir [33].

Pedreno ve ark. (2001), betaninin 25°C'de ışığa maruz bırakıldığında stabilitesinin önemli ölçüde etkilendiğini saptanmıştır. Betalain stabilitesi ve ışık şiddeti arasında ters ilişki olduğunu belirtmiştir. Betalainler anaerobik şartlarda ışığa maruz kalması bir önemi olmadığı için, bu pigmentin ışıktan etkilenmesi ortamdaki oksijene bağlıdır [4]. Işık varlığı % 15.6 düzeyinde, oksijen varlığı % 14.6 düzeyinde betanin degradasyonuna neden olurken; eş zamanlı ışık ve oksijen varlığının ise % 28.6 düzeyinde degradasyonuna neden olduğu saptanmıştır [5].

Woo ve ark. (2011)'nin yaptığı bir çalışmada ejderha meyvesinden etanol ile elde ettikleri betalainlerin, farklı sıcaklık (4°C, 25°C), pH (pH 3.0, 5.0), ışık ve karanlıkta 85°C sıcaklıkta stabilitesini 3 hafta boyunca müşahede etmişlerdir. Işığın betanin degradasyonuna büyük etkisi olduğunu saptanmışlardır ve bu pigmentleri stabilitesini artırmak için optimum pH değeri 5 ve sıcaklık ise 4°C olduğunu saptanmıştır [34].

1.2.1.4. Betalain Stabilitesine Su Aktivitesinin Etkisi

Su aktivitesi, kırmızı pancardan elde edilen betanin pigmentlerinin stabilitesi üzerine etki eden faktörlerdendir. Su aktivitesi değeri 0.63'ün altında betaninin stabil kaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca su aktivitesi değerinin 0.32'den 0.75'e çıktığında ise betalain parçalanması arttığı gözlemlenmiştir [5].

Yapılan bir çalışmada betalain renk pigmentlerinin enkapsülasyonunda, su aktivitesi 0.64 değere sahip olduğunda betaninin maksimum seviyede parçalanması belirlenmiştir. Düşük su aktivitesi değerinde az reaktan hareketliliği; yüksek su aktivitesi değeri ise seyreltmenin etkisinden dolayı betaninin kaybına neden olmaktadır. Ancak çalışmalara göre betalain stabilitesi üzerine en çok etki eden parametre sıcaklık olduğu saptanmıştır [34].

1.2.1.5. Betalain Stabilitesine Stabilizatörlerin Etkisi

Kırmızı pancardan farklı tampon çözeltileriyle ekstrakte edilen betasiyanin pigmentlerinin, askorbik asit ilavesiyle ortamdaki oksijen uzaklaştırılarak, betalain stabilitesi artırılır [28]. Ayrıca askorbik asit ilavesi, sıcaklık uygulaması esnasında pigmentlerin bozulmasını da azaltmaktadır[35]. Yapılan çalışmalara göre pigmentlerin kararlılığını artırmak için antioksidanın etkisinin, sıcaklık, pH, ışık, su aktivitesi gibi faktörlere göre değişim göstermektedir [36].

Elbandy ve ark. (2008), pH (1.0-10.5), sıcaklık (85 °C, 3 dakika) askorbik asit miktarı (% 0.025, % 0.050, % 0.075, % 0.100), N₂ gazı, hava ve ışık gibi faktörlerin etkisini betalain stabilitesi üzerine incelemişlerdir. Çalışmada sonuç olarak, kırmızı pancardan elde edilen betalainlerin pH 6.5 ve 7.0'de stabilitesinin daha yüksek olduğu, % 0.050 askorbik asidin de kırmızı rengi korumada en uygun oran olduğu saptanmıştır. Ayrıca,

N_2 bulunan ortamda karanlıkta bekletilen kırmızı pancar pigmentlerinin daha kararlı olduğu tespit edilmiştir [28].

Woo ve ark. (2011), yaptığı çalışmada ejderha meyvesinden etanol ile elde etikleri betanin ekstraktına % 0.1, % 0.5 ve % 1.0 miktarlarda askorbik asit ilavesinin farklı sıcaklıklarda (4-25 °C) ve ışığın etkisinde kararlılığını incelemiştir [34]. % 0.1 askorbik asit oranı, ışığa maruz bırakılan örneklerde etki göstermemiş, ancak % 0.5 askorbik asit oranı da 4°C'de karanlık ortamda bekletilen örnek dışında etkili olmadığı ve ayrıca oda sıcaklığındaki örnekler askorbik asit eklenmesinin olumlu bir etki göstermediği rapor edilmiştir [37].

1.3. Antioksidanlar

İnsan vücudunda metabolik olaylar sırasında oksijen kullanımına bağlı olarak süperoksit (O_2^-), hidroksil (OH^-), peroksil (ROO^-), alkoksil (RO^-), semikuinon (Q^-), nitrik oksit (NO^-) kökleri ile hidrojen peroksit (H_2O_2), peroksinitrit ($ONOO^-$) ve singlet oksijen (1O_2) gibi aktif oksijen (serbest radikaller) formları meydana gelmektedir. Dolayısıyla radyasyon, ağır metaller, pestisitler, çeşitli gazlar, herbisitler ile tedavi için kullanılan birçok ilaç, aktif oksijen oluşumuna neden olarak oksidatif stres gibi hastalıkların oluşumuna neden olmaktadır. Bu hastalıklar, metabolik faaliyetleri için gerekli olan aktif oksijen-antioksidanların dengesini aktif oksijen lehine bozarak; protein, DNA, karbonhidrat ve lipidlerde zararlanmaya yol açmakta ve bazı koroner hastalıklar, diyabet ve karaciğer rahatsızlıkları gibi birçok hastalıklara yol açmaktadır [28]. Son yıllarda, sağlıklı ve fonksiyonel gıda tüketimine olan ilginin artması üzerine birkaç epidemiyolojik çalışma yapılmış, bitkisel ürünlerin düzenli bir şekilde tüketilmesinin kronik hastalıkları azalttığı belirtilmiştir. Bitkisel ürünlerin faydaları sahip olduğu antioksidan aktiviteden kaynaklandığı ifade edilmektedir. Antioksidanlar, vücutta üretilen veya gıdalardan sağlanan ve hücre hasarlarını yok eden bileşiklerdir. Bu bileşikler diğer molekülün oksidasyonunu önleyebilen veya yavaşlatabilen molekül olarak tanımlanmaktadır. Antioksidanlar, genellikle vücutta bulunan serbest radikaller ile reaksiyona girerek bu radikalleri temizleyen ve oksidasyonun neden olduğu hasarı azaltan savunma mekanizmalarıdır. Yaşamsal olayların devamlılığı için gerekli olan oksijen birçok hastalıkların gelişimine neden olduğu bilinmektedir. Genellikle sebzelerdeki en önemli antioksidanlar C vitamini, E

vitamini, fenolik bileşikler, karotenoidler ve flavonoidlerdir. Serbest radikaller hücrelerin protein, DNA, karbonhidrat, lipidler, enzimler ve diğer molekül grupları ile reaksiyona girerek onların metabolizmalarını etkilerler. Antioksidanlar ise serbest radikalleri tutarak zincir kırıcı indikatör olarak radikaları zayıf bir moleküle çevirir ya da singlet oksijeni bağlayarak koruyucu indikatör olarak görev yapar [38]. Antioksidanlar arasında suda çözünen fenolik bileşiklerin en önemli grubu oluşturduğu ifade edilmektedir [39]. Bu bileşikler elektron verici özellikleri nedeniyle, reaktif oksijenleri kendine bağlayabilmektedirler. Ayrıca fenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri farklı sistemlerde stabiliteleri, hidroksil grubu pozisyonu ve sayısı ile ilgilidir. Farklı in vitro çalışmalarda fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesi vitaminlere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir [38].

1.3.1. Kırmızı Pancar Antioksidan Aktivitesi

Kırmızı pancarda bulunan betalainlerin renk verme *özelliklerinin* dışında lipid oksidasyonu ve peroksidasyonu inhibe ettiği, insanlardaki oksidatif stres gibi birçok hastalığı önlediği bilinmektedir. Betalainlerin antioksidan özelliğinin askorbik asitten daha yüksek olduğu belirtilmektedir [40]. Ayrıca betalainlerin serbest radikalleri bağlayıcı özelliklerinin nedeni antioksidan ve anti-inflamatuar etkilerinden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda; kırmızı pancarda bulunan folik asit, demir, magnezyum, selenyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, selenyum, çinko, fosfor, sodyum, biotin, niasin, β -karoten ve A, B₆, C vitaminleri gibi birçok bileşenler antioksidan özellik gösterdiği belirtilmektedir [5]. Pancara kırmızı renk veren betasiyaninlerin antioksidan aktiviteleri ve serbest radikalleri bağlama kabiliyetinin yüksek olduğu ileri sürülmektedir [41]. Ayrıca; kırmızı pancarda bulunan betasiyanin ve betaninin LDL miktarını azaltarak, kardiyovasküler hastalıkların önlediği bildirilmektedir. Nitekim; kırmızı pancar içerdiği betalain ve fenolik maddeler kanser kardiyovasküler ve yaşa bağlı hastalıkları önlediği belirtilmektedir. Ayrıca; antimikrobiyal ve antiviral etkisi olduğu da ifade edilmektedir [40]. Bu bileşiklerin antioksidan özelliği; içerdiği bir siklik amin grup ve bir fenolik grubu sayesinde iyi bir elektron donörü olması açıklanmaktadır. Kırmızı pancar suyunun antioksidan aktivitesinin % 92.1-92.3 ve toplam fenolik madde oranı ise 3025 $\mu\text{g/ml}$ olduğu ifade edilirken, diğer sebze sularında antioksidan aktivite düzeyini % 10.9-90.7 ve fenolik madde oranını ise 449-3025 $\mu\text{g/ml}$ olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle havuç, domates

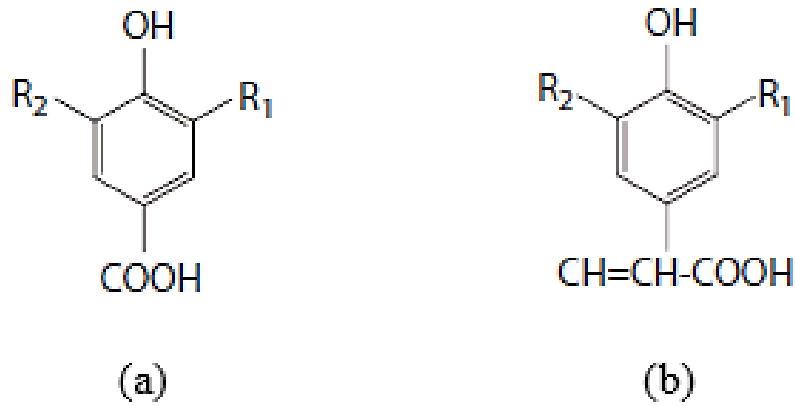
ve diğ er sebze sularıyla karşılaştırıldığında kırmızı pancar suyunun en yüksek değerlere sahip olduğunu bildirilmiştir [41].

Georgiev ve ark. (2010), yaptıkları araştırmada kırmızı pancarın olgunlaşmış saçak köklerinin antioksidan aktivitenin % 90.7 ve toplam fenolik madde miktarının ise 944 mg/g olduğunu belirtmişlerdir. Kırmızı pancarda bulunan fenolik bileşiklerin arasında 4-hidroksibenzoik asit, kafeik asit, klorojenik asit, kateşin hidrat, epikateşin olduğu tespit edilmiştir. Betalainlerin antioksidan aktiviteleri kimyasal yapılarına bağlı olduğu ve serbest radikalleri tutma özelliği hidroksil gruplarına ve aglikonlarda glikozilasyon konumuna ilişkili olduğu açıklanmıştır [11].

1.4. Fenolik Bileşikler

Fenolik maddeler, bitkilerde doğal olarak bulunan besinlerin lezzetine ve rengine etki eden, önemli bir madde grubudur. Fenolik maddeler yapısında bir veya daha fazla hidroksil grubu içermektedir [42]. Bu nedenle en basit fenolik maddenin bir tane hidroksil grubu içeren benzen (fenol) olduğu ve diğ er fenolik maddelerin bundan türediği bilinmektedir.

Antioksidan özelliği olan fenolik maddeler flavonoidler ve flavonoid olmayanlar yani fenolik asitler olarak iki gruba ayrılmıştır. Flavonoidler, genelde 7 alt sınıftan oluşmaktadır. Bunlar; flavonlar, flavonoller, flavan-3-oller, izoflavonlar, flavanonlar, antosiyanidinlerdir. Diğ er minor flavonoid grupları ise; kalkonlar, dihidrokalkonlar, dihidroflavonoller, flavan-3, 4-dioller ve kumarinlerdir. Fenolik asitler; Şekil 1.4'te görüldüğü üzere tek bir aromatik halkaya bağlı hidroksil gruplarından oluşmakta, benzoik asit ve sinnamik asit türevleri olarak sınıflandırılmıştır. Aromatik halkaya radikal grupların bağlanması sonucu Tablo 1.4 ve Tablo 1.5'te görülen ve kırmızı pancarda bulunan fenolik asitler p-kumarik asit, protokatesik asit, ferulik asit, vanilik asit, p-hidroksibenzoik asit ve şiringik asit yapıları meydana gelmektedir [16].



(a) Benzoik asit türevleri

(b) Sinamik asit türevleri

Şekil 1.4. Fenolik asitlerin yapısı [16].

Fenolik bileşikler, şekilde görüldüğü üzere birden fazla antioksidan etki göstermektedirler. Ayrıca fenolik bileşiklerde bulunan hidroksil grupları, hidrojen donörüdür. Bu bileşikler reaktif oksijen ve nitrojen ile reaksiyona girerek fazla radikallerin oluşumuna neden olarak zincir reaksiyonlarını meydana getirir [16].

Tablo 1.4. Radikal gruplar ve sinamik asit türevleri [16].

Sinamikasit türevleri	R ₁	R ₂
p-Kumarik asit	H	H
Kafeik asit	OH	H
Ferulik asit	OCH ₃	H
Sinapik asit	OCH ₃	OCH ₃

Fenolikler metal iyonlarını şelatlayarak ve proteinlerle interaksiyona girebilme özelliği sayesinde sitokrom P450, lipoksigenaz gibi serbest radikallerin meydana getirme potansiyeline sahip enzimleri kendine bağlayarak antioksidan etki göstermektedir.

Tablo 1.5. Radikal gruplar ve benzoik asit türevleri [16].

Benzoik asit türevleri	R ₁	R ₂
p-Hidroksibenzoik asit	H	H
Protokateşik asit	OH	H
Vanilik asit	OCH ₃	H
Şiringik asit	OCH ₃	OCH ₃
Gallic asit	OH	OH

1.4.1. Kırmızı Pancarın Fenolik Bileşikleri

Kırmızı pancar (*Beta vulgaris.L*) ekstratlarında ve aynı zamanda kabuklarında diğer sebzelere kıyasla yüksek oranda fenolik bileşik bulunduğu belirtilmektedir. Ancak, fenolik bileşiklerin miktarı bitkinin yetiştirildiği iklim koşulları, hasat zamanı, çevresel faktörler, depolama ve işleme koşulları gibi birçok faktöre bağlıdır [25]. Kırmızı pancarın yapısında en çok ferulik asit bulunduğu aktarılmaktadır (Tablo 1.6). Bu bileşiğin yanısıra fenolik asitlerin de bulunduğu bilinmektedir. Dolayısıyla bu bileşikler ile kırmızı pancarın antioksidan özelliğininin yüksek olduğu vurgulanmaktadır [43].

Tablo 1.6.. Kırmızı pancardaki fenolik bileşikler [33].

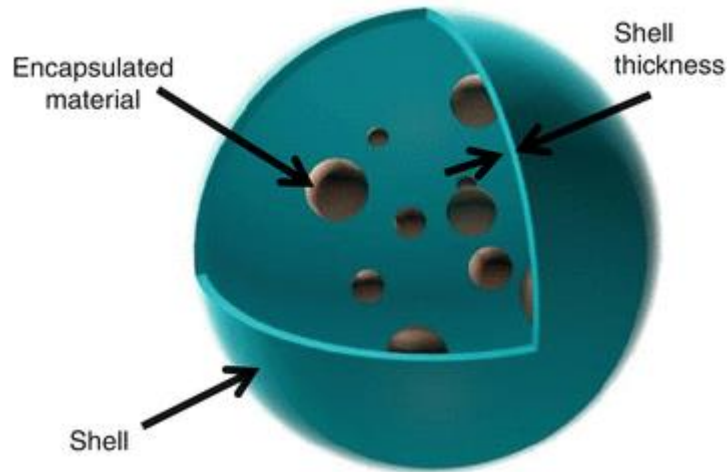
Sınıf	Bileşikler
Fenolikler	
	5,5 '-tetrahidroksi-6,6' 3,3'-bis indolyl
Ferulik asit	Feruloyl glukoz
Konjigatları	β-D-früktoföranosil-α-D-[6-O-(E)-feruloyl glukopiranosid]
Fenolik Amidler	N-trans-Feruloyl tiramin N-trans-Feruloylhomovanillylamine
Flavonoidler	Betagari Betavulgarin Siklosporin A Dihydro isorhamnetin

Kujala ve ark. (2001), kurutulmuş kırmızı pancardaki toplam fenolik madde miktarının 15.5 mg GAE/g olduğunu bildirmişlerdir [43].

Kujala ve ark. (2002), kırmızı pancarda 5,5'-tetrahidroksi-6,6' 3,3'-bis indolil, ferulil glukoz, β -D-früktofüoranosil- α -D-[6-O-(E)-ferulil glukopiranosid] olmak üzere üç fenolik madde; 2 fenolik amid (N-trans-Ferulil tiramin, N-trans-Ferulilhomovanililamin) 4 flavonoid (betagari, betavulgarin, Siklosporin A ve dihidro isoramnetin) tanımlamıştır [25].

1.5. Enkapsülasyon Yöntemi ile Betalainlerin Stabilitésinin Sağlanması

Enkapsülasyon tekniği; bir maddenin veya karışımın etrafını başka bir materyal ile kaplama olarak tanımlanır [41]. Mikroenkapsülasyon işlemi ise hassas bileşenlerin (çekirdek madde) çevresinin bir veya fazla kaplama maddesi (duvar materyali) ile kaplamaktadır. Ayrıca bu işlemde kullanılan maddeler 5-300 μ m kalınlığında bileşenlerin etrafını kaplaması ile gerçekleştirilir. Mikroenkapsüller küre şeklinde olup iç kısmında yer alan madde çekirdek veya iç faz olarak ifade edilirken dış kısmında yer alan madde ise kabuk, kaplama, duvar materyali veya membran olarak isimlendirilmektedir [44].



Şekil 1.5. Enkapsülasyon işlemi

Mikroenkapsüllerin şekilleri iç fazın fiziko-kimyasal özelliği, dış kısmının kompozisyonuna ve mikroenkapsülasyon tekniğine göre değişmektedir. Enkapsülasyon işlemi günümüzde gıda sanayinde, ilaç üretimi, kimya, boya ve

kozmetik gibi farklı alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır [45]. Mikroenkapsülasyon işleminin gıda endüstrisinde kullanımı eskiye dayanmaktadır. Bu yöntem son zamanlarda fonksiyonel gıdaların gelişimini ve neticesinde gıda işlemleri için daha çok anlam kazanmıştır [46]. Genellikle, mikroenkapsülasyon tekniği gıda sanayisinde katı partiküllerin, sıvı damlacıkların ve gaz şeklinde olan bileşenlerin kaplama maddeleriyle kapsülenmesi için kullanılmaktadır [45]. Bu yöntem gıda sektöründe en çok katı ve sıvı yağlar, enzimler, vitaminler, aroma bileşenleri, renk bileşenleri ve mineraller gibi ürünlerin mikroenkapsülasyonu için kullanılmaktadır. Mikroenkapsülasyon tekniğinin asıl amacı, çevresel faktörlerden (nem, sıcaklık, hava ve ışık gibi) etkilenen bileşenleri etrafını kaplama materyalleri ile duvar oluşturarak böylece duyarlı maddeler ve çevre arasındaki etkileşimin en aza indirilmesinin sağlamasıdır. Dolayısıyla gıdaların fiziksel özelliklerinin daha iyi korunması; yüksek besin değerine sahip olması; maddenin taşınmasının kolaylaştırılması; lezzet ve kokusunun maskelenmesi; farklı bileşenlerle reaksiyona girmesinin önlenmesi; çeşitli miktarlarda kullanımını ve homojen seyreltmenin sağlanması; aynı zamanda tüketicinin isteyeceği ürünlerin geliştirilmesini sağlaması gibi özellikler kazandırılmaktadır [47]. Genellikle bu işlem en çok püskürtmeli kurutma, dondurarak kurutma, iyonik jelleşme, akışkan yatak, koaservasyon, kokristalizasyon, ekstrüzyon ve lipozom tutuklama gibi yöntemlerde kullanılmaktadır. Bu işlemin ilk aşaması uygun bir materyal seçilmesidir. Gıda sektöründe mikroenkapsülasyon için kullanılacak olan materyal ile enkapsüle edilecek maddenin fizikokimyasal özelliklerinin birbiriyle uyumlu olması çok önemlidir. Kaplama materyal olarak film oluşturabilen, şekerler, gamlar, doğal ve modifiye polisakkaritler, proteinler, nişastalar, yağlar ve sentetik polimerler kullanılabilir. Kaplama maddelerinin şu özelliklere sahip olması çok önemlidir:

1. Akışkan özelliği yüksek konsantrasyonlarda da iyi olmalı,
2. Oluşan emülsiyonu stabilize edebilmeli ve aktif maddenin dağılmasına veya emülsifiye olmasını sağlayabilmeli,
3. Kaplanacak madde reaksiyona girmemeli,
4. Proses ve depolama sırasında aktif maddenin tutabilme özelliğine sahip olmalı,
5. Kurutma işlemleri sırasında çözücünün ayrılmasını sağlaması,
6. Hassas materyallerin çevresel koşullara karşı (sıcaklık, ışık, oksijen, nem vb.) korunmasını sağlaması,

7. Gıda sektöründe kabul edilebilir çözücülerde (su, etanol vb.) çözünebilmeli,
8. Geri dönüşümsüz reaksiyonlara neden olmamalı,
9. Çözücülerde homojen bir şekilde dağılabilmeli,
10. Ekonomik olmalıdır [48].

Kırmızı pancar pigmentleri (E 162) doğal renklendirici; süt ürünleri, dondurma, yoğurt, kefir gibi; meyve suları gibi içecekler, şekerli ürünler, sosis ve sucuk gibi et ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. E162'nin gıda dışında, kozmetik ve ilaç sektöründe de kullanıldığı bilinmektedir. Kırmızı pancar içeriğinde ayrıca; kalsiyum, folik asit ve fosfor gibi birçok bileşeni bulunmaktadır [11].

Gıda sanayisinde kırmızı pancarından elde edilen renklendiriciler sıvı olarak kullanılabilmesi gibi, püskürterek kurutma, liyofilizasyon gibi çeşitli yöntemler ile toz haline dönüştürerek de kullanılmaktadır [5].

Mikröenkapsülasyon tekniklerinden birisi olan dondurarak kurutma aynı zamanda liyofilizasyon olarak da adlandırılır. Dondurarak kurutma tekniği ısıya duyarlı bileşenler, aromalar, renklendiriciler gibi maddelerin dehidrasyonunda kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem iki önemli aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama ürünün düşük sıcaklıklarda -90 ile -40°C'ye dondurulması, ikinci aşama ise dondurulan ürünün doğrudan süblime edilerek basıncı 27-133 Pa'ya düşürerek kurutulması ile gerçekleşmektedir. Dondurarak kurutma ile elde edilen toz ürünler diğer kurutma yöntemlerine göre oldukça kaliteli olması, suda çözünen bileşenler, doğal aromalar ve ilaçların enkapsülasyonu için basit bir teknik olması, kurutma işleminde oluşabilecek tat-koku ve aroma kaybını önlemesi, ürünün besin değerini koruması, boyutlarında ve renginde değişim olmaması ve ısıya duyarlı biyoaktif maddeler için avantajlı olması nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak yöntemin bu olumlu yönlerine karşın olumsuz yönleri de vardır. Bu yöntem, diğer kurutma yöntemlerine göre yatırım maliyeti yüksek, kurutmada itici güç olan buhar basıncı diğer metotlara kıyasla oldukça düşük, kurutma süresi diğer yöntemlere göre daha uzun olması nedeniyle maliyet daha fazladır. Ayrıca çok yüksek oranda vakum içermesi enerji kullanımının artmasına neden olarak maliyeti artırmaktadır. Dondurarak kurutma işleminden sonra ürünün sahip olduğu nem içeriği, ürünün depolanma sıcaklığı ve depolanma süresi ürün kalitesini etkileyen en önemli faktörlerdir [49].

Chranioti ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada betalainlerin enkapsülasyonunda liyofilizasyon kullanılmıştır. Kırmızı pancardan ekstrakte edilen betalainler maltodekstrin (%15), arabik gam (%15), kitosan (%2) ve modifiye nişasta (%15) kullanılarak enkapsüle edilmiştir. Elde edilen toz ürün 40 °C'de 10 hafta boyunca muhafaza edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre arabik gam, maltodekstrin ve kitosan karışımı, arabik gam, modifiye nişasta karışımı ayrıca modifiye nişasta, maltodekstrin ve kitosan karışımı ile hazırlanan örneklerin stabilite daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [50].

Šaponjac ve ark. (2016), kırmızı pancardan elde edilen betalainleri soya proteini ile liyofilize ederek kurutmuşlardır. Farklı enkapsülasyon parametrelerini denendiği çalışmada, en yüksek verimi 50 g/L kaplama materyal oranı ve 15 dk karıştırılan deneme ile bulunmuştur. Enkapsülasyon sonucunda elde edilen ürünler 25 °C'de 3 ay boyunca muhafaza edilmiş ve ilk aydan itibaren renk maddelerinin kaybında istatistiksel olarak fark görülmemiştir [51].

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Materyal

Tez çalışması kapsamında, materyal olarak kırmızı pancar kullanılmıştır. Kırmızı pancar örnekleri yerel marketlerden temin edilerek ekstrakte edilinceye kadar -18 °C'de depolanmıştır. Tez kapsamında kullanılan kimyasal maddeler olarak Folin Ciocalteau Reaktifi (Merck, Almanya), Sodyum Karbonat Na₂CO₃ (Merck, Almanya), Gallik Asit Standardı (Sigma-Aldrich Almanya), DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) (Sigma-Aldrich, Almanya), Trolox Standartı (Sigma-Aldrich, Almanya), Maltodekstrin, Mısır nişastası (Sigma- Aldrich, Almanya), Askorbik Asit, Disodyum Fosfat (Na₂HPO₄) ve çözücü olarak Metanol Merck Almanya firmasından temin edilmiştir.

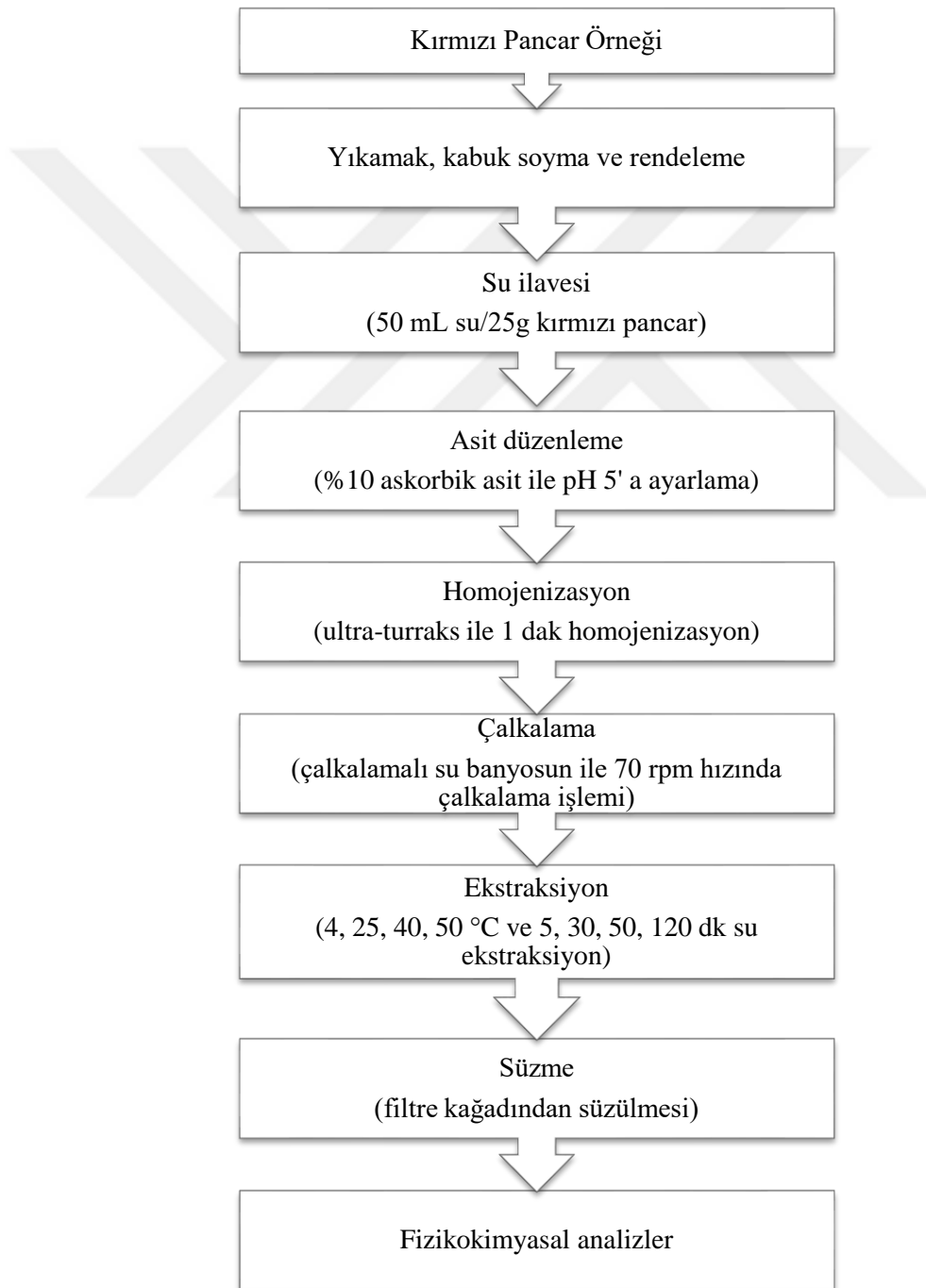
2.2. Yöntemler

2.2.1. Ekstraksiyon İşlemi

2.2.1.1. Klasik Isısal Yöntem ile Ekstraksiyon

Çalkalamalı su banyosu kullanılarak katı sıvı ekstraksiyon yöntemi ile betalain pigmentleri (betasiyanin, betaksantin) elde edilmiştir. Renk maddesi olan betalainlerin ekstraksiyonunu elde etmek için öncelikle kırmızı pancar örnekleri iyice yıkanıp kabuğu soyulmuştur. Daha sonra 25 gram kırmızı pancar rendelenerek üzerine 50 ml saf su ilave edilmiştir. Ardından bu karışım ultra-turraks ile bir dakika boyunca homojenize edilmiştir. Betalainlerin degradasyonunu önlemek için antioksidan olarak % 10'luk askorbik asit çözeltisi ilave edilerek pH 5'a ayarlanmıştır. Çalkalamalı su banyosunda 70 rpm çalkalama hızında farklı sıcaklık ve sürelerde çalışılmıştır. Sıcaklık değerleri olarak 4 °C, 25 °C, 40 °C ve 50 °C'ler uygulanmıştır. Ekstraksiyon

süresi olarak 5 dk, 30 dk, 50 dk ve 120 dk olan çalışma parametreleri Taguchi L16 (4^4) programı ile belirlenmiştir. Taguchi metodu ile belirlenen şartlarda ekstraktlar alınmıştır (Tablo 2.1). Elde edilen ekstraktlar filtre kağıdından geçirilerek berrak kısım sterilize edilmiş cam şişelere alınmıştır. Betalainler hassas pigmentler olduğu için bekletilmeden fizikokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Kırmızı pancarın sıvı ekstraktını toz haline getirmek için liyofilizatör kullanılmıştır.



Şekil 2.1. Klasik ısısız yöntem ile renk maddesi ekstraksiyon akış şeması



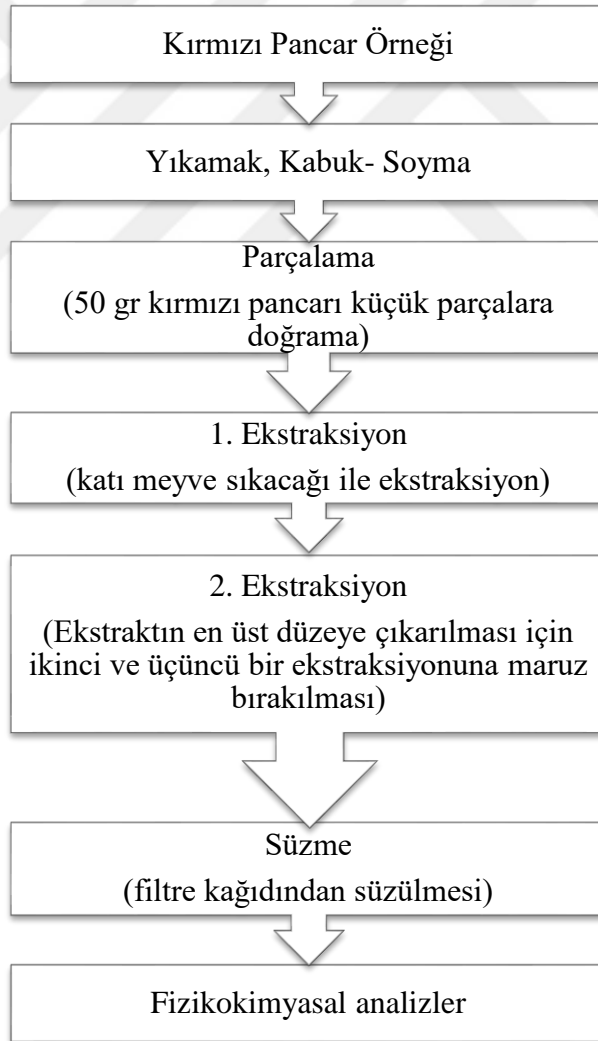
Şekil 2.2. Kırmızı pancardan su banyosu ile renk maddesi ekstraksiyonu

Tablo 2.1. Klasik ısısal yöntem uygulaması için yapılan taguchi 116 (4⁴) dizi tasarım modeli

Örnek Kodu	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)
1-1	4	5
1-2	4	30
1-3	4	50
1-4	4	120
2-1	25	5
2-2	25	30
2-3	25	50
2-4	25	125
3-1	40	5
3-2	40	30
3-3	40	50
3-4	40	120
4-1	50	5
4-2	50	30
4-3	50	50
4-4	50	120

2.2.1.2. Soğuk Presyon Yöntemi İle Ekstraksiyon

Bu yöntemde kırmızı pancar ekstraksiyonu için öncelikle kırmızı pancar iyice yıkanıp kabuğu soyulmuştur. Daha sonra 50 gram kırmızı pancar küçük parçalara doğranarak katı meyve sıkacağı (Beko BKK 2145 1500 W, Türkiye) ile ekstrakte edilmiş birinci ekstraksiyondan üretilen posa, pancar suyu verimini en üst düzeye çıkarmak için ikinci ve üçüncü bir ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen pancar ekstraktı katı parçacıklardan ayırmak için tülbenkten ve daha sonra filtre kağıdından süzölmüştür. Elde edilen berrak kısım sterilize edilmiş cam şişelere alınarak ardından fizikokimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Kırmızı pancarın sıvı ekstraktını toz haline getirmek için liyofilizatör kullanılmıştır.



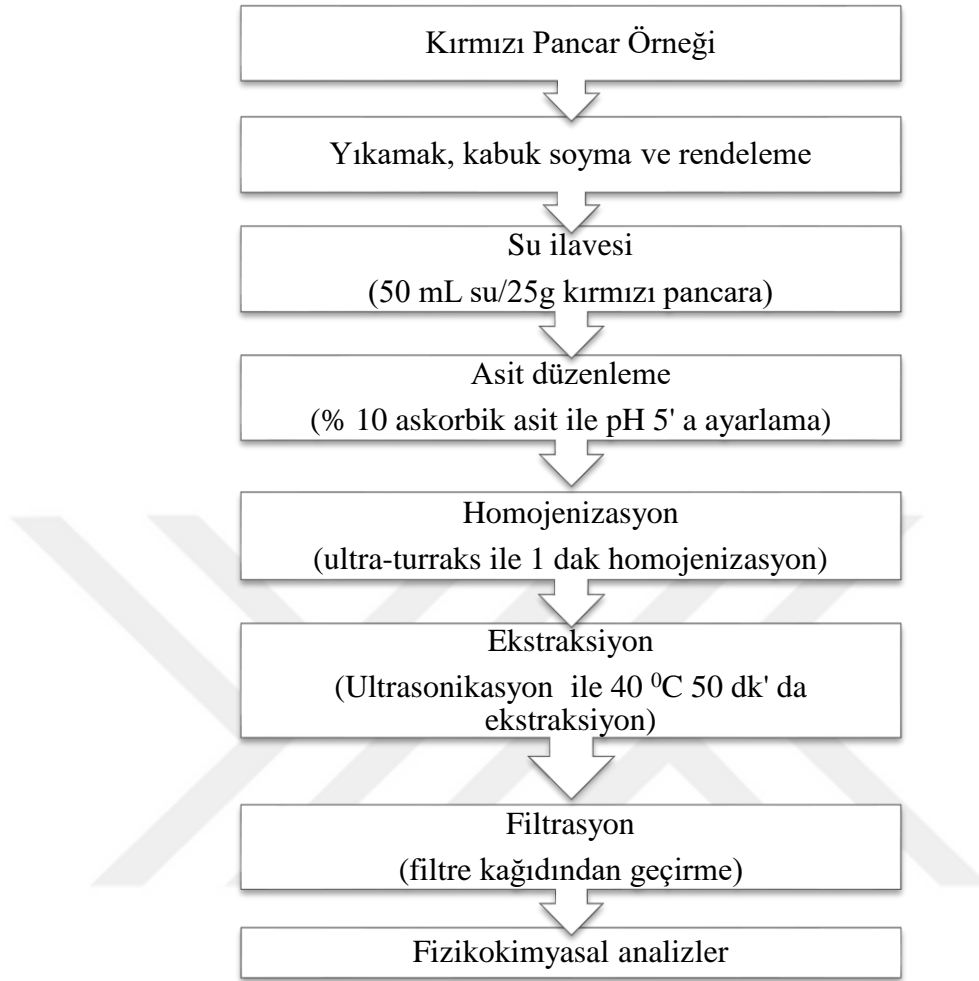
Şekil 2.3. Soğuk presyon yöntem ile renk maddesi ekstraksiyon akış şeması



Şekil 2.4. Katı Meyve Sıkacağı ile betalain ekstraksiyonu

2.2.1.3. Ultrasonikasyon Yöntemi İle Ekstraksiyon

Bu yöntemde ultrasonikasyon (Ultrasonic Cleaner WUC-A03H, Korea) kullanılarak katı sıvı ekstraksiyon ile betalain pigmentleri elde edilmiştir. Ekstrakt almak için öncelikle kırmızı pancar iyice yıkanıp kabuğu soyulmuştur. Daha sonra 25 gram kırmızı pancar mutfak tipi rende ile rendelenerek üzerine 50 ml saf su ilave edilmiştir. Betalainlerin degradasyonunu önlemek için antioksidan olarak % 10 askorbik asit çözeltisi ilave edilerek pH 5'e ayarlanmıştır. Ardından bu karışım ultra-turraks ile bir dakika boyunca homojenize edilmiştir. Ultrasonikasyon Taguchi L16(4²) matematiksel yöntemi ile optimize edilen koşullarda ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekstraktlar filtre kağıdından geçirilerek berrak kısım sterilize edilmiş cam şişelere alınıp, ardından fizikokimyasal analizler yapılmıştır. Kırmızı pancardan toz renk maddesi üretmek için ise liyofilizatör kullanılmıştır.



Şekil 2.5. Ultrasonikasyon yöntemi ile renk maddesi ekstraksiyon akış şeması



Şekil 2.6. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ile renk maddesi ekstraksiyonu

2.2.2. Liyofilizatör İle Kırmızı Pancardan Renk Maddesi Üretimi

Kırmızı pancardan Taguchi L16(4²) deneme deseni kullanılarak optimum renk maddesi koşullarda elde edilen ekstraktlar liyofilizatör ile toz hale getirilmiştir. Elde edilen renk maddesi örneklerinin kalitesi ve raf ömrünü artırmak için ekstraktlara kaplama madde olarak maltodekstrin MD (DE 10) ve mısır nişastası (% 5 oranında) eklenmiştir. Kaplama maddelerinin eklenmesinin ardından homojenizatör ile ekstrakt ve kaplama maddesi homojen hale getirilmiştir. Ardından 250 ml lik cam balonlara aktarılmıştır, -38 °C’de dondurularak -85 °C’de liyofilize edilmiştir. Üretilen toz renk maddesi koyu renkli kavanozlara konularak analizler yapılana kadar buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilmiştir.



a. Liyofilizatör



b. Kırmızı pancardan elde edilen toz renk maddesi

Şekil 2.7. Liyofilizatör ile kırmızı pancardan toz renk maddesi üretimi

2.2.3. Kırmızı Pancardan Elde Edilen Toz Renk Maddesinden Betalain Ekstraksiyonu

Kırmızı pancardan elde edilen renk maddelerin ekstraksiyonu için Zhang ve ark. (2007)’da kullandığı yöntem dikkate alınmıştır [52]. Bu metoda göre 0,5 gr kırmızı pancardan elde edilen toz renk maddesi tartılıp, üzerine 10 ml saf su eklenmiştir.

Ardından 10 saniye süreyle vorteksle homojen hale getirilmiştir. Daha sonra 0,45 µm gözenek çapında olan filtre kâğıdı yardımıyla filtrasyon yapılmıştır. Analizler gerçekleştirilene kadar buzdolabında -18 °C’de muhafaza edilmiştir.



Şekil 2.8. Toz örneklerden betalain ekstraksiyonu

2.2.3.1. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks) Tayini

Farklı sıcaklıklar ve sürelerde kırmızı pancar ekstraktlarının briks değerleri, el tipi dijital (Atago, PAL-3, Tokyo, Japan) refraktometre kullanılarak 20°C’de ölçülmüştür.

2.2.3.2. Betalain Analizi

Kırmızı pancardan elde edilen ekstraktlar ve liyofilizatör ile kurutulan renk maddelerinin (betaksantin ve betasiyanin) miktarlarının tayini için belirli oranlarda seyreltilmiş örnekler, betaksantin için 538 ve 480 nm’de spektrofotometre yardımıyla (UV-1800 Shimadzu, Japonya) ölçüm alınarak belirlenmiştir [53, 54].

$$\text{Betasiyanin (mg/L)} = [(A \times DF \times MW \times 1000) / (\epsilon \times l)]$$

$$\text{Betaksantin (mg/L)} = [(A \times DF \times MW \times 1000) / (\epsilon \times l)]$$

$$\text{Toplam betalain (mg/L)} = \text{Betasiyanin (mg/L)} + \text{Betaksantin (mg/L)}$$

A: sırasıyla betasiyanin ölçümü için 480 ve betaksantin ölçümü için ise 538 nm absorbans değerleri

DF: seyreltme faktörü

Betasiyanin için MW=550 g/mol; ϵ =60,000 L/mol cm

Betaksantin için MW=308 g/mol; ϵ =48,000 L/mol cm

L: küvetin uzunluğu (1 cm) olarak belirlenmiştir

ϵ : molar absorpsiyon katsayısı (L/mol cm)

2.2.3.3. Toplam Fenolik Madde Miktarı Analizi

Kırmızı pancardan elde edilen ekstraktların ve liyofilizatör ile üretilen toz renk maddelerinin toplam fenolik madde miktarı, Singleton ve Rossi (1965), tarafından çalışılan ve daha sonra Li ve ark. (2006) tarafından modifiye edilen metoda göre çalışılmıştır [55, 56]. Bu analizde toplam fenolik madde miktarı (TFMM), mg Gallik asit eşdeğeri/g olarak hesaplanmıştır. Analizler için Folin ciocalteau reaktifi, saf su ile 10 kat seyreltilmiştir. Ayrıca, %7.5 sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi hazırlanmıştır. Kırmızı pancar bitkisinden alınan ekstraktlar ve liyofilizatör ile elde edilen renk ürünler belli oranlarda seyreltilmiştir. Analiz için 0.4 ml seyreltilen örnek alınıp üzerine 2 ml Folin çözeltisi eklenmiştir. Ardından vortex cihazı ile karıştırılıp üzerine 1.6 ml (% 7.5) sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi eklenmiştir. Bu karışım bir saat karanlıkta bekletildikten sonra oluşan mavi renkli karışımın absorbans değerleri spektrofotometre (UV-1800 Shimadzu, Japonya) ile 765 nm'de okunmuştur. Ayrıca kör hazırlamak için ise 2 ml Folin ciocalteau, 1.6 ml (% 7.5) sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi ve 0.4 ml saf su örnek yerine eklenmiştir. Sonuçlar mg GAE/100g şeklinde ifade edilmiştir. Kalibrasyon grafiğinin hazırlanması için, gallik asitten 200 ppm'lik stok çözeltisi hazırlanmıştır. Bu stok çözeltisinden 20, 40, 60, 80, 100 ppm'lik çözeltiler elde edilmiştir. Örnek yerine hazırlanan galik asit standartları kullanılarak analiz tekrar edilmiş ve kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur.

2.2.3.4. DPPH İle Antiradikal Aktivite Tayini

Kırmızı pancar ekstraktları ve liyofilizasyon ile elde edilen toz renk maddelerinin toplam antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde DPPH radikali kullanılmıştır. Elde edilen standartla yüzde indirgeme aktivitesi (%ARA) EC50 (Etkili konsantrasyon) ve

trolox eşdeğeri mg/L (%AA) hesaplanmıştır [57, 58]. Analiz için örnekler belli miktarlarda seyreltilmiştir. 0.0025 mg DPPH radikali, metanol ile 100 ml hacme (v) tamamlanmış ve böylece DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) solüsyonu elde edilmiştir. Analiz için 0.1 ml seyreltilmiş örnek üzerine 3.9 ml DPPH çözeltisi eklenip vortekslenmiştir. Örnekler oda sıcaklığında 30 dakika karanlıkta bekletilerek 515 nm dalga boyunda spektrofotometre de absorban değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmada kör çözeltisi olarak metanol ve kontrol çözeltisi için de 0.1 ml metanol örnek yerine eklenmiştir. Örneklerin antioksidan kapasite (%ARA) değerlerinin hesaplaması için aşağıdaki formülden yararlanılmıştır.

$$\%ARA = \left(\frac{A_k - A_ö}{A_k} \right) * 100$$

Ak: Kontrolün absorbansı, Aö: Örneğin absorbansı

%AA değerlerinin sonuçları trolox eşdeğeri olarak ifade edilir. Kalibrasyon grafiğinin hazırlanması için 200 ppm trolox stok çözeltisi hazırlanmıştır. Bu stok çözeltiden 40, 80, 120, 160 ve 200 ppm'lik çözeltiler elde edilmiştir. Analiz, örnek yerine bu standart kullanıp tekrarlanarak kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur.

2.2.3.5. Toz Renk Maddelerinin Kuru Madde Miktarı

Liofilizasyon ile elde edilen kırmızı pancar renk maddelerinin % kuru maddesini belirlemek için 0.5 gr örneklerden tartılmıştır. Örnekler önceden sabit tartıma getirilmiş petri kaplarına konularak 70 °C'de 24 saat etüvde bekletilmiştir. Daha sonra desikatörde oda sıcaklığına getirilip tartım yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar % kuru madde olarak aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır [59].

$$\%kuru\ madde = \left(\frac{M3 - M2}{M1} \right) * 100$$

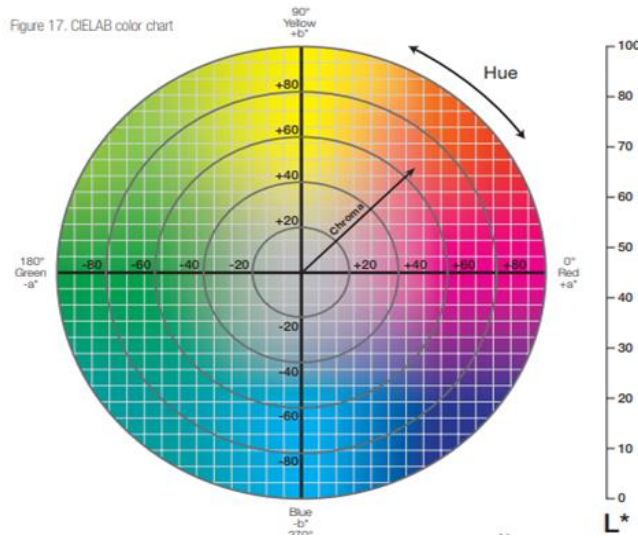
M_1 : Örneğin ağırlığı (g), M_2 : sabit tartımdaki boş petri kaplarının ağırlığı (g), M_3 : İçerisinde örnek bulunan sabit tartımdaki petri kaplarının ağırlığı (g).

2.2.3.6. Toz Renk Maddelerinin Suda Çözünürlük Tayini

Elde edilen toz renk maddelerinin % çözünürlük değerleri belirlenebilmesi için 0,5 g örnek alınarak üzerine 50 ml saf su eklenmiştir. Daha sonra vorteks (VG 3, Almanya) yardımıyla 5 dakika çözüldürülmüştür. Örnekler 5 dakika 5000 rpm de santrifüjlenerek üst kısımdaki sulu berrak kısımdan 25 ml örnek alınarak sabit tartıma getirilen petrilere ilave edilmiştir. Örnekler 70 °C'de 24 saat etüvde bekletilip bir günden sonra desikatöre alınarak tartımları yapılmıştır ve sonuçlar % çözünürlük değerleri olarak belirlenmiştir [60].

2.2.3.7. Renk Analizi

Betalainlerin renk özelliklerinin belirlenmesi için kırmızı pancar ekstraktları ve liyofilizator ile elde edilen renk maddelerini özelliklerini (Konica Minolta Croma Meter CR-5, Japan) renk cihazı kullanılmıştır. Cihaz renk ölçümü önce kalibre edilerek ardından L^* , a^* , b^* değerleri ölçülmüştür. L^* siyah- beyaz rengi (L^* : 0= siyah, 100= beyaz), a^* değeri yeşil-kırmızı (+ a^* = kırmızı, - a^* = yeşil), b^* ise mavi-sarı renki (+ b^* = sarı, - b^* = mavi) göstermiştir [9].



Şekil 2.9. L^* , a^* ve b^* renk alanı diyagramı (ton ve doygunluk)

2.2.3.8. Higroskopisite Testi

Kırmızı pancardan elde edilen toz renk maddelerinin higroskopisite özelliklerinin belirlenmesi için yaklaşık 1 gr örnek alınarak yüksek bir yüzey alanı sağlamak için 9 cm çaplı petriye düzgün bir şekilde yayılarak nemli ortamda tutulmuştur. Kaplar, 25°C'de nispi nem sağlayan doymuş NaCl ihtiva eden çözeltiler desikatöre yerleştirilmiştir. Her 10 dakika süre içerisinde nem Emilimi kinetiği ölçülmüştür. Higroskopisite denge nem içeriğine bağlı olmasına rağmen higroskopisiteyi karşılaştırmak için 90 dakika bağıl nem oranına sahip bir ortama tabi tutulduktan sonra, toz örnekler başına ağırlık artışı belirlenmiştir [9].

2.2.3.9. İslatılabilirlik Testi

Kırmızı pancardan elde edilen toz renk maddelerinin ıslatılabilirlik değerlerinin belirlenmesi için Turchiuli ve ark. (2005) tarafından önerilen metot kullanılmıştır [61]. Bu yöntemle göre 0,5 gr örnek 25°C de sıcaklığında 50 ml su yüzeyinde tamamen çözünme süresi hesaplanmıştır.

2.2.3.10. Yığın Yoğunluğu ve Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu Analizi

Toz renk maddelerinin yığın yoğunluğunun ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu hesaplanması için Tatar ve ark. (2014), tarafından önerilen metot kullanılmıştır [62]. Bu metoda göre 5 gr toz renk maddesi tartılıp 25 ml'lik mezürün içine konulmuştur. Bu örneklerin yığın yoğunluğu değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Yığın yoğunluğu} = \frac{\text{Örnek kütlesi}}{\text{Örneğin kapladığı hacim}}$$

Bir sonraki aşamada sıkıştırılmış yığın yoğunluğu hesaplanmıştır. Bu nedenle örneklerin bulunduğu mezürler düz bir zeminde 200 kez el ile vurularak renk maddelerinin kütlesinin sıkıştırılmış hacme oranı ile sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri hesaplanmıştır.

2.2.3.11. Carr İndeksi Değeri

Carr indeksi değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. Carr indeksi, değeri ile toz formundaki örneklerin akışkanlığı belirlenmiştir [61].

$$\%Carr \text{ indeks} = \left(\frac{Sk - Yk}{Sk} \right) * 100$$

Sk: Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, Yk: Yığın yoğunluğu

2.2.3.12. İstatistiksel Analizler

Çalışma süresince kırmızı pancardan klasik ısısal, ultrasonikasyon ve soğuk presyon yöntemler ile üretilen renk maddelerinin matematiksel modellenmesi kullanılarak analizlerin sonuçlarının istatistiksel analizi için Minitab 18.1.1 paket programı kullanılmıştır. İstatistiksel analizler %95 güven aralığında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak yapılmıştır. Gruplar arasında fark olup olmadığını belirlemek için Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Kırmızı Pancardan Renk Maddesi Üretim Optimizasyonu

3.1.1. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal Yöntemi ile Ekstrakte Edilen Renk Maddelerinin Optimizasyon Bulguları

Bu çalışmada, kırmızı pancardan renk maddesi üretim koşullarının optimizasyonu Taguchi matematiksel metodolojisi ile belirlenmiştir. Ekstraksiyon işlemlerinde optimum şartları belirlemek için L16(4²) yöntemi kullanılmıştır. Ekstraksiyon tekniğinde bağımsız değişken olarak sıcak (°C) ve ekstraksiyon süresi (dk) incelenmiş, bağımlı değişken olarakta betalain (betaksantin, betasiyanin) derişimi belirlenmiştir. Oluşturulan deneysel tasarımıda, kırmızı pancardan renk maddesi ekstraksiyonu için 16 farklı deneme tasarım oluşturularak betalain üzerine etkisi belirlenmiştir. Betalainler yüksek sıcaklıklara karşı hassas pigmentlerdir. Bu sebeple, çalışma kapsamında oluşturulan Taguchi matematiksel tasarım modeli kullanılarak kırmızı pancarda bulunan betalaini maksimum miktarda ekstrakte ederek ve ekstraksiyon süresini azaltarak kaliteli ve verimli doğal renk maddesi optimum şartlarda elde edilmesi amaçlanmıştır.

3.1.1.1. Betasiyanin Sonuçları

Kırmızı pancardan klasik ısısal yöntemi ile optimum betasiyanin pigmentlerini elde etmek için farklı sıcaklık ve süreler uygulanarak ekstraktlar hazırlanmıştır. Ekstraktlar, Taguchi L16 (4⁴) dizi tasarım deneyi faktörleri ile tasarlanarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Optimum koşulların belirlenmesinde maksimum betasiyanin miktarı dikkate alınmıştır. Bu nedenle en yüksek betasiyanin miktarı hangi şartlarda elde edilmiş ise o nokta optimum değer olarak belirlenmiştir. En yüksek değerleri elde etmek için gerçekleştirilen matematiksel modelleme ve elde edilen analiz sonuçları Tablo 3.1'de gösterilmiştir. Tablo

3.1’de görüldüğü üzere elde edilen betasiyanin değeri en düşük değer 125.8 mg/L ve en yüksek değer ise 370.5 mg/L olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.1. Optimum betasiyanin ekstraksiyonu için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

Örnek Kodları	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Betasiyanin (mg/L)
1-1	4	5	206.5±0.4
1-2	4	30	245.0 ±0.4
1-3	4	50	208.1±0.7
1-4	4	120	241.8±0.3
2-1	25	5	255.9±0.8
2-2	25	30	271.9±0.5
2-3	25	50	312.2±0.7
2-4	25	120	217.5±0.7
3-1	40	5	248.1±1.9
3-2	40	30	330.9±2.1
3-3	40	50	370.5±0.6
3-4	40	120	258.1±1.6
4-1	50	5	239.3±1.3
4-2	50	30	125.8±0.8
4-3	50	50	139.3±0.5
4-4	50	120	138.2±0.4

Betasiyanin ekstraksiyonuna ait varyans analiz sonuçları Tablo 3.2’de verilmektedir. Tabloda görüldüğü üzere varyans analiz sonuçları, betasiyanin miktarı üzerine en etkili faktör sıcaklık (A) olduğu belirlenirken ($p<0,05$), süre (B) bu model için anlamsız bulunmuştur ($p>0,05$).

Tablo 3.2. Betasiyanin ekstraksiyonuna ait varyans analiz sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Düzeltilmiş		F Değeri	P Değeri
			Kareler Toplamı	Ortalama Kareler		
A	3	72.106	72.106	24.035	6.98	0.010
B	3	3.837	3.837	1.279	0.37	0.776
Hata	9	30.985	30.985	3.443		
Toplam	15	106.928				

Elde edilen analiz sonuçları ve SNR oranlarına göre betasiyanin ekstraksiyonunda en etkili faktör A (sıcaklık) ve en etkili seviye ise A3 (40 °C) olarak belirlenmiştir. Sıcaklığın etkisi betasiyanin miktarı üzerine istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 3.3). Ayrıca betasiyanin ekstraksiyonunda en etkili seviye A3, B3 olarak bulunmuştur (Tablo 3.4)

Tablo 3.3. Betasiyanin için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi

Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T Değeri	P Değeri
Sabit	47.1761	0.4639	101.702	0.000
A 1	-0.1386	0.8034	-0.173	0.867
A 2	1.1977	0.8034	1.491	0.170
A 3	2.2999	0.8034	2.863	0.019
B 1	0.3087	0.8034	0.384	0.710
B 2	0.0409	0.8034	0.051	0.961
B 3	0.4581	0.8034	0.570	0.582

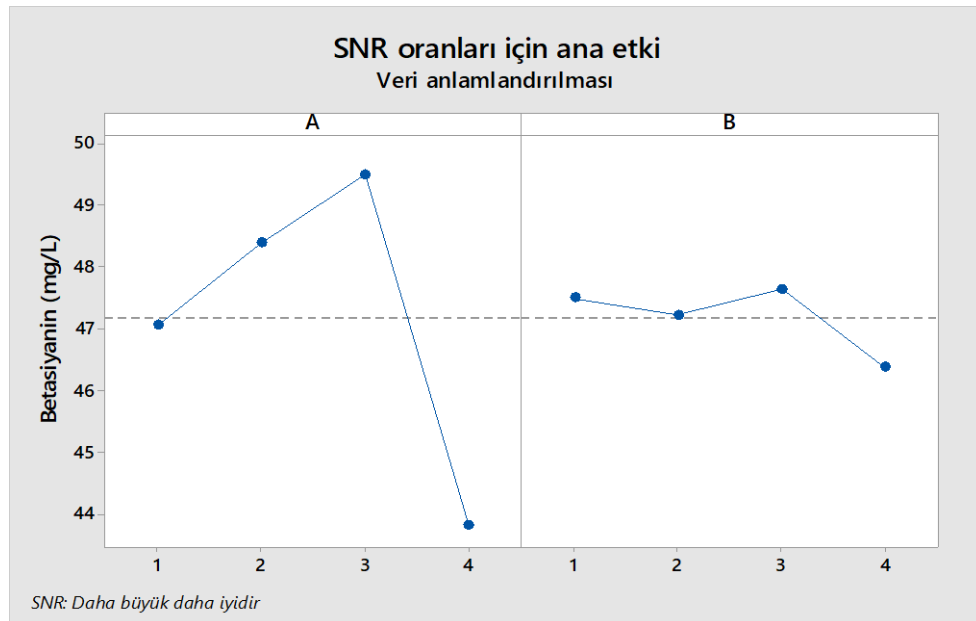
Tablo 3.4. Taguchi yöntemi ile betasiyanin ekstraksiyonu için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu

Seviye	A	B
1	47.04	47.48
2	48.37	47.22
3	49.48	47.63
4	43.82	46.37
Etki	5.66	1.27
Derece	1	2

SNR için yanıtlar (daha büyük olan daha iyidir)

(Seviye 1'de A: 4 °C, B: 5 dk, Seviye 2'de A: 25 °C, B: 30 dk, Seviye 3'de A: 40 °C, B: 50 dk, Seviye 4'de A: 50 °C, B: 120 dk)

Şekil 3.1'de Taguchi L16 (4⁴) dizi tasarımı ile elde edilen betasiyanin için verilerin anlamlandırılması grafiği verilmiştir. Bu grafiğe göre 3-3 kodlu örnek (40 °C, 50 dk) betasiyanin için optimum ekstraksiyon koşulları olarak seçilmiştir. Ekstraksiyonda sıcaklığın etkisine bakıldığında en yüksek değer A3 (40 °C) iken en düşük değer ise A4 (50 °C) olduğu saptanmıştır.



(A: Sıcaklık, A1:4 °C, A2:25 °C, A3:40 °C, A4:50 °C; B: Süre, B1:5 dk, B2:30 dk, B3:50 dk, B4:120 dk)

Şekil 3.1. Betasiyani değeri sonuçları için SNR sonuç grafiği

3.1.1.2. Betaksantin Sonuçları

Bu çalışma kapsamında optimum betaksantin ekstraksiyon koşulları, Taguchi L16 (4^4) dizi tasarım deneyi faktörleri tasarlanarak belirlenmiştir. Klasik ısısal ön uygulama ekstraksiyon yönteminde betaksantin optimizasyonu için farklı sıcaklık ve süreler uygulanarak ekstraktlar elde edilmiştir. Optimum koşulları belirlenmesinde en yüksek betaksantin miktarı dikkate alınmıştır. Bu nedenle maksimum betaksantin miktarı hangi koşullarda elde edilmiş ise o nokta optimum değer olarak kabul edilmiştir. Tablo 3.5’de görüldüğü üzere maksimum betaksantin miktarı 288.9 mg/L ve minimum değeri ise 130.4 mg/L olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.5. Optimum betaksantin ekstraksiyon için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

Örnek kodu	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Betaksantin (mg/L)
1-1	4	5	192.4±0.5
1-2	4	30	175.9±0.7
1-3	4	50	150.2±0.7
1-4	4	120	188.9±0.8
2-1	25	5	221.1±1.2
2-2	25	30	226.3±2.3
2-3	25	50	218.4±1.2
2-4	25	120	146.9±0.6
3-1	40	5	163.8±1.0
3-2	40	30	286.3±3.0
3-3	40	50	288.9±2.2
3-4	40	120	248.6±2.9
4-1	50	5	233.7±2.3
4-2	50	30	152.4±1.6
4-3	50	50	156.1±1.5
4-4	50	120	130.4±1.2

Tablo 3.6’de görüldüğü üzere varyans analiz sonuçlarına göre betaksantin miktarı üzerine A (sıcaklığın) ve B (süre) etkisi % 95 güven aralığında istatistiksel açıdan anlamsız ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.6. Betaksantin ekstraksiyonuna ait varyans analiz sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Ortalama Kareler	F Değeri	P Değeri
A	3	25.748	25.748	8.583	2.06	0.176
B	3	5.057	5.057	1.686	0.40	0.754
Hata	9	37.549	37.549	4.172		
Toplam	15	68.355				

Tablo 3.7’de verilen sonuçlar Taguchi yöntemi ile elde edilen betaksantin ekstraksiyonu için en etkili faktörleri göstermektedir. Belirlenen betaksantin analiz sonuçları ve SNR oranlarına göre betaksantin ekstraksiyonunda sıcaklık ve süre faktörlerin etkisi betaksantin miktarı üzerine istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir. Ancak betaksantin ekstraksiyonunda en etkili seviye A3, B2 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3.7. Betaksantin için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi

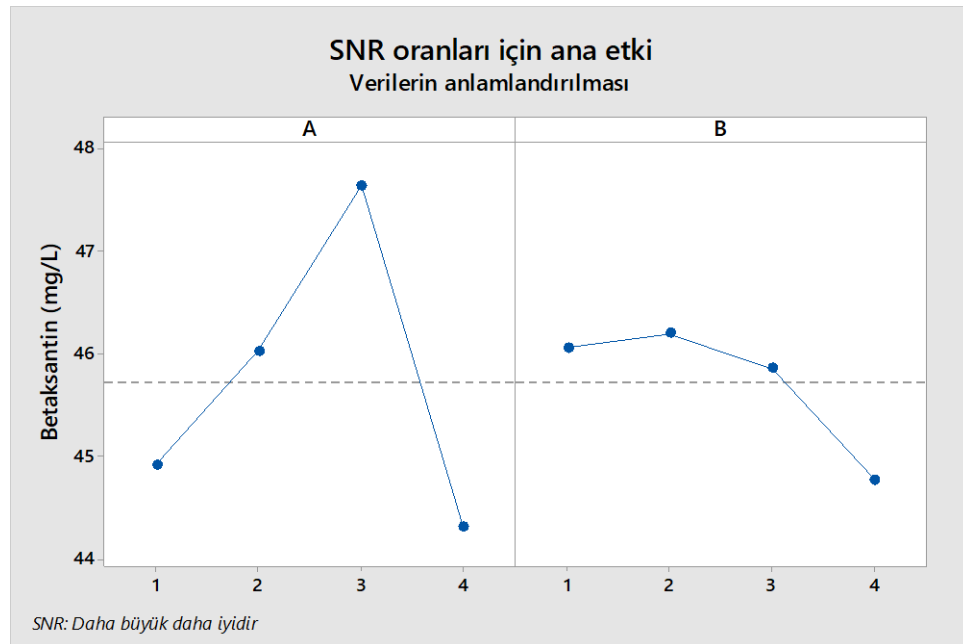
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T Değeri	P Değeri
Sabit	45.7202	0.5106	89.534	0.000
A 1	-0.8080	0.8845	-0.914	0.385
A 2	0.3075	0.8845	0.348	0.736
A 3	1.9183	0.8845	2.169	0.058
B 1	0.3401	0.8845	0.385	0.709
B 2	0.4795	0.8845	0.542	0.601
B 3	0.1300	0.8845	0.147	0.886

Tablo 3.8. Taguchi yöntemi ile betaksantin ekstraksiyonu için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu

Seviye	A	B
1	44.91	46.06
2	46.03	46.20
3	47.64	45.85
4	44.30	44.77
Etki	3.34	1.43
Derece	1	2

(Seviye 1'de A: 4 °C, B: 5 dk, Seviye 2'de A: 25 °C, B: 30 dk, Seviye 3'de A: 40 °C, B: 50 dk, Seviye 4'de A: 50 °C, B: 120 dk)

Şekil 3.2'de görüldüğü gibi Taguchi L16 (4^4) dizi tasarımı ile elde edilen betaksantin için verilerin anlamlandırılması grafiği verilmiştir. Bu grafiğe göre 3-2 kodlu örnek (40 °C, 30 dk) betaksantin için optimum ekstraksiyon şartı olarak seçilmiştir. Betaksantin ekstraksiyonu sırasında sıcaklığın etkisi incelendiğinde örneklerin betaksantin miktarına etkili olan ve en fazla verimin verdiği sıcaklık 40 °C olduğu gözlenmiştir.



(A: Sıcaklık, A1:4 °C, A2:25 °C, A3:40 °C, A4:50 °C; B: Süre, B1:5 dk, B2:30 dk, B3:50 dk, B4:120 dk)

Şekil 3.2. Betaksantin değeri sonuçları için SNR sonuç grafiği

3.1.1.3. Toplam Betalain Sonuçları

Kırmızı pancardan betalain ekstraksiyon kapsamında materyale klasik ısısızal ön uygulaması yapılarak optimum betalain ekstraksiyonu belirlenmiştir. Yapılan bu optimizasyon çalışmasında Taguchi L16 (4⁴) dizi tasarım modeli tasarlanmıştır. Bu tasarım için faktör olarak sıcaklık (4, 25, 40, 50 °C) ve süreler (5, 30, 50, 120 dk) deney faktörleri olarak belirlenmiştir. Optimum koşulların belirlenmesinde maksimum betalain miktarı dikkate alınmıştır. En yüksek toplam betalain değerleri belirlemek için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel modelleme ve analiz sonuçları Tablo 3.9'de yer almaktadır. Tablo 3.9'de görüldüğü üzere betalain miktarı 268.6 mg/L ile 659.5 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tablo 3.9. Optimum betalain ekstraksiyon için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

Örnek Kodu	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Toplam Betalain Miktarı (mg/L)
1-1	4	5	399.0±0.2
1-2	4	30	421.9±0.7
1-3	4	50	358.8±2.3
1-4	4	120	430.7±2.1
2-1	25	5	477.1±2.3
2-2	25	30	498.1±1.7
2-3	25	50	530.6±0.3
2-4	25	120	364.5±1.6
3-1	40	5	412.0±1.2
3-2	40	30	617.2±1.0
3-3	40	50	659.5±1.9
3-4	40	120	506.7±4.7
4-1	50	5	473.0±4.4
4-2	50	30	278.2±3.1
4-3	50	50	295.5±3.1
4-4	50	120	268.6±2.4

Tablo 3.10’de verilen betalain değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre, betalain üzerine en etkili faktörü A (sıcaklık) olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Ancak B (süre) değişkeni bu model için anlamsız bulunmuştur ($p>0,05$).

Tablo 3.10. Betalain ekstraksiyonuna ait varyans analiz sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Ortalama Kareler	F Değeri	P Değeri
A	3	44.935	44.935	14.978	4.57	0.033
B	3	4.161	4.161	1.387	0.42	0.741
Hata	9	29.506	29.506	3.278		
Toplam	15	78.602				

Tablo 3.11’de görüldüğü üzere, belirlenen betalain analiz sonuçları ve SNR oranlarına göre betalain ekstraksiyonunda en etkili faktör A (sıcaklık) olarak belirlenmiştir. Sıcaklığın etkisi betalain miktarı üzerine istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca betalain ekstraksiyonunda en etkili seviye A3, B3 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.12).

Tablo 3.11. Betalain için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi

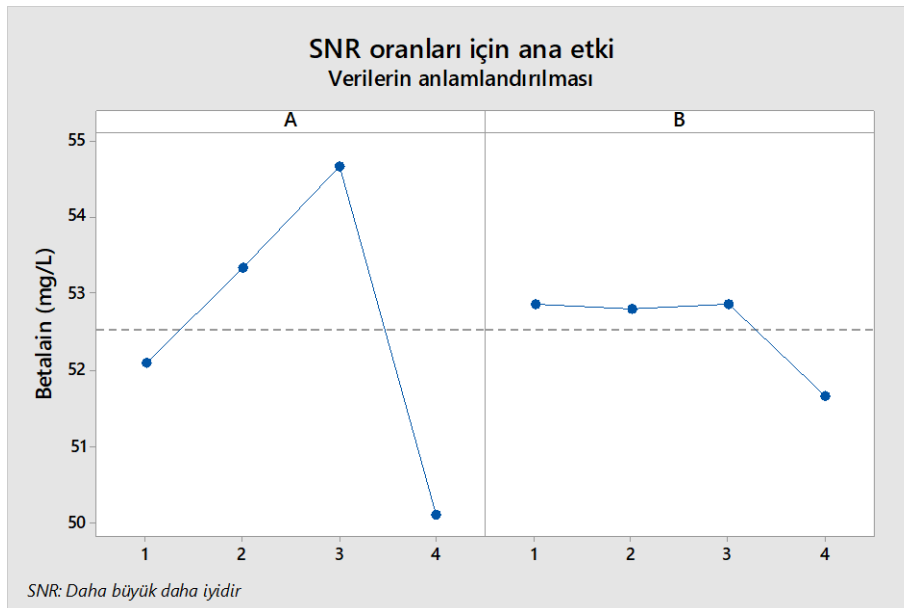
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T Değeri	P Değeri
Sabit	52.5316	0.4527	116.050	0.000
A 1	-0.4594	0.7840	-0.586	0.572
A 2	0.7807	0.7840	0.996	0.345
A 3	2.1154	0.7840	2.698	0.024
B 1	0.3153	0.7840	0.402	0.697
B 2	0.2517	0.7840	0.321	0.756
B 3	0.3152	0.7840	0.402	0.697

Tablo 3.12. Taguchi yöntemi ile betalain ekstraksiyonu için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu

Seviye	A	B
1	52.07	52.85
2	53.31	52.78
3	54.65	52.85
4	50.09	51.65
Etki	4.55	1.20
Derece	1	2

(Seviye 1'de A: 4 °C, B: 5 dk, Seviye 2'de A: 25 °C, B: 30 dk, Seviye 3'de A: 40 °C, B: 50 dk, Seviye 4'de A: 50 °C, B: 120 dk)

Şekil 3.3'e göre Taguchi L16 (4⁴) dizi tasarımı ile elde edilen betalain pigmentinin grafiği verilmiştir. Bu grafiğe göre A faktörün 3. seviyesi yani 3-3 kodlu örnek (40 °C, 50 dk) betalain için maksimum ekstraksiyon koşulu olarak seçilmiştir. Betalain ekstraksiyonunda sıcaklığın etkisi incelendiğinde en etkili sıcaklık A3 (40 °C)'de gözlemlenmiştir.



(A: Sıcaklık, A1:4 °C, A2:25 °C, A3:40 °C, A4:50 °C; B: Süre, B1:5 dk, B2:30 dk, B3:50 dk, B4:120 dk)

Şekil 3.3. Betalain değeri için SNR sonuç grafiği

3.1.1.4. Briks Sonuçları

Kırmızı pancardan klasik ısısal yöntemi ile optimum briks değeri elde etmek için farklı sıcaklık ve sürelerde ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Bu aşamada da ekstraktların elde edildiği deneysel tasarım için Taguchi L16 (4⁴) dizi yöntemi kullanılmıştır. Optimum koşulların belirlenmesinde briks değeri dikkate alınmıştır. Bu nedenle en büyük değeri veren proses en etkili proses olarak kabul edilmiştir. En yüksek değerleri belirlemek için gerçekleştirilen matematiksel modelleme ve analiz sonuçları Tablo 3.13'te yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar, briks miktarının % 3.6 ile % 4.7 arasında değiştiği gözlemlenmektedir.

Tablo 3.13. Optimum briks değeri için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

Örnek kodu	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Briks (%)
1-1	4	5	4.7±0.1
1-2	4	30	3.8±1.1
1-3	4	50	3.6±0.1
1-4	4	120	3.9±0.1
2-1	25	5	4.2±0.0
2-2	25	30	4.4±0.0
2-3	25	50	4.2±0.0
2-4	25	120	3.8±0.1
3-1	40	5	3.8±0.5
3-2	40	30	4.7±0.2
3-3	40	50	4.3±0.1
3-4	40	120	4.4±0.1
4-1	50	5	4.5±0.4
4-2	50	30	3.8±0.1
4-3	50	50	3.9±0.0
4-4	50	120	3.9±0.0

Tablo 3.14'te verilen briks değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre, briks üzerine A (sıcaklığın) ve B (süre) etkisi % 95 güven aralığında istatistiksel açıdan anlamsız olduğu belirlenmiştir ($p>0,05$).

Tablo 3.14. Briks değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	Ortalama Kareler	F Değeri	P Değeri
A	3	0.8520	0.8520	0.2840	0.43	0.739
B	3	1.0296	1.0296	0.3432	0.52	0.682
Hata	9	5.9868	5.9868	0.6652		
Toplam	15	7.8684				

Analiz sonuçları ve SNR oranlarına göre briks değeri üzerine A (sıcaklık) ve B (süre) değişkenlerinin etkisi istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0,05$) (Tablo 3.15).

Tablo 3.15. Briks için SNR ve ortalamaya göre faktör seviyelerinin etkisi verilmektedir

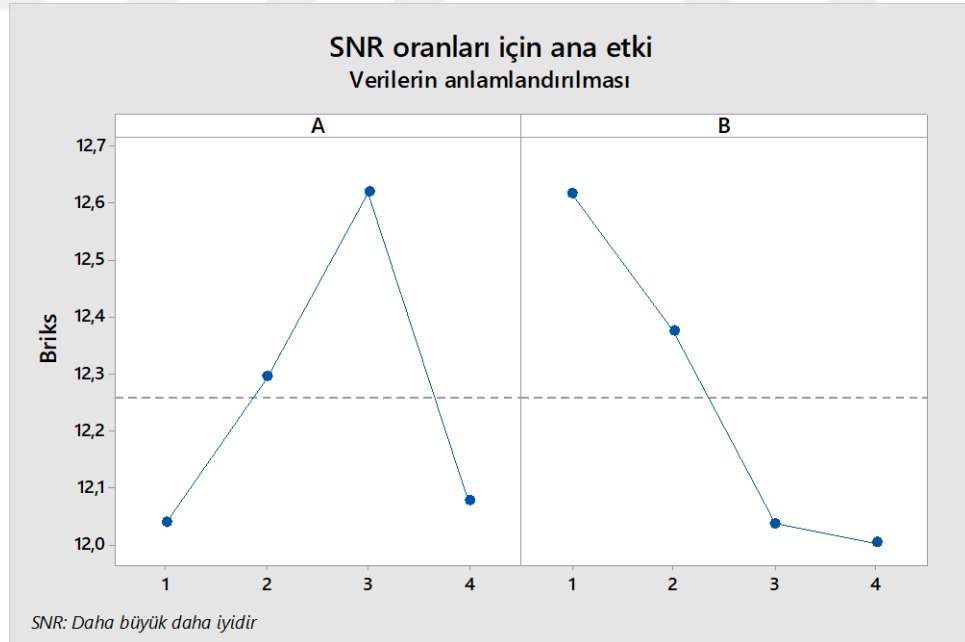
Terim	Katsayı	Hata Katsayısı	T Değeri	P Değeri
Sabit	12.2569	0.2039	60.112	0.000
A 1	-0.2180	0.3532	-0.617	0.552
A 2	0.0370	0.3532	0.105	0.919
A 3	0.3623	0.3532	1.026	0.332
B 1	0.3588	0.3532	1.016	0.336
B 2	0.1187	0.3532	0.336	0.745
B 3	-0.2215	0.3532	-0.627	0.546

Tablo 3.16. Taguchi yöntemi ile briks değeri için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu

Seviye	A	B
1	12.04	12.62
2	12.29	12.38
3	12.62	12.04
4	12.08	12.00
Etki	0.58	0.61
Derece	2	1

(Seviye 1'de A: 4 °C, B: 5 dk, Seviye 2'de A: 25 °C, B: 30 dk, Seviye 3'de A: 40 °C, B: 50 dk, Seviye 4'de A: 50 °C, B: 120 dk)

Şekil 3.4.'de Taguchi L16 (4⁴) dizi tasarımı ile elde edilen briks değerine ait grafik verilmiştir. Bu grafiğe göre A faktörün 3.seviyesi yani 3-1 kodlu örnek (40 °C, 5 dk) briks değerleri için maksimum koşulu olarak seçilmiştir.



(A: Sıcaklık, A1:4 °C, A2:25 °C, A3:40 °C, A4:50 °C; B: Süre, B1:5 dk, B2:30 dk, B3:50 dk, B4:120 dk)

Şekil 3.4. Briks değeri sonuçları için SNR sonuç grafiği

3.1.1.5. Toplam Fenolik Madde

Taguchi L16 (4^4) dizi tasarım modeli kullanılarak kırmızı pancardan toplam fenolik madde ekstraksiyonunun optimizasyonu yapılmıştır. Çalışma kapsamında klasik ısısız ekstraksiyon yöntem uygulaması yapılarak optimum fenolik madde miktarı belirlenmiştir. Maksimum fenolik madde miktarını belirlemek için gerçekleştirilen Taguchi dizi tasarımı ve analiz sonuçları tablo 3.17’de yer almaktadır. Tablo 3.17’de görüldüğü üzere en yüksek toplam fenolik madde değeri 1198.6 ± 7.5 mg GAE/L olduğu görülmektedir. Yapılan bu optimizasyon çalışmasında sıcaklık ve süreler deney faktörleri olarak belirlenmiştir. Maksimum değerine karar verilirken en yüksek değer fenolik madde miktarı için optimum değer kabul edilmiştir.

Tablo 3.17. Optimum fenolik ekstraksiyon için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

Örnek Kodu	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	TFM (mg GAE/L)
1-1	4	5	1005.0±6.9
1-2	4	30	1076.1±3.4
1-3	4	50	894.7±7.6
1-4	4	120	887.7±3.8
2-1	25	5	1133.5±1.5
2-2	25	30	964.6±4.9
2-3	25	50	1018.3±4.9
2-4	25	120	733.3±1.5
3-1	40	5	1041.6±4.4
3-2	40	30	1100.9±3.3
3-3	40	50	1114.3±6.6
3-4	40	120	924.5±5.8
4-1	50	5	1132.6±8.1
4-2	50	30	1198.6±7.5
4-3	50	50	1053.8±3.8
4-4	50	120	865.8±6.1

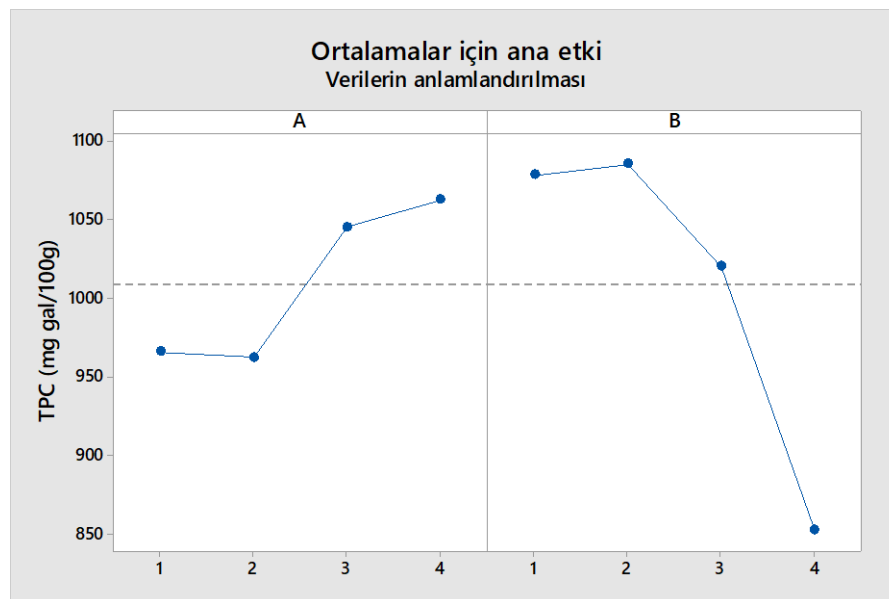
Tablo 3.18’ de belirtildiği gibi elde edilen sonuçlar ışığında fenolik madde ekstraksiyonunda en etkili faktör B (süre) olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.18. Taguchi yöntemi ile fenolik madde ekstraksiyonu için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu

Seviye	A	B
1	965.9	1078.2
2	962.5	1085.1
3	1045.4	1020.3
4	1062.7	852.9
Etki Derece	100.2	232.2
	2	1

(Seviye 1’de A: 4 °C, B: 5 dk, Seviye 2’de A: 25 °C, B: 30 dk, Seviye 3’de A: 40 °C, B: 50 dk, Seviye 4’de A: 50 °C, B: 120 dk)

Şekil 3.5’ de Taguchi L16 (4⁴) dizi tasarımı ile elde edilen fenolik grafiği verilmiştir. Bu grafiğe göre 4-2 kodlu örnekler (50 °C, 30 dk) maksimum fenolik madde ekstraksiyon koşulları olarak seçilmiştir. Fenolik madde ekstraksiyonunda sürenin etkisi incelendiğinde en düşük değer B4 (120 dk)’de görülürken en yüksek değer B2 (30 dk)’de elde edildiği saptanmıştır.



(A: Sıcaklık, A1:4 °C, A2:25 °C, A3:40 °C, A4:50 °C; B: Süre, B1:5 dk, B2:30 dk, B3:50 dk, B4:120 dk)

Şekil 3.5. Fenolik madde değeri sonuçları için SNR sonuç grafiği

3.1.1.6. Antioksidan Kapasite (DPPH)

Hammadde olarak kullanılan kırmızı pancardan maksimum oranda antioksidan kapasitesi sonuçlarını elde etmek için farklı sıcaklık ve süre uygulaması yapılarak ekstraktlar alınmıştır. Ekstraktlar Taguchi L16 (4⁴) matematiksel modelleme deneyi faktörü ile tasarlanarak optimum ekstraksiyon şartları belirlenmiştir. Antioksidan kapasitesi analizinde optimum şartların belirlenmesinde en iyi antioksidan kapasitesi Taguchi yöntemi için en yüksek değer olarak kabul edilmiştir. Maksimum antioksidan kapasite değerlerinin belirlemek için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ve analiz sonuçları Tablo 3.19'de yer almaktadır. Tablo 3.19'de belirtildiği gibi antioksidan miktarı 339 mg troloks/L ile 2063.5 mg troloks/L arasında değişmektedir.

Tablo 3.19. Optimum antioksidan ekstraktı için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

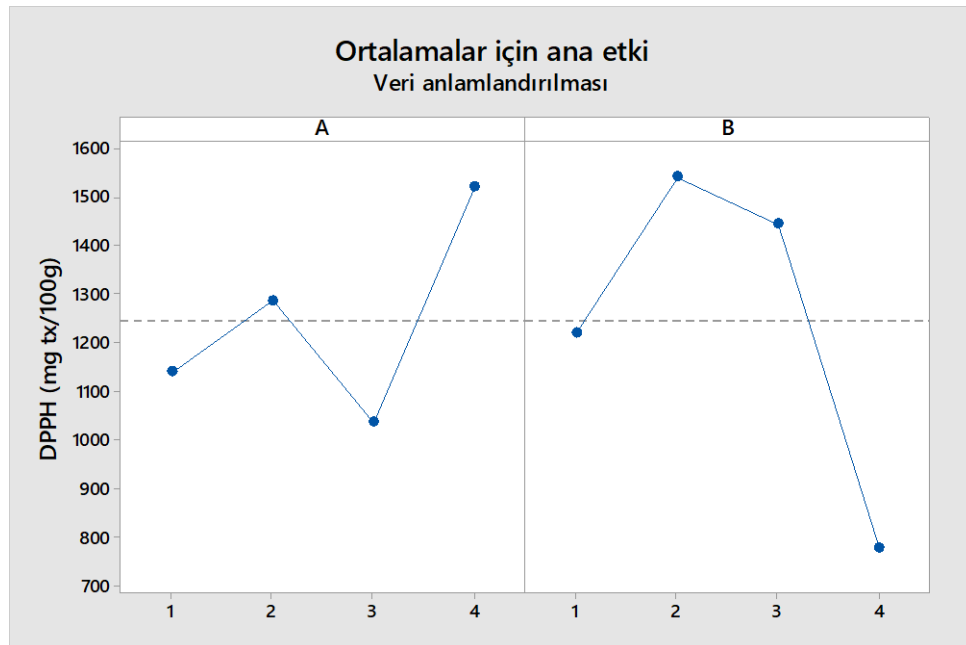
Örnek kodu	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	DPPH (mg trolox/L)
1-1	4	5	783.9±13.3
1-2	4	30	1450.1±38.8
1-3	4	50	1608.8±43.0
1-4	4	120	717.8±33.1
2-1	25	5	1241.6±52.0
2-2	25	30	1632.4±37.0
2-3	25	50	1456.2±41.2
2-4	25	120	815.3±29.4
3-1	40	5	659.2±18.8
3-2	40	30	1078.2±22.8
3-3	40	50	1166.5±30.6
3-4	40	120	1243.1±41.2
4-1	50	5	2199.4±37.1
4-2	50	30	2063.5±62.44
4-3	50	50	1539.5±29.7
4-4	50	120	339.0±28.7

Tablo 3.20. Taguchi yöntemi ile antioksidan ekstraksiyonu için en etkili seviyelerin belirlenmesi tablosu

Seviye	A	B
1	1140.2	1221.0
2	1286.4	1539.9
3	1036.7	1442.7
4	1519.2	778.8
Etki	482.5	761.1
Derece	2	1

(Seviye 1’de A: 4 °C, B: 5 dk, Seviye 2’de A: 25 °C, B: 30 dk, Seviye 3’de A: 40 °C, B: 50 dk, Seviye 4’de A: 50 °C, B: 120 dk)

Şekil 3.6’ de görüldüğü gibi Taguchi L16 (4⁴) dizi tasarımı ile elde edilen antioksidan kapasite tablosu verilmiştir. Bu tabloya göre 4-2 kodlu örnekler (50 °C, 30 dk) antioksidan için optimum ekstraksiyon şartı olarak seçilmiştir.



(A: Sıcaklık, A1:4 °C, A2:25 °C, A3:40 °C, A4:50 °C; B: Süre, B1:5 dk, B2:30 dk, B3:50 dk, B4:120 dk)

Şekil 3.6. Antioksidan aktivite değeri sonuçları için SNR sonuç grafiği

3.1.1.7. Renk değerleri

Tablo 3.21’de görüldüğü üzere kırmızı pancardan optimum renk değerlerini elde etmek için farklı sıcaklık ve süreler uygulanarak ekstraktlar alınmıştır. Optimum koşulları belirlenmesinde renk değerleri (L^* , a^* , b^*) dikkate alınmıştır. Bu nedenle en yüksek a^* değeri ve en düşük L^* , b^* değerleri hangi şartlarda elde edilmiş ise o nokta optimum değer olarak kabul edilmiştir. Tablo’ya göre minimum L^* değeri 22.9, b^* değeri - 1.4 bulunurken, maksimum a^* değeri 58.4 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.21. Optimum renk değerlerini ekstraksiyonu için gerçekleştirilen Taguchi matematiksel optimizasyon yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları

Örnek Kodu	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	L^* Değeri	a^* Değeri	b^* Değeri
1-1	4	5	23.3±0.22	35.58±0.19	-1.4±0.16
1-2	4	30	23.2±0.28	36.28±0.28	-1.6±0.06
1-3	4	50	23.0±0.05	38.64±0.03	-1.6±0.03
1-4	4	120	23.2±0.02	38.83±0.04	-1.6±0.04
2-1	25	5	23.2±0.03	39.45±0.07	1.5±0.11
2-2	25	30	22.9±0.09	39.55±0.04	1.5±0.04
2-3	25	50	22.9±0.07	41.28±0.36	1.7±0.09
2-4	25	120	22.9±0.40	43.8±0.06	1.5±0.04
3-1	40	5	23.1±0.09	41.1±0.04	1.6±0.04
3-2	40	30	23.1±0.07	43.3±0.36	1.3±0.09
3-3	40	50	22.0±0.40	45.6±0.06	-1.2±0.04
3-4	40	120	23.8±0.04	47.8±0.05	1.2±0.04
4-1	50	5	23.6±0.04	50.2±0.03	1.4±0.19
4-2	50	30	23.8±0.11	52.6±0.05	1.6±0.05
4-3	50	50	23.2±0.01	55.2±0.05	1.3±0.02
4-4	50	120	22.9±0.08	58.4±0.01	1.4±0.05

3.1.1.8. Optimum Üretim Yöntemi Belirlenmesi ve Doğrulama Deneyi

3.1.1.8.1. Optimum Üretim Yöntemi Belirlenmesi

Taguchi deney tasarımı ile yapılan denemeler sonucunda maksimum betasiyanin, betaksantin, betalain ve briks değerleri A3B3 noktasında 40 °C ve 50 dk'da elde edilmiştir (Tablo 3.22). Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite için ise A4B2 noktasında; 50 °C, 30 dk otimum nokta olarak belirlenmiştir (Tablo 3.23). Kırmızı pancardan gıda renk maddesinin ana kaynağı bileşeninde bulunan betasiyanin, betaksantin ve toplam betalain olduğundan bu değerlerin optimum noktasının belirlemesi önem arz etmektedir. Bu amaçla oluşturulan matematiksel modelleme ve deneyi tasarımı sonucunda optimum ortam noktası A3 B3 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.22. Kırmızı pancardan klasik ısısal yöntemi ile ekstrakte edilen renk pigmentlerinin optimizasyon tablosu

Renk Maddesi	Betasiyanin (mg/L)	Betaksantin (mg/L)	Betalain (mg/L)	Briks (%)	Genel optimum nokta
optimizasyonu	A ₃ , B ₃	A ₃ , B ₂	A ₃ , B ₃	A ₃ , B ₁	A ₃ , B ₃

Renk maddesi optimizasyonu için en önemli parametre A yani sıcaklık olarak belirlenmiştir ($p < 0,05$)

Tablo 3.23. Kırmızı pancardan klasik ısısal yöntemi ile ekstrakte edilen fenolik maddelerin optimizasyon tablosu

Fenolik madde	DPPH (mg troloks/L)	Toplam fenolik madde (mg GAE /L)	Genel optimum nokta
optimizasyonu	A ₄ , B ₂	A ₄ , B ₂	A ₄ , B ₂

Toplam fenolik madde optimizasyonu için ise en etkili parametre faktörün B yani süre olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0,05$).

3.1.1.8.2. Doğrulama Deneyi

Doğrulama deneyi ile optimum noktadaki (A3 B3) analizler tekrarlanarak en etkin olan yöntem belirlenmiştir. Bu analizler toplam betalain, betasiyinin, betaksantin, briks, DPPH, toplam fenolik madde ve renk değerleri (L^* , a^* , b^*) için iki paraleli yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.24. Doğrulama deneyi ve beklenen değerler sonucu

Deney	Betasiyanin (mg/L)	Betaksantin (mg/L)	Betalain (mg/L)	Briks (%)
Beklenen değer	370.56±0.6 ^a	286.34±2.2 ^a	659.48±1.9 ^a	3.8±0.05 ^a
Bulunan değer	369.6±0.9 ^a	289.2±0.6 ^a	660.1±1.5 ^a	3.8±0.0 ^a
Aynı sütunda yer alan farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p>0,05).				

Tablo 3.25. Doğrulama deneyi ve beklenen değerler sonucu

Deney	DPPH (mg trolox /L)	TFMM (mg GAE /L)	Renk		
			(L^*)	(a^*)	(b^*)
Beklenen değer	1166.51±30.65 ^a	1114.2±6.6 ^a	23.09±0.40 ^a	45.6±0.16 ^a	1.1±0.04 ^a
Bulunan değer	1197.9±38.07 ^a	1120.7±4.70 ^a	21.05±0.21 ^a	47.8±0.12 ^a	-1.2±0.15 ^a
Aynı sütunda yer alan farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p>0,05).					

Doğrulama deneyi ile elde edilen sonuçlar deneysel modelleme sonuçları ile kıyaslandığında betasiyanin L^* ve b^* değeri düşük, betaksantin, toplam betalain, antioksidan kapasitesi, toplam fenolik değeri, a^* değerinin yüksek ve briks değeri eşit olması deneyleri doğrulamıştır. Bu sonuçlara göre bütün değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir

fark olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$). Bu nedenle optimum gıda renklendirici üretim metodu (A3B3) olarak belirlenmiştir.

3.1.2. Farklı Ekstraksiyon Yöntemlerinin Optimizasyonu

3.1.2.1. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Betasiyanin Bulguları

Kırmızı pancarda soğuk presyon, klasik ısısal (kontrol grubu) ve ultrasonikasyon yöntemleri olmak üzere üç farklı ekstraksiyon yöntem kullanılarak betasiyanin ekstraksiyon koşullarının optimizasyonu yapılmıştır. Taguchi L16(4^2) deney tasarımı kapsamında klasik ısısal yöntem (kontrol grubu) kullanılarak, doğal renk maddesi olan betasiyanin ekstraksiyonu dikkate alındığı analizlerde, optimum koşullar $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 50 dk olarak gerçekleşmiştir. Tablo 3.26'de görüldüğü üzere soğuk presyon yöntemi ile elde edilen pancar ekstraktlarının betasiyanin miktarı (517.45 mg/L), klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu) ile ekstrakte edilen örneklerin betasiyanin miktarı (370.56 mg/L) ile kıyaslandığında soğuk presyon yönteminin klasik ısısal yöntemine göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. İki farklı ekstraksiyon yöntemiyle yapılan analizlerde örneklerinin analiz sonuçları arasındaki istatistiksel farkın anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Tablo 3.27'de görüldüğü üzere optimum noktada ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de, 50 dk) klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile yapılan ekstraksiyonunların etkinliğinin belirlenebilmesi için betasiyanin analiz sonuçları dikkate alınarak kıyaslama yapılmıştır. $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve 50 dk süre uygulaması ile ultrasonikasyon yöntem ile bulunan betasiyanin miktarı 187.00 mg/L iken, klasik ısısal yöntem ile bulunan betasiyanin miktarı 151.06 mg/L olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla ultrasonikasyon yönteminin daha etkili olduğu belirtilmiştir (Şekil 3.8). Elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

Tablo 3.26. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betasiyanin sonuçları

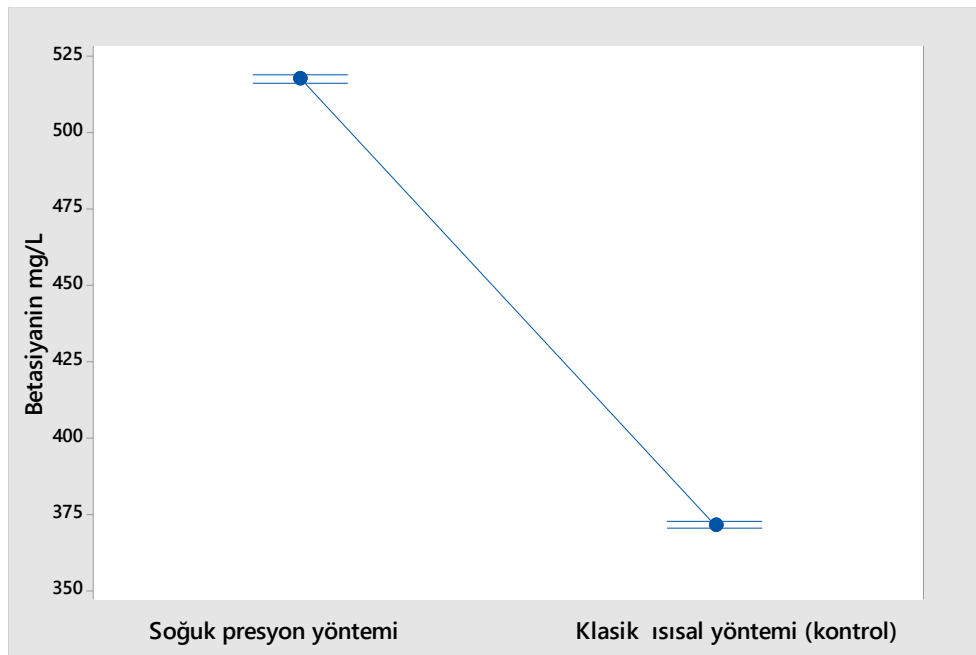
Yöntemler	Betasiyanin (mg/L)
Soğuk presyon yöntemi	517.45±1.1 ^a
Klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu)	370.56±0.6 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak fark önemlidir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p < 0.05$). ± standart sapma.

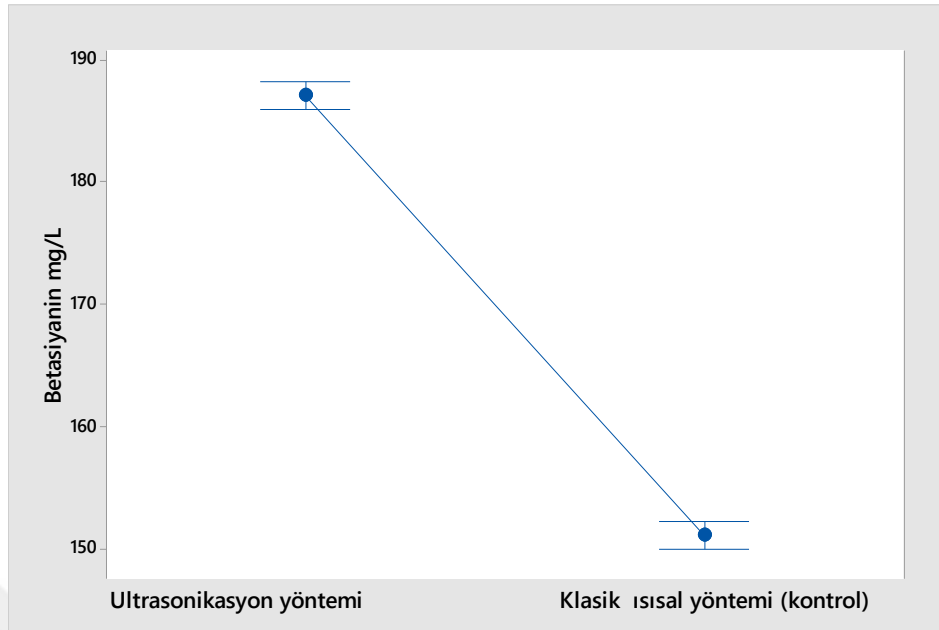
Tablo 3.27. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betasiyanin sonuçları

Yöntemler	Betasiyanin (mg/L)
Ultrasonikasyon yöntemi	187.00±0.9 ^a
Klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu)	151.06±0.8 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak fark önemlidir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p < 0.05$). ± standart sapma.



Şekil 3.7. Soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemlerinin betasiyanin değeri grafiği



Şekil 3.8. Ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemlerinin betasiyanin değeri grafiği

3.1.2.2. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Betaksantin Bulguları

Bu çalışmada kırmızı pancardan optimum betaksantin ekstraksiyon yönteminin belirlemek amacıyla soğuk presyon, klasik ısısal (kontrol grubu) ve ultrasonikasyon yöntemleri ile renk maddesi olan betaksantin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Klasik ısısal yönteminde maksimum betaksantin ekstraksiyonu Taguchi L16(4²) dizi tasarım deney faktörleri tasarlanarak 40 °C sıcaklık, 50 dk süre optimum koşul olarak kabul edilmiştir. Belirlenen optimum şartlar kapsamında farklı ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen örneklerin betaksantin analiz sonuçları incelenmiştir.

Tablo 3.28’de görüldüğü üzere soğuk presyon yönteminin betaksantin miktarı 476.59 mg/L ve optimum şartlar altında klasik ısısal (kontrol grubu) yöntem ile ekstrakta edilen betaksantin miktarı 288.92 mg/L olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda betaksantin ekstraksiyonu üzerine soğuk presyon yönteminin klasik ısısal yöntemine göre daha etkili olduğu belirlenmiştir ve istatistiksel olarak elde edilen sonuçlar arasında anlamlı bir fark olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.9) ($p < 0.05$).

Kırmızı pancardan 40 °C sıcaklık ve 50 dk süre altında ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemleri ile elde edilen ekstraktların betaksantin analizi sonuçları Tablo 3.29’de

verilmiştir. Tablo 3.29’de görüldüğü üzere iki farklı yöntem kapsamında elde edilen ekstraktların betaksantin sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark ($p<0.05$) olmakla birlikte, ultrasonikasyon uygulamalı örneğin betaksantin değeri, klasik ısısal yöntemle üretilen betaksantin değerine oranla yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.10).

Tablo 3.28. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betaksantin sonuçları

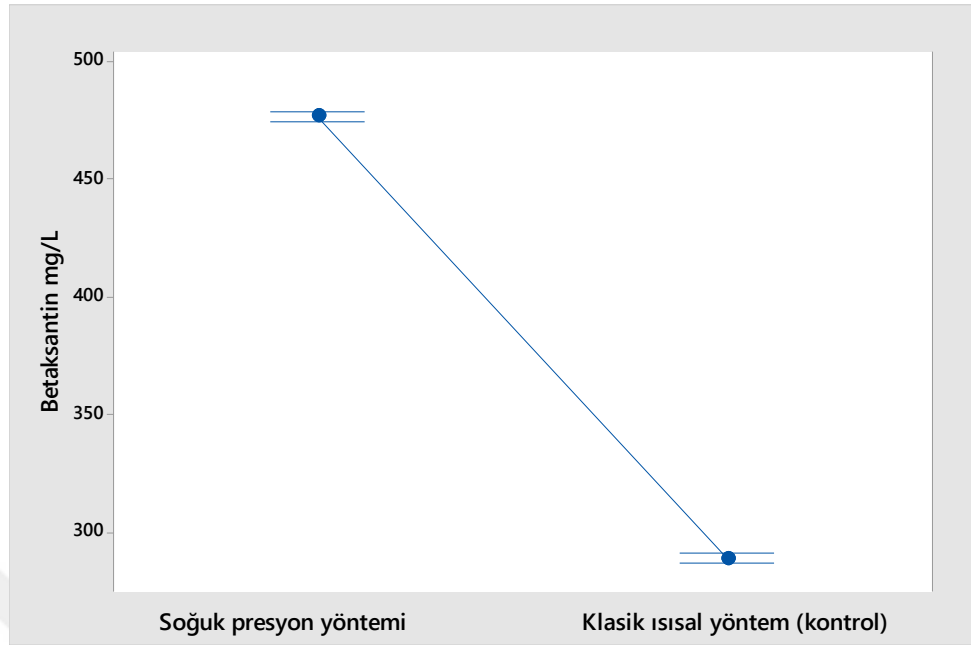
Yöntemler	Betaksantin (mg/L)
Soğuk presyon yöntemi	476.59±1.0 ^a
Klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu)	288.92±2.2 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak fark önemlidir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p<0.05$). ± standart sapma.

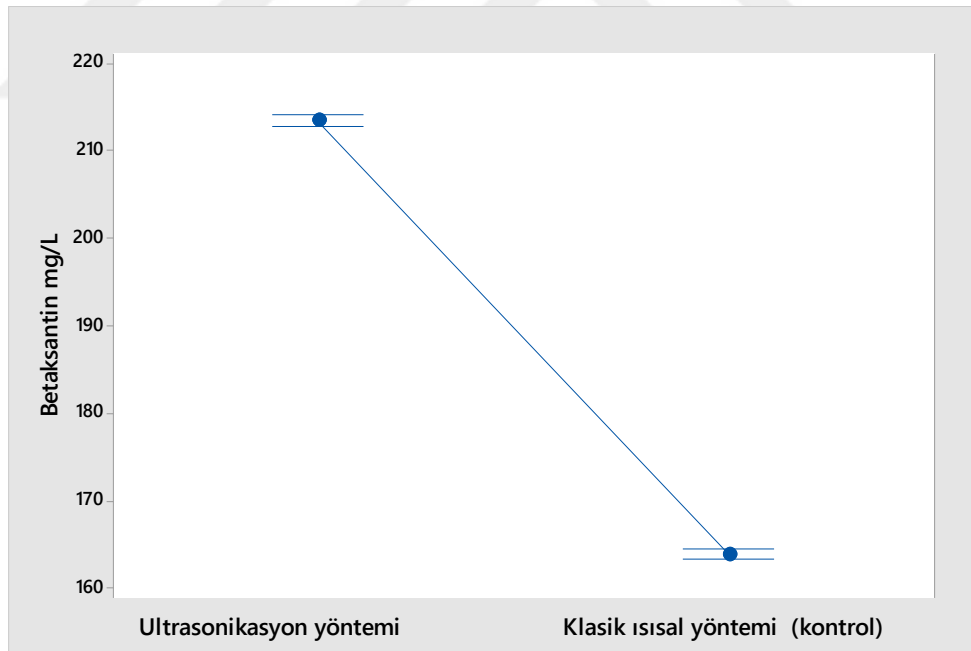
Tablo 3.29. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betaksantin sonuçları

Yöntemler	Betaksantin (mg/L)
Ultrasonikasyon yöntemi	213.43±0.5 ^a
Klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu)	163.88±0.4 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak fark önemlidir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p<0.05$). ± standart sapma.



Şekil 3.9. Soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemlerinin betaksantin değeri grafiği



Şekil 3.10. Ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemlerinin betaksantin değeri grafiği

3.1.2.3. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Betalain Bulguları

Tablo 3.30'de görüldüğü üzere hammadde olarak kullanılan kırmızı pancardan optimum şartlar altında (40 °C'de 50 dk) klasik ısısal yöntem ile elde edilen ekstraktların toplam

betalain sonucu 659.48 mg/L ve soğuk presyon yöntem ile elde edilen ekstraktların toplam betalain miktarı 994.05 mg/L olarak bulunmuştur. Şekil 3.11'e göre soğuk presyon yönteminin ısı işleme göre daha etkili olduğu sonuçlandırılmıştır. Ayrıca istatistiksel olarak betalain analiz sonuçları arasında anlamlı bir fark olduğu sonucuna ulaşılmıştır ($p<0.05$).

Taguchi L16(4²) optimizasyon yöntemi ile belirlenen şartlarda (40 °C, 50 dk) ultrasonikasyon ve klasik ısısal ekstraksiyon yöntemlerinin etkisi toplam betalain miktarı üzerine incelendiğinde, sonuçlar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Tablo 3.31'de görüldüğü üzere ultrasonikasyon yönteminin betalain miktarı 400.43 mg/L ve klasik ısısal yönteminin ise 314.94 olmakla birlikte, ultrasonikasyon yönteminin betalain değeri daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.12).

Tablo 3.30. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betaksantin sonuçları

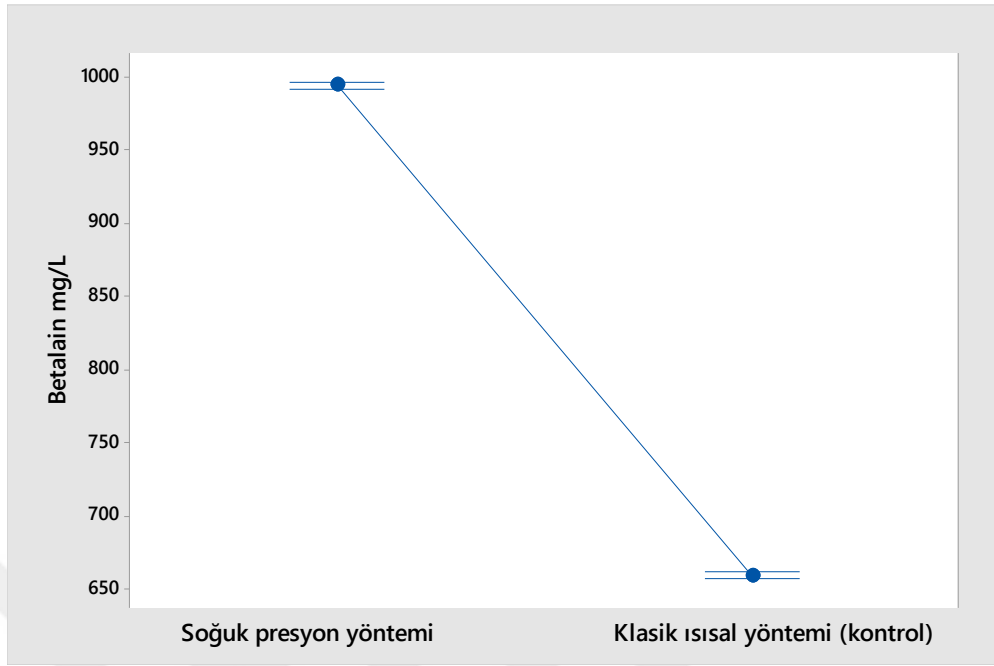
Yöntemler	Betalain (mg/L)
Soğuk presyon yöntemi	994.05±1.99 ^a
Klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu)	659.48±1.98 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak fark önemlidir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p<0.05$). ± standart sapma.

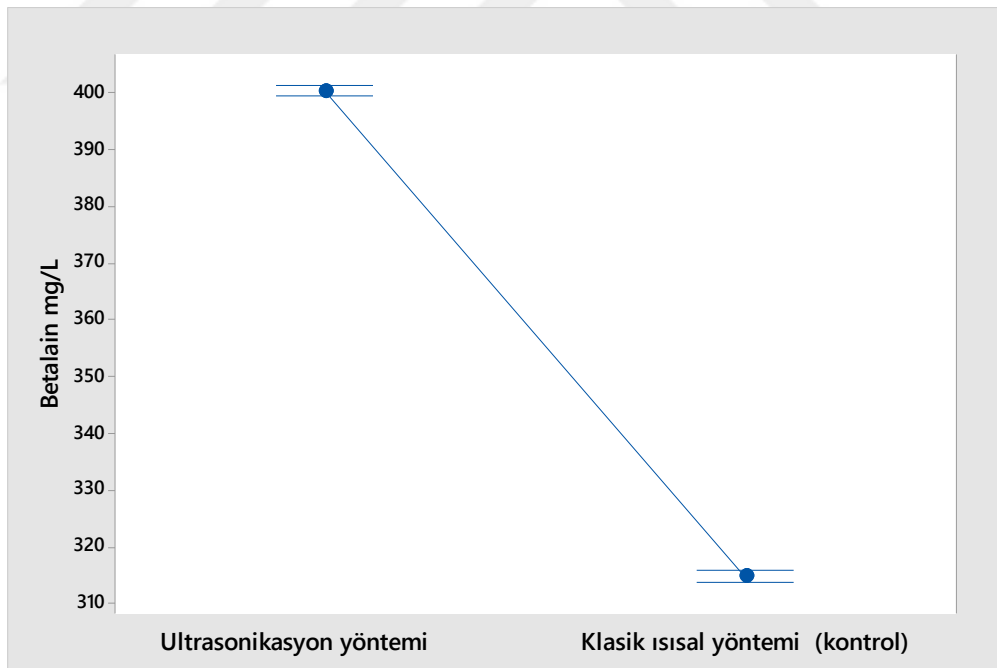
Tablo 3.31. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen betaksantin sonuçları

Yöntemler	Betalain (mg/L)
Ultrasonikasyon yöntemi	400.43±0.99 ^a
Klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu)	314.94±0.64 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak fark önemlidir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p<0.05$). ± standart sapma



Şekil 3.11. Soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemlerinin betalain değeri grafiği



Şekil 3.12. Ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemlerinin betalain değeri grafiği

3.1.2.4. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen DPPH Analiz Bulguları

Hammadde olarak kullanılan kırmızı pancardan optimum antioksidan ekstraksiyon yönteminin belirlenebilmesi için soğuk presyon, klasik ısısal (kontrol grubu) ve ultrasonikasyon olmak üzere üç farklı ekstraksiyon yöntemi kullanılarak maksimum antioksidan kapasitesi belirlenmiştir.

Klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile optimum koşullar altında (40 °C'de 50 dk) elde edilen antioksidan değeri dikkate alınmış ve maksimum değeri veren yöntem en etkili yöntem seçilmiştir. Tablo 3.33'de görüldüğü üzere en yüksek antioksidan kapasitesi ultrasonikasyon yöntemi ile 1824.79 mg trolox/L bulunurken, en düşük antioksidan kapasitesi ise klasik ısısal yöntemi ile 1759.85 mg trolox/L elde edilmiştir (Şekil 3.14) ($p < 0.05$).

Tablo 3.32'de görüldüğü üzere soğuk presyon yöntem ve optimum şartlarda (40 °C'de 50 dk) klasik ısısal yöntem ile yapılan ekstraksiyonun etkinliğinin belirlenebilmesi için antioksidan aktivitesinin analiz sonuçları dikkate alınarak kıyaslama yapılmıştır. Sonuçlara göre soğuk presyon yönteminin antioksidan kapasitesi 1301.53 mg trolox/L ve klasik ısısal yönteminin ise 1166.5 mg trolox/L olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla soğuk presyon yönteminin antioksidan kapasitesi daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark ($p < 0.05$) olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.13)

Tablo 3.32. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen DPPH analiz sonuçları

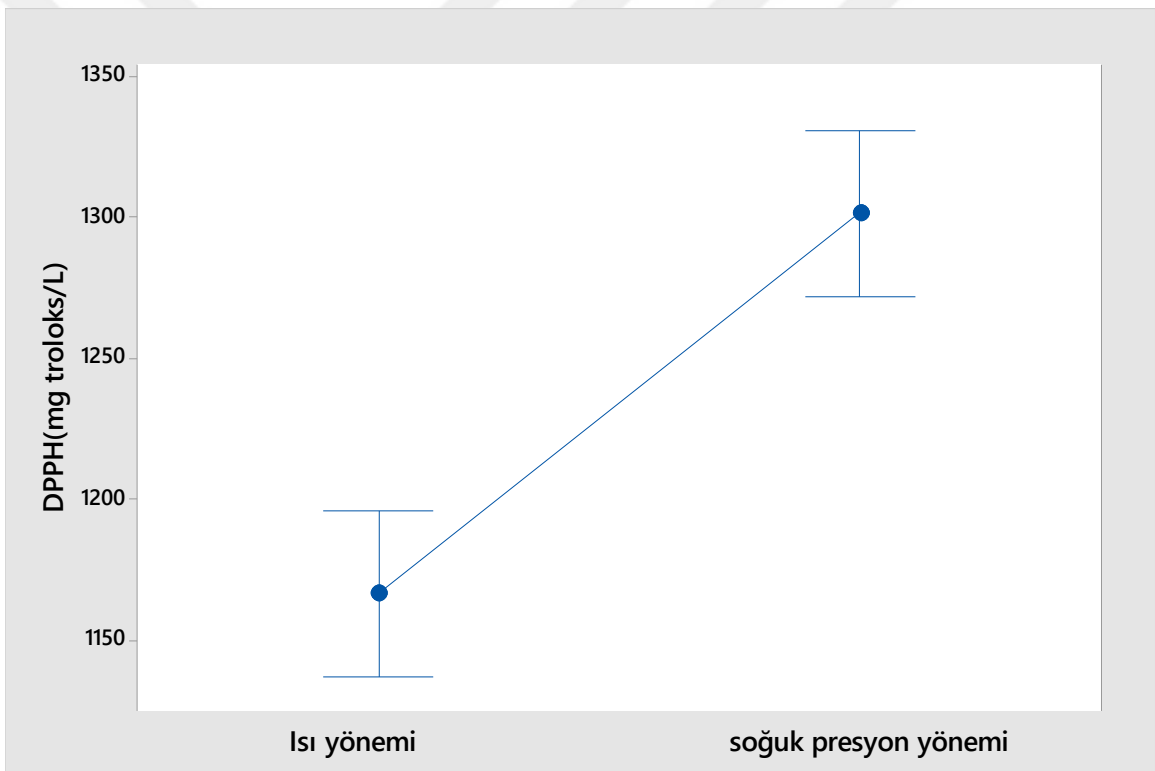
Yöntemler	DPPH (mg trolox/L)
Soğuk presyon yöntemi	1301.53±15.1 ^a
Klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu)	1166.5±15.4 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak fark önemlidir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p < 0.05$). ± standart sapma.

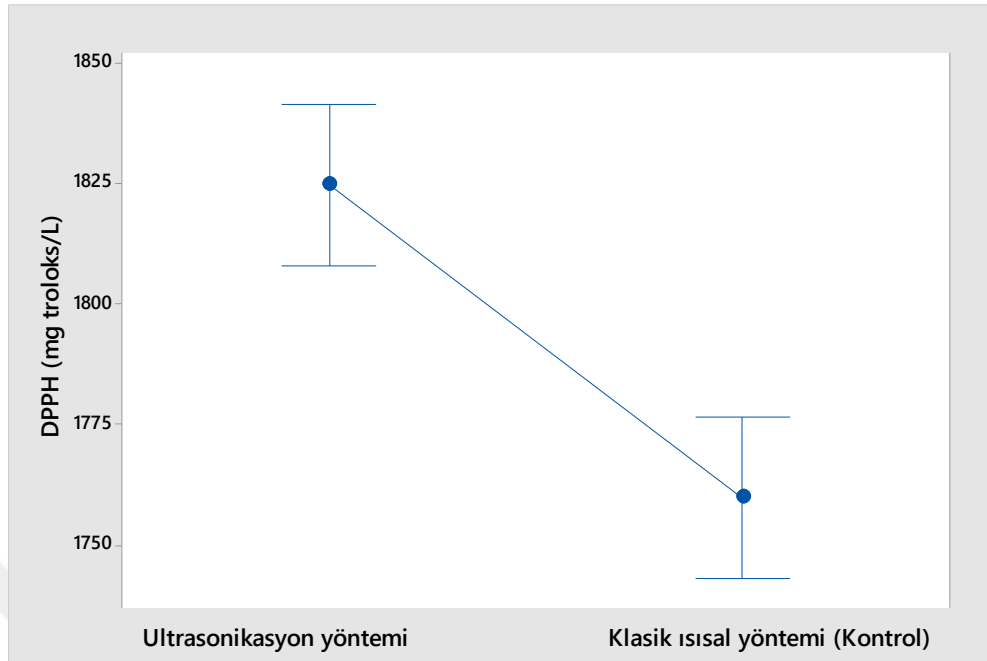
Tablo 3.33. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemleri ile elde edilen DPPH analiz sonuçları

Yöntemler	DPPH (mg trolox/L)
Ultrasonikasyon yöntemi	1824.79±16.5 ^a
Klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu)	1759.85±9.9 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak fark önemlidir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p < 0.05$). ± standart sapma.



Şekil 3.13. Soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemlerinin DPPH değeri grafiği



Şekil 3.14. Ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemlerinin DPPH değeri grafiği

3.1.2.5. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Toplam Fenolik Madde Miktarı (TFM) Bulguları

Klasik ısısal yönteminde (kontrol grubu) fenolik madde miktarı dikkate alınarak optimum koşulların belirlenmesi Taguchi L16(4²) deney tasarımı kapsamında gerçekleştirilmiştir. Kırmızı pancarda soğuk presyon, klasik ısısal (kontrol grubu) ve ultrasonikasyon yöntemleri kullanılarak fenolik madde ekstraksiyon yönteminin optimizasyonu yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre 40 °C’de 50 dk fenolik madde miktarı için optimum koşul olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.34 ve Şekil 3.15’te görüldüğü üzere soğuk presyon yöntemi ile elde edilen pancar ekstraktlarının toplam fenolik madde analiz sonuçları 1518.32 mg GAE/L ve klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu) ile elde edilen örneklerin toplam fenolik madde miktarı 1114.27 mg GAE/L olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak sonuçlar arasında anlamlı bir fark (p<0.05) olmakla birlikte soğuk presyon yöntem ile elde edilen örneklerin toplam fenolik madde miktarı klasik ısısal yöntemine kıyasla yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 3.16’de görüldüğü üzere optimum noktada kontrol grubu ve aynı şartlar altında ultrasonikasyon yöntem ile yapılan ekstraksiyonun etkinliğinin belirlenebilmesi için fenolik madde analiz sonuçları göz önüne alınarak kıyaslama yapılmıştır. 40 °C sıcaklık

ve 50 dk süre içinde ultrasonikasyon yöntemi (991.69 mg GAE/L) kontrol yöntemine (873.14 mg GAE/L) göre daha etkili olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.35). Ayrıca bu iki farklı ekstraksiyon yöntemlerin analizi sonuçları arasında anlamlı fark bulunduğu gözlenmiştir. ($p < 0.05$).

Tablo 3.34. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemleri ile elde edilen toplam fenolik madde miktarı analiz sonuçları

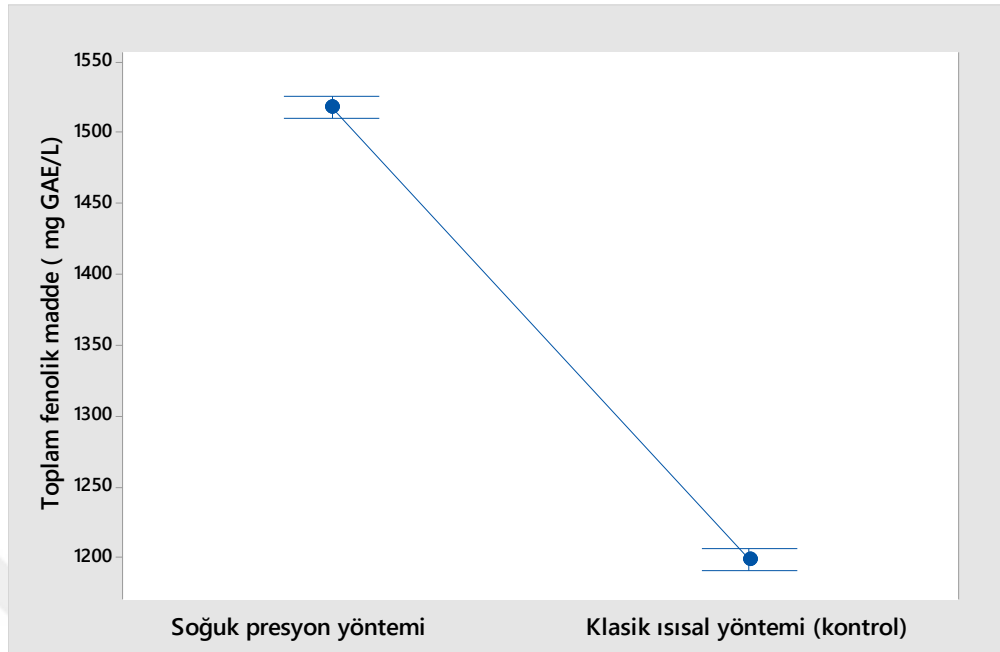
Yöntemler	TFM (mg GAE/L)
Soğuk presyon yöntemi	1518.32±4.9 ^a
Klasik ısısal yöntemi	1114.27±7.5 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak fark önemlidir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p < 0.05$). ± standart sapma.

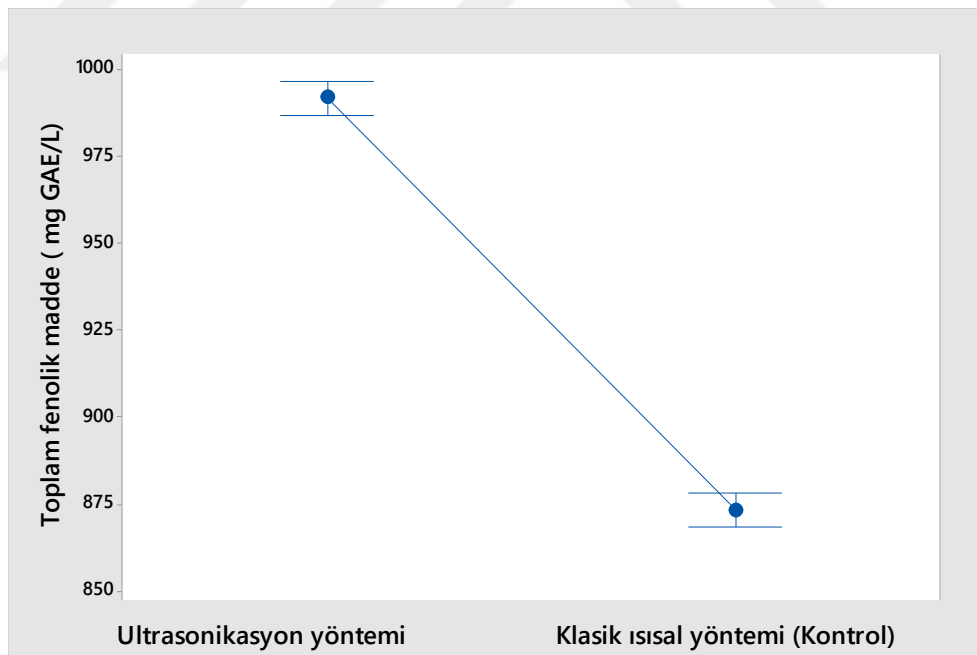
Tablo 3.35. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemleri ile elde edilen toplam fenolik madde miktarı analiz sonuçları

Yöntemler	TFM (mg GAE/L)
Ultrasonikasyon yöntemi	991.69±3.8 ^a
Klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu)	873.14±3.9 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak fark önemlidir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p < 0.05$). ± standart sapma.



Şekil 3.15. Soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemlerinin toplam fenolik madde değeri grafiği



Şekil 3.16. Ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemlerinin toplam fenolik madde değeri grafiği

3.1.2.6. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Briks Değerleri Bulguları

Taguchi L16(4²) optimizasyon yöntemi kullanılarak klasik ısısal yönteminde 40 °C’de 50 dk optimum nokta olarak tespit edilmiştir. Kırmızı pancardan klasik ısısal, ultrasonikasyon ve soğuk presyon olmak üzere üç farklı ekstraksiyon yöntemlerinin briks değerleri üzerine etkisi incelenmiştir. Optimum şartlarda klasik ısısal yöntemi (kontrol grubu) ile elde edilen ekstraktların briks değerleri % 4.6, soğuk presyon yöntemi ile ekstrakte edilen renk maddelerin briks değerleri % 10.3 olarak bulunmuştur. Örneklerin briks değerlerine göre soğuk presyon yönteminin ısısal işleme göre daha etkili olduğu gözlenmiştir (Tablo 3.36). Ayrıca veriler arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0.05$).

40 °C sıcaklık ve 50 dk süre kapsamında kontrol grubu ve aynı şartlar altında ultrasonikasyon yöntemi ile yapılan ekstraksiyonun etkinliğinin belirlenebilmesi için briks analizi sonuçları göz önüne alınarak kıyaslama yapılmıştır. Tablo 3.37’de görüldüğü üzere belirlenen şartlarda kontrol grubunda briks değeri % 3.8 ve ultrasonikasyon yöntemi ile en yüksek briks değeri % 4.0 bulunmasıyla birlikte, ultrasonikasyon yönteminin kontrol yöntemine göre daha verimli olduğu ve sonuçlar arasındaki istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 3.36. Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen briks değerlerine ait analiz sonuçları

Yöntemler	Briks (%)
Soğuk presyon yöntemi	10.3±0.05 ^a
Klasik ısısal yöntemi	4.6±0.05 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu göstermektedir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p < 0.05$). ± standart sapma

Tablo 3.37. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen briks değerlerine ait analiz sonuçları

Yöntemler	Briks (%)
Ultrasonikasyon yöntemi	4.0±0.05 ^a
Klasik ısısal yöntemi	3.8±0.04 ^b

Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olduğunu göstermektedir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p < 0.05$). ± standart sapma

3.1.2.7. Kırmızı Pancardan Klasik Isısal, Ultrasonikasyon ve Soğuk Presyon Yöntemleri ile Elde Edilen Renk Değerleri Bulguları

Kırmızı pancardan klasik ısısal, ultrasonikasyon ve soğuk presyon yöntemlerinin renk (L^* , a^* , b^*) değerleri üzerine etkisi incelenmiştir. Tablo 3.38’de görüldüğü üzere üç farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen renk maddelerinin L^* , a^* ve b^* renk yanıtlarından yararlanarak a^* renk ölçüm değerleri için en büyük en iyidir, b^* ve L^* değerleri için ise en düşük değer en iyidir kalite parametresi kullanılarak yöntemlerin etkisi belirlenmiştir.

Kırmızı pancardan optimum koşullar altında klasik ısısal yöntemi ile elde edilen ekstraktların L^* (22.72), a^* (45.60) ve b^* (-1.2) değerleri, soğuk presyon yöntemi ile elde edilen pancar ekstraktlarının L^* (22.85), a^* (65.91) ve b^* (-1.4) değerleri ile karşılaştırıldığında, a^* değeri soğuk presyon yönteminde ısısal işleme kıyasla daha büyük olduğu gözlenmiştir.

Tablo 3.34’te bakıldığında örneklerin L^* koyuluk-parlaklık ve b^* mavilik-sarılık değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önem arz etmezken, örneklerin a^* değeri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farkın ($p < 0.05$ bulunduğu gözlenmiştir.

Ayrıca kırmızı pancardan optimum noktada kontrol grubu ve ultrasonikasyon olmak üzere iki farklı yöntem uygulanarak yapılan ekstraksiyonun etkinliğinin belirlenebilmesi için a^* değeri dikkate alınmış ve en büyük a^* değeri veren proses en etkili proses olarak kabul edilmiştir. Tablo 3.35’te görüldüğü üzere 40 °C sıcaklık ve 50 dk süre kapsamında ultrasonikasyon yönteminin L^* değeri 22.52, a^* değeri 51.67, b^* değeri 1.56 bulunurken,

kontrol yönteminin L^* değeri 22.86, a^* değeri 48.58 ve b^* değeri ise 1.56 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla ultrasonikasyon yönteminin a^* değeri daha etkili yüksek olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0.05$).

Tablo 3.38. Kırmızı pancardan klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen briks ve renk değerlerine ait analiz sonuçları

Yöntemler	Renk		
	L^*	a^*	b^*
Soğuk presyon yöntemi	22.85±0.03 ^b	65.91±0.07 ^a	-1.4±0.04 ^b
Klasik ısısal yöntemi	22.72±0.40 ^a	45.60±0.06 ^b	-1.2±0.04 ^a

L^* ve b^* değer en düşük olan in iyidir a^* değerinde ise in büyük olan en iyidir. Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığını göstermektedir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p < 0.05$). ± standart sapma.

Tablo 3.39. Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemleri ile elde edilen renk değerlerine ait analiz sonuçları

Yöntemler	Renk		
	L^*	a^*	b^*
Ultrasonikasyon yöntemi	22.52±0.12 ^a	51.67±0.05 ^a	1.56±0.04 ^b
Klasik ısısal (kontrol grubu)	22.86±0.04 ^b	48.58±0.07 ^a	1.56±0.04 ^b

L^* ve b^* değerleri en düşük olan in iyidir a^* değerinde ise in büyük olan en iyidir. Aynı sütundaki farklı yöntemlerin ekstraksiyon sonuçları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığını göstermektedir ve bu farklar küçük harfler ile belirtilmektedir ($p < 0.05$). ± standart sapma.

3.1.3. Liyofilizatör ile Kurutma Optimizasyonu Bulguları

Kırmızı pancardan elde edilen ekstraksiyon şartlarının optimize edilmesinin ardından aynı şartlarda ekstraktlar alınarak liyofilize edilmiştir. Pancarda bulunan bileşikler çevresel faktörlerden etkilenen bileşiklerdir. Bu nedenle kırmızı pancardan soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile elde edilen ekstraktlara kaplama maddesi kullanılarak liyofilizatör ile toz hale getirilmiştir. Ekstraktlara kaplama maddesi olarak %5 maltodekstrin MD (DE 10) ve %5 mısır nişastası eklenerek homejenize edilip liyofilizatör

ile toz forma dönüştürülmüştür. Elde edilen ürünlerin analizleri yapılarına kadar +4 °C' de muhafaza edilmiştir.

3.1.3.1. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Betasiyanin Bulguları Değeri

Kırmızı pancardan daha kaliteli doğal gıda renklendiricisi üretmek amacıyla klasik ısısal, ultrasonikasyon ve soğuk presyon yöntemleri ile ekstrakte edilen renk maddelerinin enkapsülasyonda kaplama maddesi olarak % 5 maltodekstrin ve % 5 mısır nişastası kullanılarak liyofilizatör ile toz hale getirilmiştir. Kaplama madde kullanılarak üretilen renk maddelerinin optimizasyonu için betasiyanin içerikleri göz önüne alınarak karşılaştırma yapılmıştır (Tablo 3.40 ve Tablo 3.41).

Tablo 3.40'te görülen bulgulara göre en yüksek betasiyanin değeri soğuk presyon yöntemi ve kaplama maddesi olarak da % 5 mısır nişastası kullanarak (3866 ± 25.2 mg/L) elde edilirken en düşük betasiyanin değeri ise klasik ısısal yöntemiyle ve enkapsülasyonu için % 5 maltodekstrin kullanılarak (1955.25 ± 7.1 mg/L) bulunmuştur. Elde edilen analiz sonuçları, Tukey çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (Şekil 3.17). Sonuçlar arasındaki interaksiyonlar istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

Klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile ekstrakte edilen renk maddelerinin enkapsülasyonu için % 5 maltodekstrin ve % 5 mısır nişastası kullanılarak kurutulan örneklerin betasiyanin değerleri kıyaslandığında ise en yüksek betasiyanin değerleri ultrasonikasyon yöntemi ve kaplama maddesi olarak da % 5 mısır nişastası kullanarak 3619 ± 14 mg/L elde edilirken en düşük betasiyanin değerleri kontrol örneğinde ve kaplama maddesi olarak da % 5 maltodekstrin ilavesiyle 2041.8 ± 6.9 mg/L olduğu gözlenmiştir (Tablo 3.41). Şekil 3.18'de görüldüğü üzere analiz sonuçları, tukey çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır ve bulgular arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 3.40. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin betasiyanin analiz sonuçları

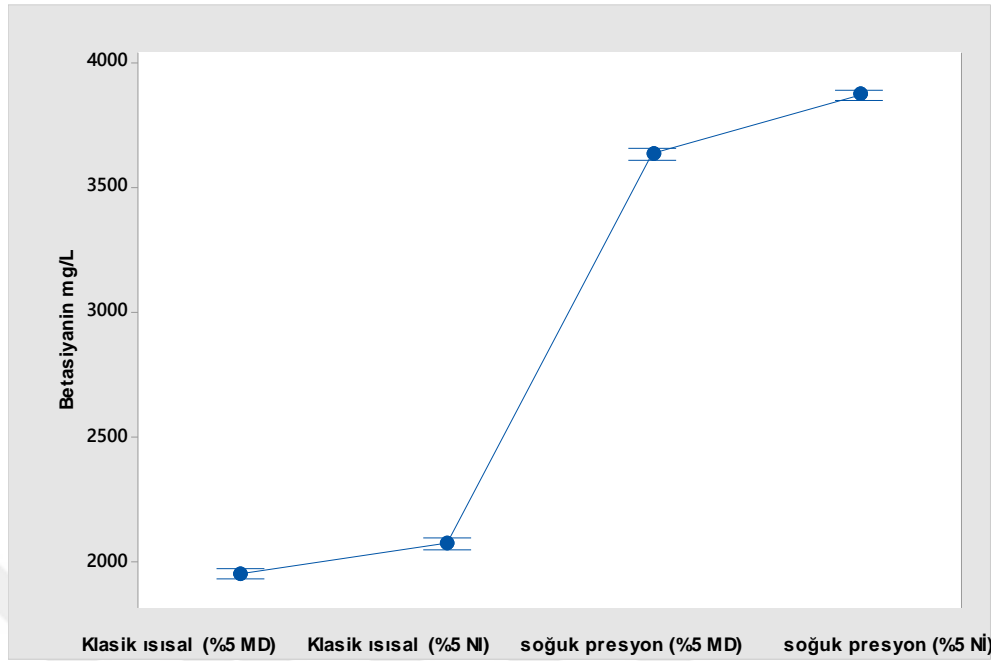
Yöntemler	Betasiyanin (mg/L)
Soğuk presyon yöntemi (%5 MD)	3630±28.9 ^b
Soğuk presyon yöntemi (%5 Nİ)	3866±25.2 ^a
Klasik ısısal yöntemi (%5 MD)	1955.25±7.1 ^d
Klasik ısısal yöntemi (%5 Nİ)	2076.3±10.5 ^c

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.

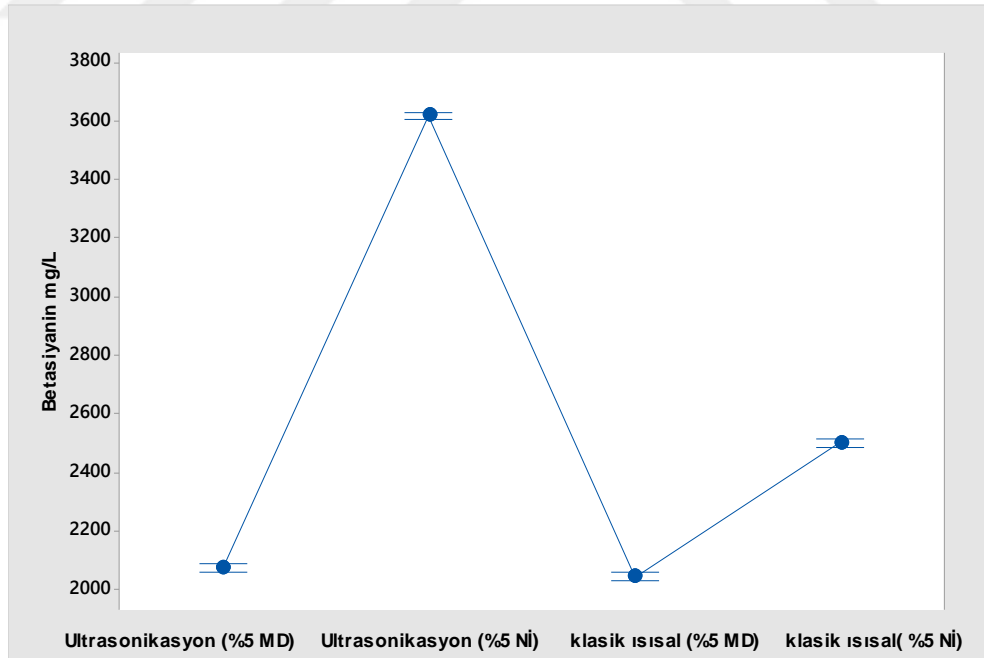
Tablo 3.41. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin betasiyanin analiz sonuçları

Yöntemler	Betasiyanin (mg/L)
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 MD)	2073.5±7.7 ^c
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 Nİ)	3619.0±14.0 ^a
Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	2041.8±6.9 ^d
Klasik ısısal yöntemi (% 5 Nİ)	2500.6±6.0 ^b

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, MD: Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.



Şekil 3.17. Liyofilize edilen renk maddelerinin betasiyanin değeri grafiği



Şekil 3.18. Liyofilize edilen renk maddelerinin betasiyanin değeri grafiği

3.1.3.2. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Betaksantin Bulguları

Kırmızı pancardan optimum şartlarda altında üç farklı ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen örneklere kaplama maddesi olarak % 5 maltodekstrin ve % 5 mısır nişastası eklenerek liyofilizasyon yöntemi ile kurutulmuştur. Tablo 3.42 ve Tablo 3.43'te görüldüğü üzere elde edilen toz renk maddelerinin betaksantin içerikleri karşılaştırılmıştır. Tablo 3.42'e göre soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemleri ile ekstrakte edilen ve enkapsülasyonu için % 5 maltodekstrin ve % 5 mısır nişastası eklenerek liyofilize edilen ürünlerin betaksantin değerleri incelenmiştir. Şekil 3.19'de görüldüğü üzere maksimum betaksantin değeri soğuk presyon yöntemi ve kaplama maddesi olarak da % 5 mısır nişastası kullanılarak 3814.7 ± 16.9 mg/L betaksantin değeri elde edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları, tukey çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırıldığında sonuçlar arasında önemli fark olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

Tablo 3.43'de görüldüğü üzere klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile ekstrakte edilen ve kaplama maddesi olarak % 5 maltodekstrin ve % 5 mısır nişastası eklenerek liyofilize edilen ürünlerin betaksantin miktarı kıyaslandığında maksimum betaksantin değerleri ultrasonikasyon yöntemi ve kaplama maddesi olarak da % 5 mısır nişastası eklenerek betaksantin değeri 2387 ± 13.2 mg/L şeklinde elde edilirken en düşük değer ise klasik ısısal yöntemi ve %5 mısır nişastası kullanılarak betaksantin miktarı 2060 ± 12.9 mg/L olarak bulunmuştur. Ayrıca kurutulan toz renk maddelerinin analiz sonuçları arasında önemli fark ($p < 0.05$) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.20).

Tablo 3.42. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin betaksantin analiz sonuçları

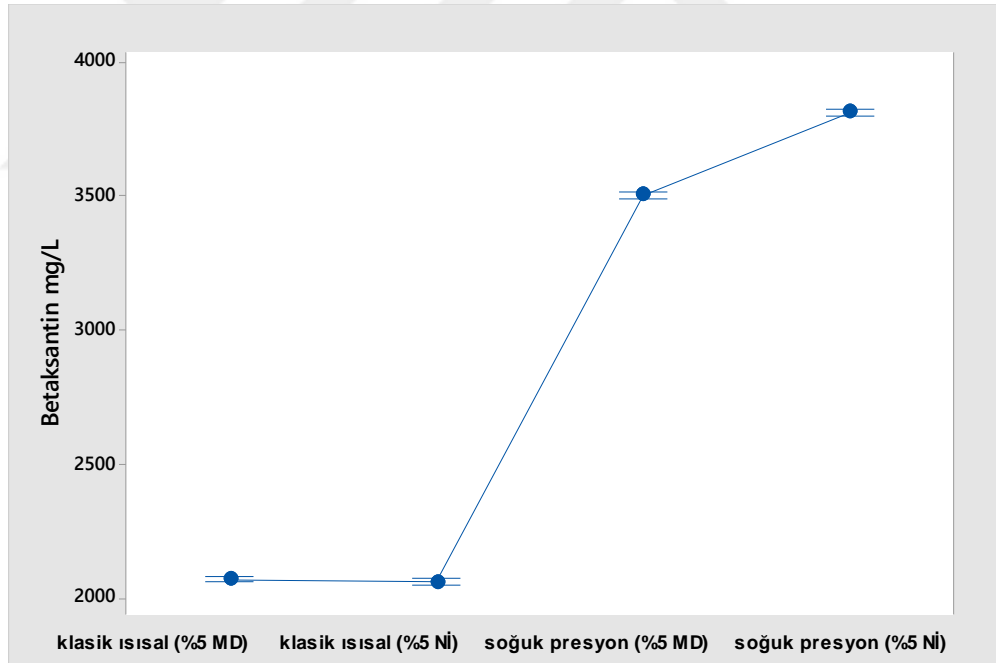
Yöntemler	Betaksantin (mg/L)
Soğuk presyon yöntemi (% 5 MD)	3505.1 ± 8^b
Soğuk presyon yöntemi (% 5 Nİ)	3814.7 ± 16.9^a
Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	2070.3 ± 6.5^c
Klasik ısısal yöntemi (% 5 Nİ)	2060 ± 12.9^c

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). \pm , standart sapma, MD: Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.

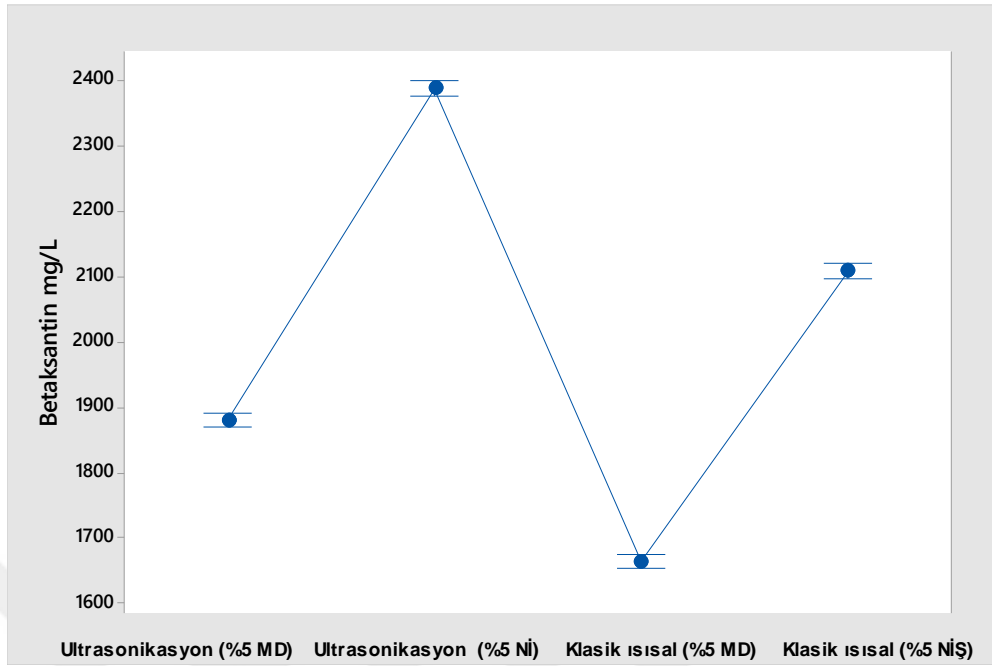
Tablo 3.43. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin betaksantin analiz sonuçları

Yöntemler	Betaksantin (mg/L)
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 MD)	1880.7±11.5 ^c
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 Nİ)	2387±13.2 ^a
Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	1665.1±8 ^d
Klasik ısısal yöntemi (% 5 Nİ)	2108.5±7.7 ^b

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, MD: Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.



Şekil 3.19. Liyofilize edilen renk maddelerinin betaksantin değeri grafiği



Şekil 3.20. Liyofilize edilen renk maddelerinin betaksantin değeri grafiği

3.1.3.3. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Toplam Betalain Bulguları

Bu çalışmada kırmızı pancardan doğal gıda renklendiricisi üretmek amacıyla taguchi matematiksel modelleme yöntemiyle optimize edilen şartlar altında soğuk presyon, ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemleri uygulanarak ekstraksiyon prosesi gerçekleştirmiştir. Şekil 3.21’de görüldüğü üzere farklı ekstraksiyon yöntemleri kapsamında alınan örneklerin enkapsülasyonu için % 5 maltodekstrin ve % 5 mısır nişastası kullanarak liyofilizasyon yöntemi ile kurutulmuş ürünlerin betalain içerikleri incelenmiştir. Soğuk presyon yöntemi uygulanarak ekstrakte edilen renk maddelerin enkapsülasyonunda maltodekstrin ve mısır nişastası kullanılarak üretilen toz renk maddelerin toplam betalain miktarı sırayla 7135.1mg/L, 7680.8 mg/L aralığında bulunmuştur. Klasik ısısal yöntemleri ile ekstrakte edilen renk maddelerin enkapsülasyonunda maltodekstrin ve mısır nişastası kullanılarak elde edilen renklendiricilerin betalain miktarı ise 4018.99 mg/L, 4132.1 mg/L olarak bulunmuştur. Bu iki farklı yöntem ve kaplama maddesi kapsamında üretilen toz renk maddelerin betalain değerleri kıyaslandığında sonuçlar arasında anlamlı bir fark ($p < 0.05$) olmasıyla birlikte en yüksek betalain miktarı soğuk presyon yöntemi ve kaplama maddesi olarak da % 5 mısır nişastası kullanılarak betalain değeri 7680.8 ± 42.05 mg/L elde edilmiştir (Tablo 3.44).

Tablo 3.45’de görüldüğü üzere kırmızı pancarda optimum şartlar kapsamında klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile elde edilen örneklerin enkapsülasyonu için % 5 maltodekstrin ve % 5 mısır nişastası eklenerek liyofilizasyon yöntemi ile kurutulmuştur. Üretilen doğal gıda renklendiricilerin betalain içerikleri kıyaslandığında maksimum betalain değeri ultrasonikasyon yöntemi ve kaplama materyali olarak da % 5 mısır nişastası eklenerek $6006.0 \pm 26.91 \text{ mg/L}$ olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.22). Ayrıca analiz sonuçları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 3.44. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin toplam betalain analiz sonuçları

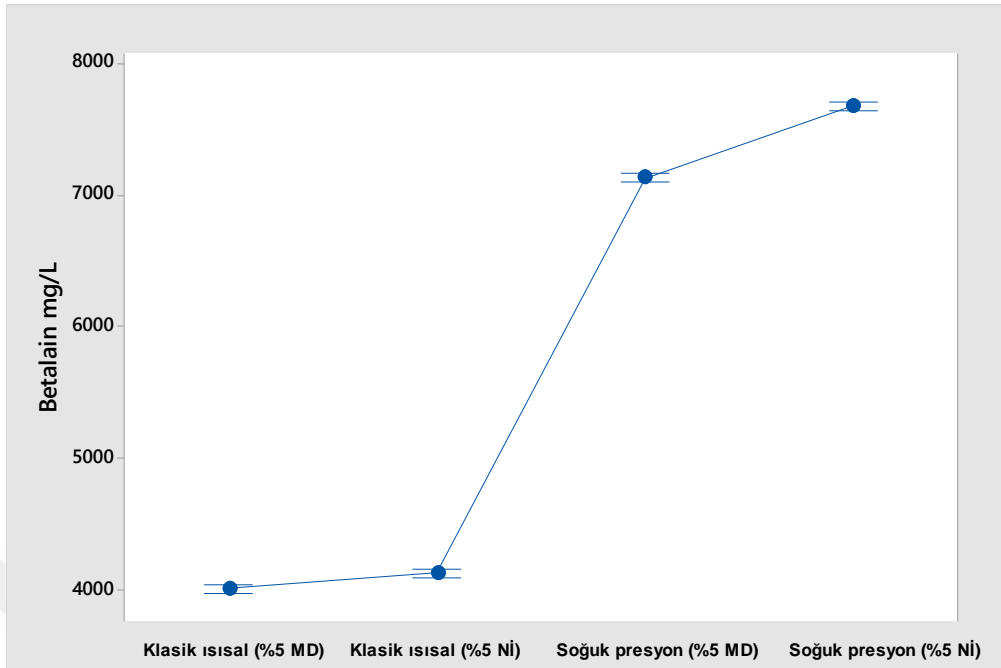
Yöntemler	Toplam Betalain (mg/L)
Soğuk presyon yöntemi (% 5 MD)	7135.1 ± 36.02^b
Soğuk presyon yöntemi (% 5 Nİ)	7680.8 ± 42.05^a
Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	4018.99 ± 4.36^d
Klasik ısısal yöntemi (% 5 Nİ)	4132.1 ± 23.08^c

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). \pm , standart sapma, MD: Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.

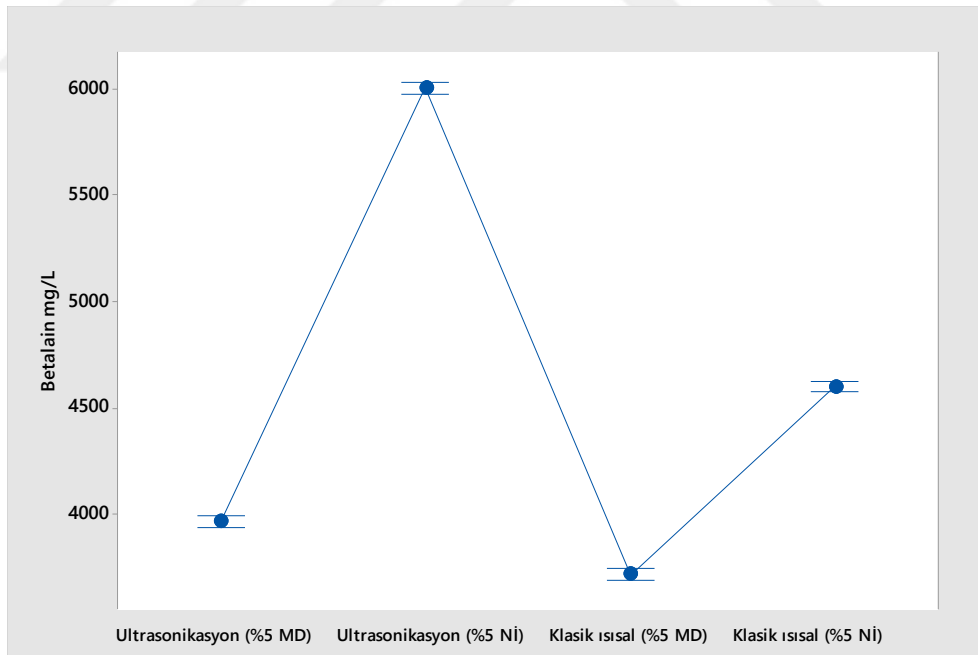
Tablo 3.45. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin toplam betalain analiz sonuçları

Yöntemler	Toplam Betalain (mg/L)
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 MD)	3968.0 ± 22.00^c
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 Nİ)	6006.0 ± 26.91^a
Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	3719.38 ± 15.6^d
Klasik ısısal yöntemi (% 5 Nİ)	4601.8 ± 30.20^b

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). \pm , standart sapma, MD: Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.



Şekil 3.21. Liyofilize edilen renk maddelerinin *betalain* değeri grafiği



Şekil 3.22. Liyofilize edilen renk maddelerinin *betalain* değeri grafiği

3.1.3.4. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin DPPH Analiz Bulguları

Tablo 3.46 ve Tablo 3.47’de görüldüğü üzere kırmızı pancardan yüksek antioksidan içeriğine sahip doğal gıda boyası üretmek amacıyla optimum şartlar kapsamında soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile ekstrakte edilen renk maddelerinin enkapsülasyonu için %5 maltodekstrin ve %5 mısır nişastası kullanılarak liyofilizasyon yöntemi ile kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Bu çalışma kapsamında üretilen gıda renklendiricilerin antioksidan kapasitesi üzerine farklı ekstraksiyon yöntemleri ve kaplama materyallerin etkisi incelenmiştir. Tablo 3.46 ve Şekil 3.23’e göre soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemleri ile üretilen gıda boyalarının antioksidan değerleri tukey çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırıldığında, maksimum antioksidan kapasitesi soğuk presyon yöntemi ve kaplama maddesi olarak da maltodekstrin kullanılarak elde edilen örneklerin antioksidan aktivitesi 110488.5 ± 642.6 mg trolox /L olarak bulunmuştur. Elde edilen analiz sonuçları arasındaki interaksiyonlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 3.47’de görüldüğü üzere klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile elde edilen ekstraktaların enkapsülasyonu için %5 maltodekstrin ve %5 mısır nişastası eklenerek liyofilize edilmiştir. İki farklı ekstraksiyon yöntemi ve farklı kaplama materyali kullanılarak üretilen doğal gıda boyalarının antioksidan kapasitesi kıyaslandığında en yüksek antioksidan kapasitesi ultrasonikasyon yöntemi ve kaplama maddesi olarak MD eklenerek elde edilen örneklerde 18225.7 ± 661.2 mg trolox/L seviyesinde elde edilmiştir (Şekil 3.24). Sonuçlar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$).

Tablo 3.46. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin antioksidan analiz sonuçları

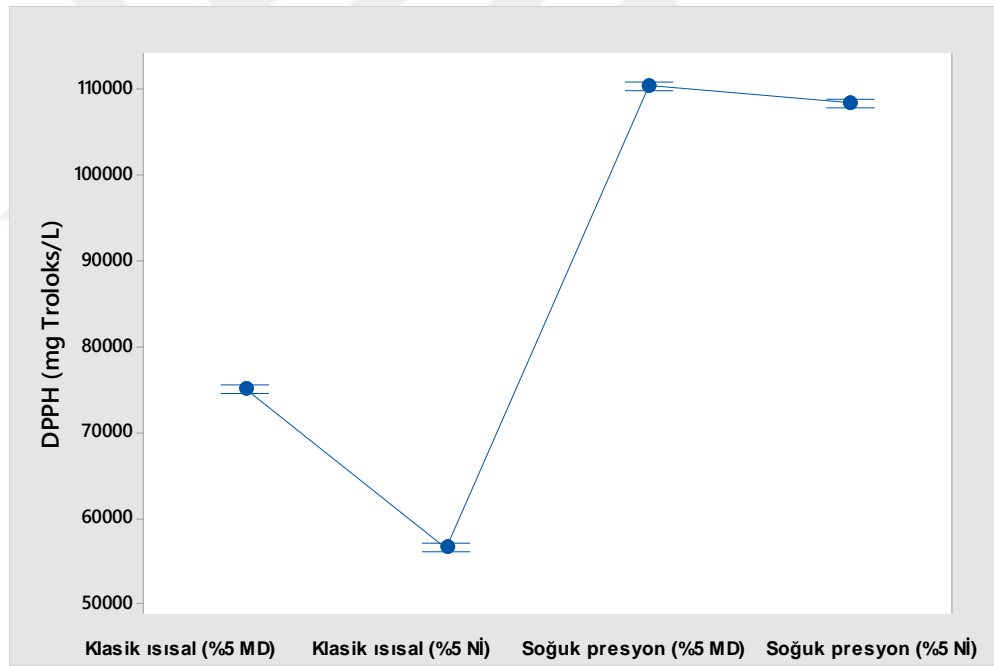
Yöntemler	DPPH (mg trolox eşdeğer/L)
Soğuk presyon yöntemi (% 5MD)	110488.5 ± 642.6^a
Soğuk presyon yöntemi (% 5Nİ)	108474.7 ± 335.6^b
Klasik ısısal yöntemi (% 5MD)	75053 ± 328.0^c
Klasik ısısal yöntemi (% 5Nİ)	56526.3 ± 328.8^d

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). \pm , standart sapma, MD: Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.

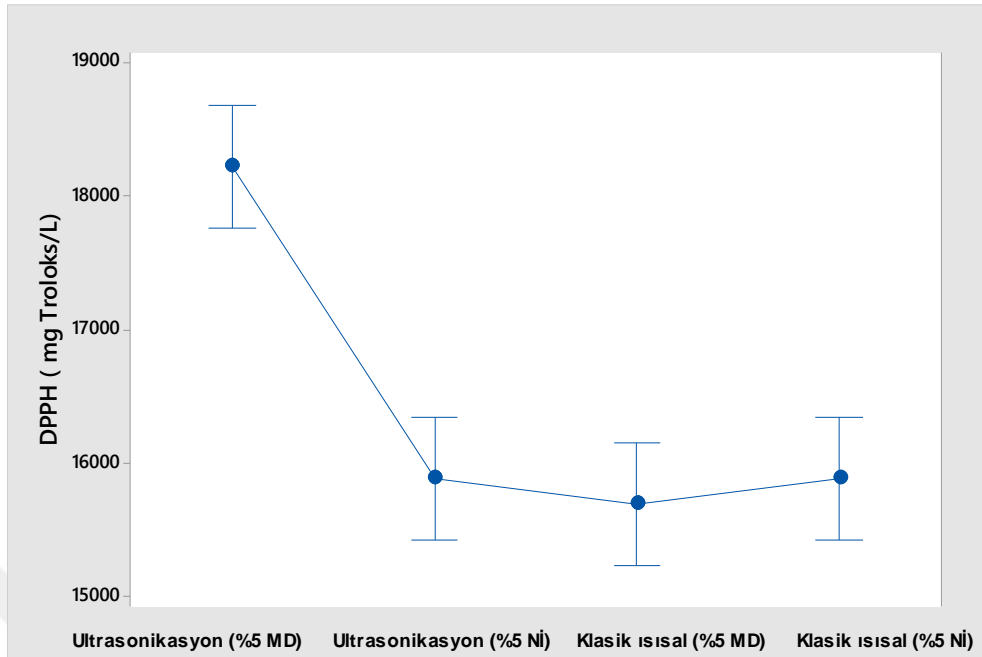
Tablo 3.47. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin antioksidan analiz sonuçları

Yöntemler	DPPH (mg trolox /L)
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 MD)	18225.7±661.2 ^a
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 Nİ)	15883.1±120.4 ^b
Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	15691.1±359.9 ^b
Klasik ısısal yöntemi (% 5 Nİ)	15822.9±310.9 ^b

Aynı sütündeki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, MD: Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.



Şekil 3.23. Liyofilize edilen renk maddelerinin antioksidan değeri grafiği



Şekil 3.24. Liyofilize edilen renk maddelerinin antioksidan değeri grafiği

3.1.3.5. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Toplam Fenolik Madde Analiz Bulguları

Optimum noktada soğuk presyon, ultrasonikasyon ve kontrol yöntemleri ile kırmızı pancardan ekstrakte edilen toplam fenolik maddelerinin enkapsülasyonu için en uygun kaplama maddesi olarak maltodekstrin ve mısır nişastası kullanılarak liyofilizasyon yöntemi ile kurutulmuştur. Üretilen toz örneklerinin toplam fenolik madde analizi yapılarak elde edilen veriler Tablo 3.48 ve Tablo 3.49’de gösterilmiştir.

Tablo 3.48’de görüldüğü üzere soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemleri ile elde edilen örneklere % 5 maltodekstrin ve % 5 mısır nişastası ekleyerek liyofilize edilen ürünlerin toplam fenolik madde değerleri kıyaslandığında maksimum fenolik madde değerleri soğuk presyon yöntemi ve kaplama maddesi olarak da % 5 mısır nişastası kullanılarak elde edilen örneklerde 842.78 ± 97.9 mg GAE/L seviyesinde tespit edilmiştir ve elde edilen veriler arasında önemli fark gözlenmiştir (Şekil 3.25) ($p < 0.05$).

Tablo 3.49’de görüldüğü üzere kırmızı pancardan klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri uygulanarak maltodekstrin ve mısır nişastası ile enkapsüle edilen toz örneklerin toplam fenolik madde değerleri incelenmiştir. Şekil 3.26’de görüldüğü üzere en yüksek fenolik madde değeri klasik ısısal yöntemi ve kaplama maddesi olarak da mısır

nişastası eklenerek kurutulan örneklerde toplam fenolik madde değeri 13577.5±42.9 mg GAE/L ve en düşük toplam fenolik madde değeri klasik ısısal yönteminde kaplama maddesi olarak maltodekstrin eklenerek 8693.8±41.8 mg GAE/L olarak bulunmuştur. Farklı yöntemler ve kaplama materyaller kullanarak elde edilen sonuçlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$).

Tablo 3.48. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin TFM analiz sonuçları

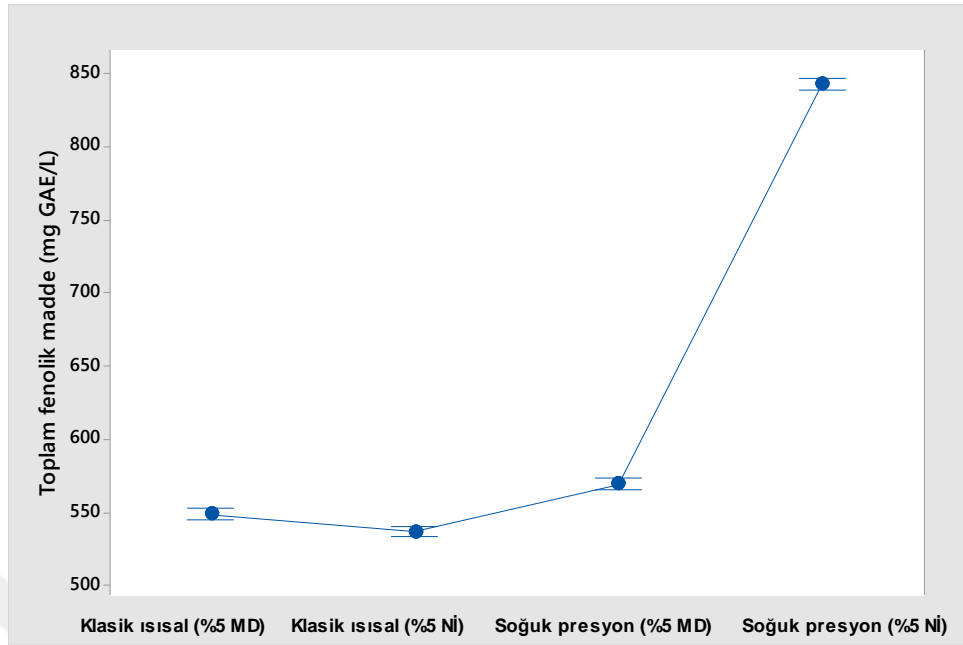
Yöntemler	TFM (mg GAE/L)
Soğuk presyon yöntemi (% 5 MD)	569.06±42.9 ^b
Soğuk presyon yöntemi (% 5 Nİ)	842.78±97.9 ^a
Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	548.26±54.3 ^c
Klasik ısısal yöntemi (% 5 Nİ)	536.61±81.5 ^d

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, MD: Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası

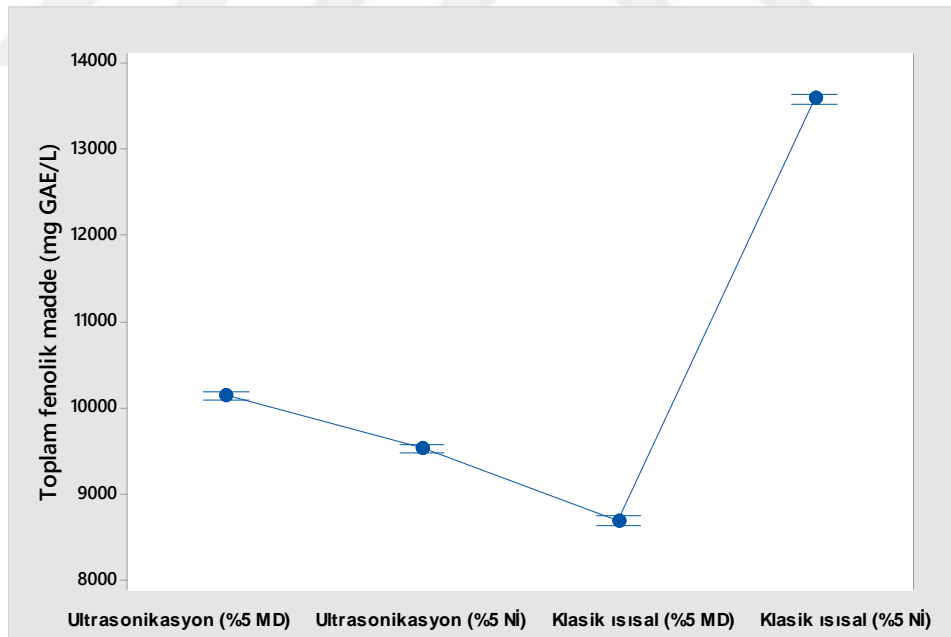
Tablo 3.49. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin TFM analiz sonuçları

Yöntemler	TFM (mg GAE/L)
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 MD)	10141.5±49.9 ^b
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 Nİ)	9528.7±57.2 ^c
Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	8693.8±41.8 ^d
Klasik ısısal yöntemi (% 5 Nİ)	13577.5±42.9 ^a

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası



Şekil 3.25. Liyofilize edilen renklerin TFM değeri grafiği



Şekil 3.26. Liyofilize edilen renklerin TFM değeri grafiği

3.1.3.6. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Renk Analiz Bulguları

Bu çalışmada kırmızı pancardan optimum şartlar altında üç farklı ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen renk maddelerinin enkapsülasyonu için maltodekstrin ve mısır nişastası kullanılarak liyofilizasyon yöntemine tabi tutulmuştur. Çalışma sonucunda üretilen doğal gıda renklendiricilerin L^* , a^* ve b^* renk değerleri incelenmiştir. Renk üretiminde a^* değerinin yüksek L^* ve b^* değerlerinin düşük olması beklenmektedir.

Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemleri kapsamında elde edilen ekstraktların enkapsülasyon sonucu elde edilen örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri incelendiğinde, sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark ($p < 0.05$) olup, soğuk presyon yöntem ile ekstrakte edilen renk maddelerin enkapsülasyonunda maltodekstrin kullanılarak elde edilen toz örneklerin renk değerleri daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.50). Ayrıca klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile ekstrakte edilen renk maddelerin enkapsülasyonunda maltodekstrin ve mısır nişastası kullanılarak üretilen toz örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir ($p > 0.05$).

Tablo 3.50. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin renk değerlerinin analiz sonuçları

Yöntemler	Renk Değerleri		
	L^*	a^*	b^*
Soğuk presyon yöntemi (% 5 MD)	37.26±2.35 ^a	26.08±1.16 ^a	-0.28±1.28 ^b
Soğuk presyon yöntemi (% 5 Nİ)	44.07±3.23 ^b	22.13±5.89 ^b	-0.76±2.19 ^b
Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	52.88±0.59 ^b	25.71±0.41 ^a	-2.79±0.12 ^a
Klasik ısısal yöntemi (% 5 Nİ)	43.65±2.35 ^b	24.35±0.26 ^b	-1.11±0.38 ^b

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını ifade etmektedir ($p > 0.05$) ($p < 0.05$). ±, standart sapma, Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası

Tablo 3.51. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin renk değeri analiz sonuçları

Yöntemler	Renk değerleri		
	L^*	a^*	b^*
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 MD)	88.23±0.17 ^b	27.48±0.66 ^a	0.43±0.06 ^b
Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 Nİ)	88.13±0.07 ^b	26.25±0.53 ^a	0.46±0.04 ^b
Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	88.04±0.17 ^b	26.22±0.45 ^a	0.71±0.04 ^a
Klasik ısısal yöntemi (% 5 Nİ)	88.15±0.02 ^b	26.14±0.01 ^a	0.55±0.04 ^b

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını ifade etmektedir ($p > 0.05$) ($p < 0.05$). ±, standart sapma, Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası

3.1.3.7. Liyofilize Edilen Renk Maddelerin Kuru Madde, Çözünürlük, Higroskopisite ve Islatılabilirlik Analiz Bulguları

Bu bölümde, kırmızı pancardan optimum noktada üç farklı ekstraksiyon yöntem uygulanarak ekstrakte edilen örnekler maltodekstrin ve mısır nişastası eklenerek enkapsülasyon yöntemi gerçekleştirilmiştir. Enkapsüle edilen toz ürünlerin kuru madde, çözünürlük, higroskopisite ve ıslanabilirlik özellikleri incelenmiştir. Toz analizlerinin sonuçları Tablo 3.52., 3.53., 3.54., 3.55.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.52. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin kuru madde ve çözünürlük analiz sonuçları

Yöntemler	Kuru Madde	Çözünürlük
	(%)	(%)
Soğuk presyon yöntemi (% 5 MD)	97.82±0.9 ^{ab}	48.7542±0.01 ^d
Soğuk presyon yöntemi (% 5 Nİ)	97.11±0.2 ^b	58.9066±0.01 ^b
Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	98.45±0.5 ^a	51.8692±0.04 ^c
Klasik ısısal yöntemi (% 5 Nİ)	97.78±0.1 ^{ab}	80.3127±0.04 ^a

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası

Tablo 3.53. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renk maddelerinin kuru madde ve çözünürlük analiz sonuçları

Yöntemler	Kuru Madde	Çözünürlük
	(%)	(%)
1- Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 MD)	96.95±0.2 ^b	51.5415±0.08 ^b
2- Ultrasonikasyon yöntemi (% 5 Nİ)	98.33±0.1 ^a	80.8893±0.05 ^a
3- Klasik ısısal yöntemi (% 5 MD)	97.59±0.0 ^a	51.8692±0.04 ^b
4- Klasik ısısal yöntemi (%5 Nİ)	97.79±0.1 ^a	80.3127±0.04 ^a

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.

Tablo 3.54. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin higroskopisite ve ıslatılabilirlik analiz sonuçları

Yöntemler	Higroskopisite	Islatılabilirlik
	(%)	(Saniye)
1- Soğuk presyon yöntemi (%5 MD)	18.71± 0.03 ^c	69.05±0.064 ^c
2- Soğuk presyon yöntemi (%5 Nİ)	18.18±0.04 ^c	22.25±0.081 ^a
3- Klasik ısısal yöntemi (%5 MD)	16.31± 0.08 ^b	95.32±0.029 ^d
4- Klasik ısısal yöntemi (%5 Nİ)	14.40± 0.11 ^a	43.72±0.012 ^b

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.

Tablo 3.55. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin higroskopisite ve Islatılabilirlik analiz sonuçları

Yöntemler	Higroskopisite	Islatılabilirlik
	(%)	(Saniye)
1- Ultrasonikasyon yöntemi (%5 MD)	16.79±0.04 ^b	101.52±0.051 ^b
2- Ultrasonikasyon yöntemi (%5 Nİ)	14.23±0.02 ^a	139.31±0.021 ^c
3- Klasik ısısal yöntemi (%5 MD)	16.33± 0.02 ^b	68.15±0.051 ^a
4- Klasik ısısal yöntemi (%5 Nİ)	14.44± 0.06 ^a	160.18±0.031 ^d

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.

3.1.3.8. Liyofilize Edilen Renk Maddelerinin Yığın Yoğunluk, Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluk ve Carr İndeks Analiz Bulguları

Bu çalışma kapsamında kırmızı pancardan optimum noktada üç farklı ekstraksiyon yöntemi ile elde edilen ekstraktlara %5 maltodekstrin ve %5 mısır nişastası kullanılarak enkapsüle edilen toz renk maddelerinin yığın yoğunluk, sıkıştırılmış yığın yoğunluk ve carr indeks özellikleri incelenmiştir. Analiz sonuçları tukey çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Toz renk maddelerin analiz sonuçları Tablo 3.56 ve 3.57’de yer almaktadır.

Tablo 3.56. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve carr indeks analiz sonuçları

Yöntemler	Yığın	Sıkış. Yığın	Carr
	Yoğ. (g/ml)	(g/ml)	İndeks (g/ml)
1- Soğuk presyon yöntemi (%5 MD)	0.56±0.00 ^a	0.77±0.006 ^a	27.02±1.61 ^a
2- Soğuk presyon yöntemi (%5 Nİ)	0.48±0.01 ^b	0.77±0.018 ^a	37.15±0.66 ^b
3- Klasik ısısal yöntemi (%5 MD)	0.50±0.00 ^b	0.71± 0,00 ^b	30.00± 0,00 ^a
4- Klasik ısısal yöntemi(%5 Nİ)	0.42±0.00 ^c	0.66±0.004 ^c	37.03±0.92 ^b

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.

Tablo 3.57. Liyofilizatör ile toz forma dönüştürülen renklerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve carr indeks analiz sonuçları

Yöntemler	Yığın Yoğ. (g/ml)	Sıkış. Yığın. (g/ml)	Carr İndeks (g/ml)
1-Ultrasonikasyon yöntemi (%5 MD)	0.55±0.02 ^b	0.82±0.02 ^a	29.63±4.08 ^a
2-Ultrasonikasyon yöntemi (%5 Nİ)	0.62±0.03 ^a	0.82±0.01 ^a	24.93±3.85 ^a
3-Klasik ısısal yöntemi (%5 MD)	0.50±0.00 ^b	0.70± 0,01 ^b	28.64±1.24 ^a
4-Klasik ısısal yöntemi (%5 Nİ)	0.62±0.00 ^a	0.66±0.00 ^b	24.92±0.15 ^a

Aynı sütundaki küçük harfler ile belirtilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ifade etmektedir ($p < 0.05$). ±, standart sapma, Maltodekstrin (DE 10), Nİ: Mısır Nişastası.

3.1.3.9. Liyofilize Edilen Renk Maddelerin Görüntüleri

Bu tez çalışmasında farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak ekstrakre edilen örneklere kaplama maddesi olarak maltodekstrin ve mısır nişastası eklenerek enkapsülasyon sonucu üretilen toz renklendiricilerin görüntüleri Şekil 3.24 ve Şekil 3.27, 3.28 ve 3.29' de verilmiştir.



a- Klasik ısısal yöntem ile ekstrakte edilen örnekler kaplama maddesi olarak maltodekstrin eklenerek enkapsüle edilen toz ürünler



b- Klasik ısısal yöntem ile ekstrakte edilen örnekler kaplama maddesi olarak mısır nişastası eklenerek enkapsüle edilen toz ürünler



c- Soğuk presyon yöntem ile ekstrakte edilen örnekler kaplama maddesi olarak maltodekstrin eklenerek enkapsüle edilen toz ürünler



d- Soğuk presyon yöntem ile ekstrakte edilen örnekler kaplama maddesi olarak mısır nişastası eklenerek enkapsüle edilen toz ürünler



e-Ultrasonikasyon yöntem ile ekstrakte edilen örneklere maltodekstrin eklenerek enkapsülasyonu

f- Ultrasonikasyon yöntem ile ekstrakte edilen örneklere mısır nişastası eklenerek enkapsülasyonu

Şekil 3.27. a,b,c,d,e,f Liyofilizatör ile kurutulan toz ürünler

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma ve Sonuç

4.1.1. Kırmızı Pancar Ekstraktlarından Elde Edilen Renk Maddelerinin Betasiyanin, Betaksantin ve Toplam Betalain Değerleri

Bu tez çalışması kapsamında kırmızı pancardan doğal gıda renklendiricisi üretmek amacıyla soğuk presyon, ultrasonikasyon ve klasik ısısal ekstraksiyon olmak üzere üç farklı ekstraksiyon yöntemi kullanılarak renk maddesi üzerine en etkili olan ekstraksiyon yöntemi belirlenmiştir. Elde edilen ekstraktların fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla betasiyanin, betaksantin, toplam betalain, briks, antioksidan aktivitesi, toplam fenolik madde miktarı incelenmiştir.

Farklı ekstraksiyon yöntemlerin kullanıldığı örneklerin betasiyanin içerikleri soğuk presyon yönteminde 517.45 ± 1.1 mg/L, klasik ısısal yöntemde (kontrol grubu) 370.56 ± 0.6 mg/L bulunurken ultrasonikasyon yönteminde 187.00 ± 0.9 mg/L ve kontrol grubunda ise 151.06 ± 0.8 mg/L olduğu görülmüştür.

Betaksantin içerikleri incelendiğinde soğuk presyon yönteminde 476.59 ± 1.0 mg/L değeri, klasik ısısal yöntemde (kontrol grubu) 288.92 ± 2.2 mg/L değerinde iken, ultrasonikasyon yönteminde 213.43 ± 0.5 olarak ve kontrol grubunda ise 163.88 ± 0.4 şeklinde tespit edilmiştir. Kırmızı pancardan farklı ekstraksiyon yöntemler ile elde edilen örneklerin toplam betalain içerikleri kıyaslandığında, klasik ısısal yöntemde 659.48 ± 1.9 mg/L, soğuk presyon yönteminde 994.05 ± 1.9 mg/L elde edilirken klasik ısısal (kontrol grubu) yönteminde 314.94 ± 0.6 mg/L ve ultrasonikasyon yönteminde ise 400.40 ± 0.9 mg/L olduğu belirlenmiştir.

Çalışmamız sonucu soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemleri ile elde edilen ekstraktların betasiyanin, betaksantin ve toplam betalain analizi sonuçları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup ($p<0.05$), en yüksek veriler soğuk presyon yönteminde bulunmuştur. Bu artışın sebebinin soğuk presyon yönteminde hammadde üzerine herhangi bir ısı işlem ve stabilizatör kullanılmadan elde edildiği düşünülmektedir.

Ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemler (kontrol grubu) ile ekstrakte edilen örneklerin betaksantin, betasiyanin ve toplam betalain değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Çalışma sonuçlarına göre ultrasonikasyon yöntemi ile ekstrakte edilen örneklerin betasiyanin, betaksantin ve toplam betalain değerlerinde artış gözlenmiştir. Bu artışın sebebinin ultrasonikasyon ön uygulamasının hücrelerin membran geçirgenliğini ve analitin katı maddeden sıvı faza kütle transferini yoğunlaştırma yeteneğini arttırması, aynı zamanda hücre duvarlarını mekanik olarak parçalayıp hücre içerisindeki renk maddelerinin hücre dışına kolayca aktarılmasını sağlaması düşünülmektedir. Ek olarak, ultrasonikasyon yöntemi hücre içerisindeki maddelerin dışarı çıkmasını hızlandırdığı gibi çözücü solventin de hücre içerisine girmesini, dolayısı ile ekstraksiyon süresini hızlandırmaktadır. Bu sonuçlar ışığında, ultrasonikasyon uygulamasının renk maddesi olan betalain ekstraksiyonuna etkisinin olumlu olduğu anlaşılmaktadır.

Literatüre bakıldığında, Kanner ve ark. (2001), kırmızı pancar köklerinde bulunan betanin miktarlarının 300-600 mg/L aralığında olduğunu rapor etmişlerdir [41]. Yapılan diğer çalışmada; Czapski ve ark. (2009), 11 farklı çeşitlerde olan kırmızı pancardan elde edilen betasiyanin oranını araştırmışlar ve çalışma sonucunda kırmızı pancardaki betasiyanin içeriği 620-630 mg/L ve betaksantin oranının ise 310-950 mg/L aralıklarında olduğunu belirtmiştir [22]. Gasztonyi ve ark. (2001), beş farklı kırmızı pancar çeşidinde elde edilen örneklerin betaksantin miktarının 350-480 mg/L ve betasiyanin içeriğinin ise 580-820 mg/L aralığında olduğunu ifade etmişlerdir [63]. Şimşek (2019)'in yaptığı çalışmada, kırmızı pancardan termal ultrasonik ekstraksiyon yöntem ile elde edilen örneklerin toplam betalain miktarının 500.79 mg/L olduğu belirlenmiştir [64]. Kaktüs meyvesinden alınan ekstraktların toplam betalain değeri maksimum 9248 mg/L olduğu tespit edilmiştir [65]. Castellanos-Santiago ve Yahia (2008), yaptıkları çalışmada kırmızı pancarda bulunan betalain değerini 8600 mg/kg ve dikenli armutta ise 170-8150 mg/kg aralığında

bulmuşlardır [66]. Çalışmamıza benzer şekilde Prakash Marana ve ark. (2013), tarafından yapılan çalışmada dikenli armut meyvesinden kontrollü su banyosu ile farklı sıcaklık ve sürelerde elde edilen ekstraktların toplam betalain değeri incelenmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre 42 °C, 115 dakika renk maddesi için optimum ekstraksiyon koşulları olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında toplam betalain miktarının ise 410 mg/L olduğu vurgulanmıştır[67].

Yaptığımız çalışma kapsamında klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile elde edilen renk maddelerin betasiyanin, betaksantin ve toplam betalain değerleri literatür ile kıyaslandığında, Kanner ve ark. (2001), Şimşek (2019), Prakash Marana ve ark. (2013)'nın yaptığı çalışmalar ile uyumlu olduğu, ancak soğuk presyon yöntem ile elde edilen renk maddelerin betasiyanin, betaksantin ve toplam betalain değerleri bu literatürlere göre yüksek olduğu görülmüştür. Elde ettiğimiz sonuçlar Czapski ve ark. (2009), Gasztonyi ve ark. (2001), Castellanos-Santiago ve Yahia (2008), yaptığı çalışmalardan düşük olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebinin pancarın çeşidine, pancarın yetiştirilme koşullarına, toprak şartlarına, pancarın suyunun briksine ve işleme yöntemleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızda klasik ısısal, ultrasonikasyon ve soğuk presyon yöntemlerin farklı süre ve sıcaklıklara uygunluğu araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri 40 °C sıcaklık ve 50 dakika süre kapsamında maksimum betalain ekstraksiyon için yeterli olduğu, ancak yüksek sıcaklık faktörü betalain degradasyonuna neden olduğu gözlenmiştir.

Tez kapsamında yaptığımız çalışma sonucunda 50 °C sıcaklıkta betalain en düşük değere ve 40 °C' de ise en yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Literatür incelendiğinde Havlikova ve ark. (1983), yaptıkları çalışmada kırmızı pancarda bulunan betasiyaninlerin yıkım hızının sıcaklığa bağlı olduğunu belirtmişlerdir [68]. Attia ve ark. (2013), kırmızı pancardan betalain ekstraksiyonu için farklı sıcaklık 40-100°C aralığında 30 dakika bekletilerek betasiyanin, betaksantin ve toplam betalain stabilitesi üzerine sıcaklık ve pH'nin etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre 40-50°C sıcaklık ve pH 3-7 değerlerinde betalainlerin (betasiyanin, betaksantin) en yüksek stabilite değerlerine sahip olduğu bulunmuştur [26]. Silva, ve ark. (2018), kırmızı pancardan

ultrasonik destekli ekstraksiyon için sıcaklık, zaman ve farklı çözücü etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda betasiyanin ve betaksantin ekstraksiyonu için 37 - 52 ° C ve 90 dakikalık, çözücü olarak % 25'lik etanolün kullanıldığı koşullar optimum nokta olarak belirlenmiştir [69]. Pedreno ve Escribano (2001)'nin kırmızı pancar kökü ekstraktından elde ettikleri betaninin farklı pH (3.5 ve 8.5) ve sıcaklıklardaki (25, 50, 75°C) stabilitesini inceledikleri çalışmalarında, artan sıcaklık ve pH ile betaninin degradasyon hızının arttığını ifade etmişlerdir. Sıcaklığın betalain ve renk dokusunun yumuşamasına, hücre zarı geçirgenliğinin ve renk maddelerinin çözünürlüğünü artırarak daha yüksek betalain ekstraksiyonunu sağlamadığı ifade edilmiştir [70].

Araştırma sonucu elde edilen optimum sıcaklık ve süre literatür ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Genelde renk madde miktarlarının azalma sebebinin özellikle sıcaklık, ışık, pH, ve depolama şartları gibi çevresel faktörlerden etkilendiği tespit edilmiştir.

4.1.2. Kırmızı Pancar Ekstraktlarından Elde Edilen DPPH ve Toplam Fenolik Madde Değerleri

Çalışmamızda kullanılan soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri sonucu elde edilen ekstraktların antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde miktarı analizleri yapılmıştır. Hammadde olarak kullanılan kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemleri ile elde edilen ekstraktların antioksidan değerlerine bakıldığında en yüksek antioksidan kapasitesi soğuk presyon yöntem ile (1301.53±15.1 mg trolox/L) elde edilen ekstraktlarda bulunurken, en düşük antioksidan kapasitesi ise klasik ısısal yöntem ile (1166.5±15.4 mg trolox/L) elde edilmiştir.

Ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemlerinin (kontrol grubu) DPPH analiz sonuçları kıyaslandığında ise maksimum antioksidan kapasitesi ultrasonikasyon yöntem ile 1824.79±16.5 mg trolox/L bulunurken, minimum antioksidan kapasitesi ise kontrol grubu örneklerinde 1759.85±9.9 mg trolox/L olarak tespit edilmiştir. Farklı yöntemler ile elde edilen ekstraktların DPPH analiz sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu gözlenmiştir ($P<0.01$).

Kırmızı pancardan soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemleri (kontrol grubu) olmak üzere iki farklı ekstraksiyon yöntem ile elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde miktarı incelendiğinde, optimum şartlarda soğuk presyon yöntem ile elde edilen örneklerin toplam

fenolik madde miktarı 1518.32 ± 4.9 mg GAE/L ve klasik ısısal yönteminde ise 1114.27 ± 7.5 mg GAE/L olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek fenolik madde değerlerinin soğuk presyon yöntemi ile elde edilen ekstraktlara ait olduğu bulunmuştur.

Ultrasonikasyon ve klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemler ile elde edilen örneklerin toplam fenolik madde miktarı kıyaslandığında, ultrasonikasyon ekstraksiyon yöntemi uygulanarak elde edilen örneklerin toplam fenolik madde miktarı (991.69 ± 3.8 mg GAE/L) değerinde iken, klasik ısısal yöntemde 873.14 ± 3.9 mg GAE/L olduğu tespit edilmiştir. Tez çalışması çerçevesinde elde ettiğimiz sonuçlara göre ultrasonikasyon yöntem ile elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde miktarının daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Şimşek (2019), termal destekli ultrasonik ekstraksiyon yöntemi ile $40-80$ °C' ve 15-210 dakika'da alınan ekstraktların toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesi (DPPH) değerlerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, termal destekli ultrasonik ekstraksiyonda 60 °C'de 40-50 dk arasında maksimum fenolik madde miktarı 890-912 mg GAE/L ve antioksidan değeri ise 680-697 mg trolox/L aralığında bulmuşlardır [64]. Kushwaha ve ark. (2018)'nin kırmızı pancar posası üzerine yaptıkları bir çalışmada ekstraksiyon sıcaklığının antioksidan aktivitesini önemli ölçüde etkilediğini belirtmektedir. Bu çalışma kapsamında ekstraksiyonlar 40 ile 55 °C arasında antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşik miktarında kademeli bir artış olduğu ancak 55 ile 60 °C'de ise bir azalma olduğu vurgulanmıştır. Çalışma sonucunda maksimum toplam fenolik madde miktarı 6240 mg GAE/L ve antioksidan kapasitesi ise 863.4 mg trolox/L olduğu bildirilmiştir [71]. Sreeramulu ve Raghunath (2010), yaptıkları araştırmada kırmızı pancarın toplam fenolik madde miktarının 1694.1 mg GAE/L olduğunu saptamışlardır [72]. Righi ve ark. (2018), çalışmalarında, kırmızı pancardan elde edilen ekstraktların antioksidan kapasitesi 4740 mg Trolox / L olduğu ifade edilmiştir [73]. Ryan ve ark. (2011), kırmızı pancar suyunun toplam fenolik madde miktarının 3025 mg GAE/L ve antioksidan kapasitesini ise 921 mg trolox/L düzeyinde olduğunu belirtmişlerdir [74]. Georgiev ve ark. (2010), olgunlaşmış kırmızı pancarların saçak köklerinin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitesi üzerine yaptıkları çalışmada, toplam fenolik madde miktarını 944 mg GAE /kg ve antioksidan aktivite düzeyini ise 907 mg trolox/kg olarak ifade etmişlerdir [11].

Araştırma sonucu antioksidan değerine dair elde ettiğimiz bulgular literatür ile kıyaslandığında, Şimşek (2019), Kushwaha ve ark. (2018), Ryan ve ark. (2011), Georgiev ve ark. (2010)'nın yaptıkları çalışmalardan yüksek, ancak Righi ve ark. (2018)'nin bulduğu değerlerden düşük olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemler ile elde edilen ekstraktların antioksidan kapasitesi literatürdeki verilere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuçların nedeninin soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemlerinin proses şartlarında antioksidanların parçalanmasına neden olan yüksek sıcaklık faktörü uygulanmadan, kısa işlem süresinin biyoaktif maddelerin korunması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır.

Araştırma kapsamında soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemler ile elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde miktarı literatür ile kıyaslandığında, klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile elde edilen örneklerin toplam fenolik madde miktarı Şimşek (2019), Georgiev ve ark (2010)'nın yaptığı çalışmalar ile uyum içerisinde olup, ancak soğuk presyon ve kontrol grubu ile elde edilen örneklerin toplam fenolik madde miktarı bu literatürlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemler ile elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde miktarı Kushwaha ve ark. (2018), Sreeramulu ve Raghunath (2010), Ryan ve ark. (2011), tarafından yapılan çalışmalardan düşük olduğu gözlenmiştir. Literatürde karşılaşılan bu farklı sonuçların nedeninin materyallerin çeşidinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.1.3. Kırmızı Pancar Ekstraktlarının Briks Değerleri

Hammadde olarak kullanılan kırmızı pancardan soğuk presyon klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemler uygulanarak elde edilen örneklerin arasındaki farklar incelenmiştir. Her bir ekstraksiyonda briks değerlerinin klasik ısısal, ultrasonikasyon ve soğuk presyon yöntemlerinin karşılaştırması yapılmıştır.

Ultrasonikasyon ve kontrol örneklerinin briks değeri incelendiğinde ultrasonikasyon uygulamalı örneklerinin briks değerinin 4.0 ± 0.05 , klasik ısısal yöntemle ekstrakte edilen renk maddelerinin briksi değeri 3.8 ± 0.04 olmakla birlikte ultrasonikasyon uygulamalı örneklerinin briks değerinin, klasik ısısal yöntemle elde edilen ekstraktlarının briksine oranla arttığı gözlenmiştir.

Soğuk presyon ve klasik ısısal örneklerinin briks değeri incelendiğinde ise soğuk presyon yöntem uygulanan örneklerinin briks değeri 10.3 ± 0.05 , klasik ısısal yöntemle elde edilen ekstraktların briks değeri 4.6 ± 0.05 olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlara göre soğuk presyon ön uygulamalı örneklerinin briks değeri, klasik ısısal yöntemle üretilen ekstraktlarının briksine kıyasla arttığı gözlenmiştir. Üç farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($P < 0.01$).

Literatür incelendiğinde, kırmızı pancardan elde edilen ekstraktların briks analizi üzerine ayrıntılı bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu nedenle siyah havuç ekstraktlarının briks değeri ile karşılaştırılmıştır. Karabekmez Erdem (2009)'in yaptığı çalışmada doğal gıda renklendiricisi olan siyah havuç suyunun briks değerinin 10.75 olduğunu ifade edilmiştir [75]. Literatür ile karşılaştırıldığında soğuk presyon yöntemi ile elde edilen briks değeri literatür ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

4.1.4. Renk Değerleri

Renk gıdanın görsel olarak nasıl görüldüğünü ve tüketici tercihlerini belirleyen önemli bir parametredir. Renk ölçmede (L^* , a^* , b^*) uluslararası aydınlatma komisyonu (Commission Internationale de l'Eclairage, CIE) tarafından oluşturulan renk tanımlama sistemine göre L^* = açıklık-koyuluk değerini, a^* = kırmızı-yeşil değeri ve b^* = sarı-mavi değerini ifade etmektedir [76]. Çalışmamız sonucunda, soğuk presyon yöntem ile elde edilen ekstraktların L^* değeri 22.85 ± 0.03 , a^* değeri 65.91 ± 0.07 ve b^* değeri ise -1.40 ± 0.04 olarak bulunurken, klasik ısısal (kontrol grubu) yöntemi ile elde edilen ekstraktların L^* değeri 22.72 ± 0.040 , a^* değeri 45.60 ± 0.06 ve b^* değeri ise -1.2 ± 0.04 olduğu tespit edilmiştir.

Ultrasonikasyon yöntem ile elde edilen ekstraktların L^* değeri 22.52 ± 0.12 , a^* değeri 51.67 ± 0.05 ve b^* değeri ise 1.56 ± 0.04 iken, kontrol grubunun L^* değeri 22.86 ± 0.04 , a^* değeri 48.58 ± 0.07 ve b^* değeri ise 1.56 ± 0.04 olarak bulunmuştur.

Ekstraksiyon sonucu elde edilen örneklerin L^* , b^* değerleri arasında hem soğuk presyon ve klasik ısısal ekstraksiyon yöntemler arasında hem de ultrasonikasyon ve kontrol grubu ile elde edilen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirlenmiştir.

Örneklerin kırmızı-yeşilliğini belirten a^* değeri incelendiğinde, soğuk presyon ve klasik ısısal ekstraksiyon yöntemler arasında etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Sonuçlara göre en yüksek a^* değeri soğuk presyon yöntemi örneklerinde gözlenirken, en düşük a^* değeri klasik ısısal yöntemi örneklerinde gözlenmiştir. Ultrasonikasyon ve kontrol grubu örnekleri arasında a^* değeri özellikleri açısından istatistiksel olarak önemli fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Bu iki farklı yöntemin etkisi a^* değeri üzerine incelendiğinde, ultrasonikasyon yöntem, klasik ısısal yöntemine göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Kayın (2014), kırmızı pancar (*Beta vulgaris*) suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelediğinde çalışmada örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri sırayla 17.40, 0.11 ve 0.74 olduğu ifade edilmiştir [33]. Şimşek (2019)'in yaptığı çalışmada, kırmızı pancarın üzerine farklı sıcaklık sürelerde termal destekli ultrasonik su banyosu uygulanmıştır. Elde edilen ekstraktların renk analiz sonuçlarına göre en etkili şartlar renk değerleri üzerine 60 °C'de 40 dk olarak belirtilmiştir. Bu şartlar altında L^* değeri 35.98, a^* değeri 41.89 ve b^* değeri ise 10.52 olduğu tespit edilmiştir [64]. Amirasgari ve Mirsaeedghazi (2016), kırmızı pancar suyunun renk değeri araştırıldığı diğer bir çalışmada L^* değeri 7.78, a^* değeri 23.65 ve b^* değeri ise 3.95 olduğu gözlenmiştir [77]. Paslı (2015), tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise kırmızı pancar ekstraktlarının L^* değeri 49.45, a^* değeri 17.34 ve b^* değeri 28.69 olduğu belirtilmiştir [78].

Bu bilgiler doğrultusunda kırmızı pancardan ekstrakte edilen renk değerleri literatür ile kıyaslandığında, L^* değeri Şimşek (2019)'in yaptığı çalışmaya göre düşük, ancak Kayın (2014), Amirasgari ve Mirsaeedghazi (2016), Paslı (2015)'nin yaptığı çalışmalarda L^* değerlerine kıyasla yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen a^* ve b^* değeri literatürdeki veriler ile kıyaslandığında ise a^* kırmızılık değeri literatüre göre yüksek ve b^* değerinin düşük olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebinin hammaddedeki renk madde oranının farklı olduğu, farklı ekstraksiyon yöntemi, ekstraktların farklı briks değerine sahip olmaları, işlem sırasında farklı faktörlerden etkilendiği düşünülmektedir. Sonuç olarak farklı ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen örneklerin renk değeri literatürdeki renk değerlerine göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

4.2. Toz Renk Maddelerinin Betasiyanin, Betaksantin ve Toplam Betalain Sonuçları

Kırmızı pancar yüksek betalain içeriği ve yapısında biyoaktif bileşenlerin bulunması nedeniyle doğal gıda renklendiricisi olarak kullanılmaktadır [14]. Betalainler diğer doğal pigmentler gibi sıcaklık, ışık ve oksijen gibi etmenlerden, raf ömrü süresine bağlı olarak etkilenmektedir [5]. Betalain pigmentlerin rengini daha uzun süre koruyabilmesi ve stabil kalması için enkapsülasyon yöntemleri oldukça etkilidir. Enkapsülasyon, bileşenlerin etrafında sıcaklık, nem, ışık, oksijen, gibi parametreler ile temasını kesebilecek bir bariyer oluşturulmasını ve aynı zamanda enkapsüle edilen bileşenin stabilitesinin korunmasını sağlamaktadır. Bu yöntemler sayesinde elde edilen toz ürünlerin hassas bileşenlerin stabilizasyonunun ve biyoyararlılığının artırılması, tat ve aromanın korunması, kötü tat ve kokunun maskelenmesi, mümkün olmaktadır. Enkapsülasyon yönteminde kullanılacak son ürün boyutu, enkapsüle edilecek materyalin özellikleri, maliyet, süre gibi değişkenler göz önüne alınarak seçilmektedir [79].

Çalışmamız sonucunda, kırmızı pancardan soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemlerinin uygulaması yapılarak elde edilen ekstraktların enkapsülasyonunda kaplama materyalleri olarak maltodekstrin ve mısır nişastası eklenerek kurutulan örneklerin renk maddeleri etkisi betasiyanin, betaksantin ve toplam betalain üzerine incelenmiştir.

Soğuk presyon yöntem uygulanarak ekstrakte edilen renk maddeleri dondurarak kurutma yönteminde maltodekstrin kullanılmış örneklerde betasiyanin içeriği 3630 ± 28.9 mg/L, betaksantin içeriği 3505.1 ± 8 mg/L ve toplam betalain içeriği ise 7135.1 ± 36.02 mg/L bulunurken, mısır nişastası ile kaplanan dondurarak kurutulmuş örneklerde betasiyanin miktarı 3866 ± 25.2 mg/L, betaksantin içeriği 3814.7 ± 16.9 mg/L ve toplam betalain miktarı ise 7680.8 ± 42.05 mg/L olarak bulunmuştur.

Klasik ısısal yöntem uygulanarak ekstrakte edilen örneklerin enkapsülasyonundan maltodekstrin eklenerek liyofilize edilen örneklerin betasiyanin miktarı 1955.25 ± 7.1 mg/L, betaksantin miktarı 2070.3 ± 6.5 mg/L ve toplam betalain miktarı ise 4018.99 ± 4.36 mg/L değerinde bulunurken, mısır nişastası ile enkapsüle edilen renk maddelerin betasiyanin içeriği 2060 ± 12.9 mg/L, betaksantin miktarı 2076.3 ± 10.5 mg/L ve toplam betalain içeriği ise 4132.1 ± 23.08 mg/L olduğu gözlenmiştir.

Kırmızı pancardan ultrasonikasyon ön uygulamalı örneklerle kaplama materyali olarak % 5 konsantrasyonda maltodekstrin kullanılarak liyofilizasyon yöntemi ile kurutulan örneklerin betasiyanin miktarı 2073.5 ± 7.7 mg/L, betaksantin miktarı 1880.7 ± 11.5 mg/L ve toplam betalain içeriği ise 3968.0 ± 22.00 mg/L değerinde bulunurken, mısır nişastası ile enkapsüle edilen örneklerin betasiyanin içeriği 3619 ± 14 mg/L, betaksantin içeriği 2387 ± 13.2 mg/L ve toplam betalain miktarı ise 6006.0 ± 26.91 mg/L olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubu örneklerin enkapsülasyon uygulamasının ardından liyofilizasyon yöntemi ile kurutulan toz renk maddelerin betasiyanin içeriği (maltodekstrin ile kaplanan) 2041.8 ± 6.9 mg/L, (mısır nişastası ile kaplanan) 2500.6 ± 6 mg/L, betaksantin içeriği (maltodekstrin ile kaplanan) 1665.1 ± 8 mg/L, (mısır nişastası ile kaplanan) 2108.5 ± 7.7 mg/L değerinde iken, toplam betalain miktarı karşılaştırıldığında ise maltodekstrin eklenerek liyofilize edilen örneklerin toplam betalain içeriği 3719.38 ± 15.6 mg/L, ve mısır nişastası ile kurutulan örneklerin toplam betalain içeriği 4601.8 ± 30.20 mg/L olarak bulunmuştur.

Soğuk presyon ve kontrol grubu ile elde edilen örneklerle maltodekstrin ve mısır nişastası eklenerek enkapsüle edilen ürünlerin toplam betalain, betasiyanin, betaksantin değerleri incelendiğinde sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark ($p < 0.05$) olup, soğuk presyon yöntem ile ekstrakte edilen örneklerin enkapsülasyonunda mısır nişastası kullanılarak elde edilen toz renk maddelerin betaksantin, betasiyanin ve toplam betalain değerleri daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ultrasonikasyon ve kontrol grubu örneklerin maltodekstrin ve mısır nişastası ile kaplanıp liyofilize edilmesiyle üretilen toz renk maddelerin betasiyanin, betalain ve betaksantin miktarları karşılaştırılmıştır. Bulgulara göre en yüksek değerler ultrasonikasyon yöntem ile elde edilen ekstraktlara kaplama maddesi olarak % 5 mısır nişastasının eklendiği toz örneklerde bulunmuştur. Ayrıca, sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark ($p < 0.05$) olduğu gözlenmiştir.

Literatüre çalışmaları incelendiğinde, kırmızı pancar suyunu liyofilize edip daha sonra ekstrakte ettikleri örneklerin betaksantin içeriğini 1800 mg/L, betasiyanin içeriğini 3130 mg/L, ve toplam betalain değerini ise 4935 mg/L olarak bulmuşlardır [80]. Özcan (2018), yaptığı araştırmada kırmızı pancarda iyonik jelleşme yöntemi kullanarak elde edilen renk maddelerinin enkapsülasyonunu gerçekleştirmiştir. Enkapsülasyonunda kaplama maddesi

olarak sodium aljinat kullanılarak üretilen kapsüllerin betalain miktarı 632,653 mg/L olarak belirlenmiştir [81]. Singh ve ark. (2017), tarafından yapılan bir çalışmada da kırmızı pancardan püskürtmeli kurutucu ile elde edilen pancar tozunun betalain içeriği değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, optimum betalain değeri 338.4 mg/L olarak tespit edilmiştir [82].

Kırmızı pancardan % 5, % 10, % 15 oranlarda kaplama materyali olarak maltodekstrin kullanılarak püskürtmeli kurutucu ile toz renk maddesi olan betalain pigmentleri elde etmişlerdir. Çalışma sonucunda, kırmızı pancardan maksimum betalain içeriği % 15 maltodekstrin kullanımıyla birlikte 700.74 mg/L tespit edilmiştir (83)

Er (2011)'de yaptığı çalışmalarda mikrodalga işlemi ve suda haşlama gibi iki farklı ön işlem uygulanarak kırmızı pancar ekstraktlarının 50, 60, 70 ve 80 °C sıcaklıklarda etüv yardımıyla kurutmuştur. Çalışma sonucunda kırmızı pancardan elde edilen toz renk maddelerin için suda haşlama ön işlemi uygulanarak 70 °C sıcak ve hava kurutmanın en uygun koşulları olduğu belirlenmiştir. Bu şartlar altında betasiyanin içeriği 5082 mg/L, betaksantin içeriği 5372 mg/L ve toplam betalain miktarı ise 10454 mg/L olduğu tespit edilmiştir [14].

Carmo ve ark. (2018), kırmızı pancar betalainlerine farklı kaplama maddeleri kullanılarak püskürtmeli kurutucu ile enkapsülasyonu yöntemi gerçekleştirilmiştir. Kaplama maddesi olarak peynir altı suyu proteini, inülin ve maltodekstrin ilave edilmiştir. Çalışma sonucunda, en uygun kaplama maddesi peynir altı suyu proteini ve maltodekstrin karışımı ile birlikte maksimum betasiyanin miktarı $230\pm 0,39$ mg/L, betaksantin miktarı 149 ± 2.5 mg/L ve toplam betalain değeri ise 379 mg/L olarak belirlenmiştir [84]. Robert ve ark. (2015), Hint incir posasında olan betalainlerin maltodekstrin, soya proteini ve inülin matrisleri kapsamında enkapsüle ederek üretilen toz renk maddelerin toplam betalain miktarı (460-630) mg/L aralığında olduğu tespit edilmiştir [85].

Castro-Munoz ve ark. (2015)'un yaptığı çalışmada kaktüs meyvesinde betalain pigmentleri elde etmek için kaplama maddesi olarak maltodekstrin ve jelatin kullanılarak püskürtmeli kurutucu ile enkapsüle etmişlerdir. Çalışma kapsamında elde edilen toz ürünlerin betalain miktarları incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre en yüksek betalain miktarı $359\pm 0,55$ mg/L olduğu tespit edilmiştir [86]. Başka bir çalışmada ise kırmızı

pancardan elstrakte edilen renk madde üzerine maltodekstin (%15), kitosan (%2), modifiye nişasta (%15) ve arabik gam (%15) eklenilerek enkapsülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen toz ürün 40 °C'de 10 hafta boyunca muhafaza edilmiş. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek betalain stabilitesi gösteren toz ürünler maltodekstrin-arabik gam, arabik gam-modifiye nişasta karışımı, maltodekstrin- kitosan karışımı, modifiye nişasta- maltodekstrin ve kitosan karışımı ile hazırlananlar olmuştur [50].

Tez çalışmamızda soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon ön uygulamalı örneklerin enkapsülasyon sonucu kurutulan renk maddelerin betasiyanin, betaksantin ve toplam betalain bulguları literatür çalışmalardan daha yüksek, ancak Er (2011)'in yaptığı çalışmalardan düşük olduğu gözlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde elde ettiğimiz renk maddelerine ait bulguların literatür bilgisinden daha iyi olduğu anlaşılmaktadır. Bunun başlıca nedeni tez çalışması kapsamında kullanılan kurutma ve kaplama malzemelerinin farklı olmasından ve hammaddedeki pigment oranının diğer çalışmalardaki hammaddelerin pigment oranına göre yüksek olmasından kaynaklanabileceği söylenebilir.

4.2.1. Toz Renk Maddelerinin DPPH ve Toplam Fenolik Madde İçeriği Sonuçları

Kırmızı pancardan soğuk presyon yöntemi kapsamında ekstrakte edilen örneklere kaplama maddesi olarak % 5 maltodekstrin kullanılarak durdurarak kurutulan toz renk maddelerin antioksidan kapasitesi 110488.5 ± 642.6 mg trolox/L ve toplam fenolik madde değeri 569.06 ± 42.9 mg GAE/L değerinde bulunurken, % 5 mısır nişastası kullanılarak liyofilize edilen örneklerin antioksidan kapasitesi 108474.7 ± 335.6 mg trolox/L ve toplam fenolik madde miktarı ise 842.78 ± 97.9 mg GAE/L olarak bulunmuştur.

Klasik ısısal yöntem ile elde edilen renk maddelerine % 5 konsantrasyonda maltodekstrin eklenerek kurutulan örneklerin antioksidan kapasitesi 75053 ± 328.0 mg trolox/L değerinde ve toplam fenolik madde miktarı 548.26 ± 54.3 mg GAE/L değerinde iken, mısır nişastası ile enkapsüle edilen örneklerde ise antioksidan kapasitesi 56526.3 ± 328.8 mg trolox/L ve toplam fenolik madde değeri 536.61 ± 81.5 mg GAE/L olarak tespit edilmiştir.

Ultrasonikasyon uygulaması ile elde edilen ekstraktlara maltodekstrin kullanılarak liyofilizasyon yöntemi ile kurutulan toz örneklerin antioksidan kapasitesi 18225.7 ± 661.2

mg trolox /L değerinde ve toplam fenolik madde miktarı 10141.5±49.9 mg GAE/L bulunurken, mısır nişastası ile kaplanarak kurutulan örneklerin antioksidan kapasitesi 15883.1±120.4 mg trolox /L ve toplam fenolik madde değeri ise 9528.7±57.2 mg GAE/L olarak bulunmuştur. Klasik ısısız örneklerine % 5 maltodekstrin ve % 5 mısır nişastası eklenerek üretilen toz ürünlerin antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik madde miktarı değerlendirildiğinde, en yüksek değerler % 5 mısır nişastası ile enkapsüle edilerek kurutulan örneklerde antioksidan kapasitesi 15822.9±310.9 mg trolox/L ve toplam fenolik madde miktarı ise 13577.5±42.9 mg GAE/L olarak tespit edilmiştir.

Soğuk presyon ve klasik ısısız ön uygulamalı örneklere maltodekstrin ve mısır nişastası eklenerek enkapsülasyon sonucu elde edilen toz renk maddelerin antioksidan kapasitesi, toplam fenolik madde değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup, antioksidan kapasitesi için en yüksek değer soğuk presyon yöntem uygulanarak maltodekstrin ile enkapsülasyon sonucu elde edilen örneklerde bulunurken, toplam fenolik madde değerleri için ise soğuk presyon yöntem uygulanarak mısır nişastası ile enkapsüle edilen örneklerde gözlenmiştir. Bu artışın sebebinin kaplama materyalinden kaynaklandığı düşünölmektedir.

Ultrasonikasyon ve kontrol ön uygulamalı örneklerin enkapsülasyonunda maltodekstrin ve mısır nişastası kullanılarak üretilen toz renklendiricilerin antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik madde miktarı kıyaslanmıştır. İstatistiksel olarak sonuçlar arasında bir fark ($p<0.05$) olmasıyla birlikte antioksidan kapasitesi için en yüksek değer ultrasonikasyon yöntem uygulanarak maltodekstrin ile enkapsüle edilen örneklerde bulunurken en yüksek toplam fenolik madde miktarı klasik ısısız uygulanarak mısır nişastası ile enkapsüle edilen örneklerde bulunmuştur.

Literatür incelendiğinde Özcan (2018), tarafından yapılan çalışmada iyonik jelleşme yöntemi kullanılarak kırmızı suyunun enkapsülasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucu kırmızı pancar konsantresi, taze kapsüllerin fenolik madde miktarları 10017.4±0.67 ve kuru kapsüllerin fenolik madde miktarları ise 6134.4±1.22 mg GAE/L olduğu belirlenmiştir [81]. Bazaria ve Kumar (2016a), kırmızı pancar suyundan püskürterek kurutma yöntemi ile elde edilen toz renk maddelerinin fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini incelenmiştir. Çalışma sonucunda üretilen toz haldeki örneklerin toplam fenolik madde miktarı 166.9-258.9 mg GAE/L aralığında bulunmuştur [87].

Bazaria ve Kumar (2017), kırmızı pancar suyunun maltodekstrin ve arabik gam kapsamında enkapsüle edildiği bir başka çalışmada, elde edilen toz ürünlerin toplam fenolik madde miktarı 263.6 mg GAE/L olarak belirlenmiştir [88]. Sreeramulu ve Raghunath (2010), bazı sebzelerin kök üzerine yaptıkları bir çalışmada kırmızı pancarın toplam fenolik madde miktarının 1694.1 mg/L olarak bulmuşlardır [72]. Başka bir çalışmada ise kırmızı pancardan elde edilen ekstraktların liyofilizasyon yöntem ile kurutulan ürünlerin toplam fenolik madde miktarının 25310 mg GAE/L ve antioksidan kapasitesinin ise 423.3 mg trolox eşdeğeri /L olarak belirlemişlerdir [80]. Akhan (2017)'nin yaptığı çalışmada kırmızı pancardan elde edilen betalain ekstraktlarının enkapsülasyonu gerçekleştirilerek üretilen toz örneklerin toplam fenolik madde miktarı 236.8 mg GAE/L ve antioksidan kapasitesi ise 272.4 mg trolox eşdeğeri/L olduğu bildirilmiştir [89]. Castro-Muñoz, Barragán-Huerta, ve Yáñez-Fernández (2015)'in yaptığı çalışmalarda betalain kaynağı olan Hint incirinden alınan ekstraktların enkapsülasyonu için kaplama maddesi olarak jelatin-maltodekstrin kullanılmıştır. Bu çalışmada püskürtmeli kurutma işlemi ile enkapsüle edilen toz örneklerin antioksidan kapasitesi 298.5 mg trolox /L olduğu bildirilmiştir [90]. Carmo ve ark. (2018), kırmızı pancar suyunun farklı kaplama maddeleri kullanılarak püskürtmeli kurutucu yardımıyla enkapsülasyonu üzerine çalışmışlardır. Kaplama maddesi olarak maltodekstrin, peynir altı suyu proteini ve inülin seçilmiştir. Elde edilen toz renk maddelerin antioksidan analiz sonucu incelendiğinde en yüksek antioksidan kapasitesi 850.1 mg trolox /L inülin ve peynir altı suyu protein karışımı ile elde edilmiştir [84]. Er (2011)'in çalışmalarında mikrodalga ve suda haşlama işlemleri ile birlikte farklı sıcaklıklarda kurutma işleminin etkisi antioksidan kapasitesi (DPPH) ve toplam fenolik madde değeri üzerinde incelenmiştir. Çalışma sonucu antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik madde değeri üzerine metanol ekstraksiyonu açısından en iyi sonuç suda haşlama ile elde edildiği belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığı bakımından ise antioksidan aktivitesi için en iyi sonuç 70 °C'de 11142.9682 mg trolox /L ve toplam fenolik madde değeri ise 15268 mg GAE/L olarak bulunmuştur [14]. Bu çalışma kapsamında incelenen antioksidan kapasitesi literatürdeki verilere göre daha yüksek ve toplam fenolik madde miktarı ise literatür verileriyle uyumlu olmakla birlikte, görülen bazı farklılıkların kullanılan hammadde, kaplama maddesi ve kullanılan işlem dolayısıyla meydana gelebileceği düşünülmektedir.

4.2.2. Toz Renk Maddelerinin Kuru Madde (%) ve Çözünürlük Değerleri (%)

Bu çalışmada kırmızı pancardan optimum şartlarda klasik ısısal, soğuk presyon ve ultrasonikasyon ön yugulamalı örneklerin enkapsülasyonu için maltodekstrin ve mısır nişastası kullanılarak liyofilize edilen ürünlerin kuru madde değerleri incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre klasik ısısal, soğuk presyon ön uygulamalı örnekler maltodekstrin ve mısır nişastası ile enkapsülasyon sonucu elde edilen toz renk maddelerin kuru madde değerleri %97.11±0.2-97.82±0.9 aralığında olup, sonuçlar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$).

Tablo 3.53'te görüldüğü üzere klasik ısısal (kontrol grubu) ve ultrasonikasyon ön uygulamalı örneklere maltodekstrin ve mısır nişastası eklenerek kurutulan toz renk maddelerin kuru madde içerikleri % 96.95±0.2- 98.33±0.1 aralığında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek kuru madde değeri ultrasonikasyon yöntem ile elde edilen ekstraktlara mısır nişastası eklenerek kurutulan örneklerde tespit edilmiştir.

Kırmızı pancardan üç farklı ekstraksiyon yöntem kullanılarak elde edilen örneklerin enkapsülasyon sonucu üretilen toz renk maddelerin çözünürlük özellikleri incelenmiştir. Soğuk presyon ön uygulamalı örneklere maltodekstrin eklenilerek enkapsülasyon sonucu üretilen renklendiricilerin çözünürlük özelliği % 48.75±0.01, mısır nişastası ile enkapsüle edilen örneklerin çözünürlük özellikleri ise % 58.90±0.01 olarak bulunmuştur. Klasik ısısal yöntem ile ekstrakte edilen örneklere % 5 maltodekstrin kullanılarak liyofilize edilen örneklerin çözünürlük değeri % 51.86±0.04 ve % 5 mısır nişastası eklenilerek kurutulan örneklerin çözünürlük özellikleri ise % 80.31±0.04 olarak bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca analiz sonuçlarına göre elde edilen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Ultrasonikasyon ön uygulama ile elde edilen ekstraktlara iki farklı kaplama maddesi kullanılarak kurutulan örneklerin çözünürlük değeri sırayla (kaplama maddesi maltodekstrin) % 51.54±0.08 ve (kaplama maddesi mısır nişastası) % 80.88±0.05 olarak belirlenmiştir. Kontrol örneğini dondurarak kurutmada maltodekstrin kullanılmış toz renklendiricilerin çözünürlük değeri %51.86±0.04 iken, mısır nişastası ile kaplanan dondurularak kurutulmuş örneklerde çözünürlük değeri % 80.31±0.04 şeklinde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemi ile

elde edilen ekstraktlara kaplama maddesi olarak maltodekstrin kullanılan örneklerin çözünürlük değeri kendi aralarında ve aynı zamanda klasik ve ultrasonikasyon örneklerine kaplama maddesi olarak mısır nişastası kullanılan örneklerin çözünürlük değeri aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir.

Özcan (2018)'nin yaptığı çalışmada iyonik jelleşme yöntemi kullanılarak kurutulan kırmızı pancar kapsüllerinin toplam kuru madde miktarı % 88.61±0.75 olarak belirlenmiştir [81]. Kırmızı pancardan suda haşlama ve mikrodalga işlemi gibi iki farklı ön işlem uygulaması ile birlikte farklı sıcaklıklarda kurutulan örneklerin uygulanan ön işlemler sonucunda tüm kurutulmuş örneklerin kuru maddesi %90 düzeyinde elde edilmiştir [14]. Başka bir tez çalışmasında instant çay tozlarının kuru madde miktarı % 95.98 ve suda çözünürlük değerleri ise % 89.73 olduğu tespit edilmiştir [91]. Uyan (2004), kara havuç üzerine yapılan bir tez çalışmasında, elde edilen toz ürünlerin toplam kuru madde miktarı % 13.15 ve suda çözünür kuru madde miktarı ise %11.09 olduğu gözlenmiştir [92]. Yine başka bir çalışmada yüksek protein içeriğine sahip olan çeşitli meyve aromalı toz ürünlerin suda çözünürlük değerleri % 99 ve kuru madde değeri ise % 98.98 oranıyla yüksek bir değere sahip olduğu tespit edilmiştir [93]. Arslan (2014)'nin yaptığı çalışmasında farklı dekstroz eşdeğerlerine sahip maltodekstrin kullanılarak liyofilizasyon yöntemi ile kurutulmuş kayısı tozlarının çözünürlük değeri % 95.15 olduğu belirlenmiştir [94]. Tonon ve ark. (2009), tarafından asai üzümü üzerinde yapılan çalışmada maltodekstrin içeren örneklerin maltodekstrin içermeyenlere göre daha yüksek çözünebilirliğe sahip olduğu belirlenmiştir [95].

Çalışma sonucu elde edilen toz renklendiricilerin kuru madde değeri literatür verileriyle uyumlu olduğu ancak, çözünürlük değerinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

4.2.3. Toz Renk Maddelerinin Higroskopisite ve Islanabilirlik Değerleri

Higroskopisite % nem çekme olarak ifade edilmektedir. Su çekme yeteneği olarak da bilinir. Toz ürünlerin depolama esnasında ortamdaki nemden nasıl etkileneceğinin bilinmesi hususunda önemli bir parametredir. Aynı zamanda mikrobiyolojik açıdan higroskopisitesi yüksek olan toz ürünler daha risklidir. Ek olarak higroskopisite arttıkça toz ürünlerin yapışkanlığı da artmakla birlikte kurutucu cihazdan alınırken kurutucuya

yapışma ya da ambalajlara yapışma problemi gözlenebilir. Bu nedenle nem çekicilik özelliğinin düşük olması istenmektedir [96].

Tablo 3.54'a bakıldığında enkapsüle edilen toz örneklerin higroskopisite değerleri % 14.40 ± 0.11 - 18.71 ± 0.03 aralığında yer almaktadır. Soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemleri ile elde edilen ekstraktlara kaplama maddesi olarak maltodekstrin ve mısır nişastası kullanılarak enkapsüle edilen toz örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuş olup, klasik ısısal yöntemi uygulanarak mısır nişastası ile enkapsüle edilen örneklerin higroskopisite değerlerinin maltodekstrin ile enkapsüle edilen örneklere göre daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Tablo 3.55'a bakıldığında ise enkapsüle edilen toz örneklerin higroskopisite değerleri % 14.23 ± 0.02 - 16.79 ± 0.04 aralığında olduğu gözlenmiştir. Kontrol grubu ve ultrasonikasyon yöntemleri ile ekstrakte edilen renk maddelerine kaplama maddesi olarak maltodekstrin ve mısır nişastası kullanılarak enkapsüle edilen toz örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuş olup, ultrasonikasyon yöntemi uygulanarak maltodekstrin ile enkapsüle edilen örneklerin higroskopisite değerleri nişasta ile enkapsüle edilen örneklere göre daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Bazaria ve Kumar (2016a)'ın yaptığı çalışmada kırmızı pancar suyundan üretilen toz renk maddesinin higroskopisite değerleri 11.36 g/ml ile 15.59 g/100ml arasında değiştiği tespit edilmiştir [87]. Ispanak suyu tozları üzerine yapılan bir çalışmada higroskopisite değerinin % 20.14 ± 0.00 olduğu tespit edilmiştir [97]. Ng ve Sulaiman (2018), yaptıkları bir çalışmada, pancar tozunun higroskopisite değerlerinin % 17.45 ± 0.55 - 23.37 ± 1.22 aralığında olduğu saptanmıştır [98].

Cai ve ark. (2000)'de amarant bitkisinden elde edilen betalainlerin kaplama maddesi olarak maltodekstrin kullanılarak püskürtmeli kurutucu ile enkapsüle edilen toz örneklerin higroskopisite değeri % 40.9 - 69.4 aralığında olduğu belirtilmiştir [9]. Çiğdem (2019), kırmızı pancardan, kurutulmuş kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan üretilen protein izolatu tozlarının higroskopisite değerlerinin % 14.33 ± 0.58 - 20.67 ± 1.15 aralığında olduğu vurgulanmıştır [99]. Arslan (2014), yaptığı çalışmada farklı dekstroz eşdeğerlerine sahip maltodekstrin kullanılarak liyofilizasyon yöntemi ile kurutulmuş

kayısı tozlarının higroskopisite değerlerinin % 41.1 \pm 0.7 ve 64.1 \pm 0.1 arasında olduğu nu bildirmiştir [94].

Bazaria ve Kumar (2018), kırmızı pancar suyuna kaplama materyal olarak maltodekstrin (MD) eklenerek enkapsüle edilen toz renk ürünlerin higroskopisite değerleri % 14.46-20.68 aralığında değişmektedir. Ayrıca bu çalışmada kırmızı pancar suyunun enkapsülasyonunda, artan maltodekstrin oranıyla higroskopisite değerinde bir azalma olduğu gözlenmiştir [83]. Ferrari ve ark. (2011), doğal toz ürünlerin higroskopisite değerleri bileşimlerine ve taşıyıcı ajanların konsantrasyonlarına bağlı olduğunu tespit etmişlerdir [100].

Bu çalışmada; soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemler uygulanarak elde edilen ekstraktların kaplama materyali olarak mısır nişastası ve maltodekstrin kullanılarak enkapsüle edilen toz ürünlerin higroskopisite değeri karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre ısı işlem görmüş örneklerin higroskopisite değerleri soğuk presyon yöntemine göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Öte yandan kaplama maddesi olarak nişasta kullanılan örneklerin higroskopisite değerleri, maltodekstrin kullanılan örneklere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri uygulanarak enkapsüle edilen toz ürünlerin higroskopisite değeri literatürdeki verilere göre düşük olduğu belirlenmiştir.

Islanabilme toz ürünlerin sıvı bir yüzey ile temas kurabilme ve suyu emme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Bu özellik katı bir madde yüzeyin hava ile dolu olan kısmının sıvı faz ile dolması ve yüzeyle sıvı arasındaki geriliminin belirlenmesi prensibine bağlıdır [101]. Yüzeyde serbest yağın bulunması hidrofobik özellik göstermesi nedeniyle suyun penetrasyonu dolayısıyla ıslanabilirliği azaltmaktadır. Toz örneklerin su veya kuru ürünlerde kullanılması için suda yeniden çözünürlüğü veya karışım yeteneği önemli fiziksel özelliklerdendir. Toz ürünlerin daha kısa sürede ıslanabilirlik özelliği daha hidrofilik özellikte olduğunu gösterir ve bu suyun partikül içine nüfuz etmesini kolaylaştırmaktadır. Islanabilirlik partiküllerin partikül büyüklüğüne, yoğunluğuna poroziteye, yüzey yüküne ve yüzey alanına bağlı olarak değişmektedir [102].

Çalışmamızda iki farklı ekstraksiyon yöntem uygulanarak enkapsüle edilen toz renk maddelerinin ıslanabilirlik özellikleri 22.25 \pm 0.081-95.32 \pm 0.029 saniye aralığında olduğu

bulunmuştur. En yüksek ıslanabilirlik değeri klasik ısısal yöntemi uygulamasıyla birlikte kaplama maddesi olarak maltodekstrin kullanılarak enkapsüle edilen toz renk maddelerinde 95.32 ± 0.029 saniye ve en düşük ıslanabilirlik değeri ise soğuk presyon yöntemi uygulamasıyla birlikte kaplama maddesi olarak mısır nişastası eklenerek enkapsüle edilen toz renk maddelerinde 22.25 ± 0.081 saniye olarak belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemleri uygulanarak enkapsüle edilen toz renk maddelerinin ıslanabilirlik özellikleri karşılaştırıldığında en yüksek ıslanabilirlik değeri klasik ısısal yöntemi uygulamasıyla birlikte kaplama maddesi olarak mısır nişastası kullanılarak enkapsüle edilen toz renk maddelerinde 160.18 ± 0.031 saniye ve en düşük ıslanabilirlik değeri ise klasik ısısal yöntemi uygulamasıyla birlikte kaplama maddesi olarak maltodekstrin kullanılarak enkapsüle edilen toz renk maddelerinde 68.15 ± 0.051 saniye olarak tespit edilmiştir.

Talih ve ark. (2016)'in yaptıkları çalışmada, kırmızı pancar pürelerinin farklı mikrodalga gücünde kurutulmasıyla üretilen toz ürünlerin ıslanabilirlik değerlerinin 29.98 ± 0.90 - 80.41 ± 0.80 aralığında bulmuşlardır [103].

Bu tez çalışmasında yapılan ıslanabilirlik analizi sonuçları literatür ile karşılaştırıldığında en iyi ıslanabilirlik değere sahip olan örnek soğuk presyon yöntemi uygulamasıyla birlikte kaplama maddesi olarak mısır nişastası eklenerek enkapsüle edilen toz renk maddesi olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla elde edilen veriler literatürdeki veriler ile uyum içerisindedir

4.2.4. Toz Renk Maddelerinin Yığın yoğunluğu, Sıkıştırılmış Yığın yoğunluğu Ve Carr İndeks Değerleri

Toz gıda ürünlerde yığın yoğunluğu en önemli özelliklerden biridir. Bu değer, toz ürünlerin işleme ve depolama şartlarından, partikül büyüklüğünden, nem oranından etkilenmektedir. Ayrıca bu özellik ürünün kurutma yöntemine bağlı olarak etkilenmektedir. Yığın yoğunluğu, birim hacmini kaplayan toz ürünün kütlesi olarak belirtilmiştir. Herhangi bir sallama hareketi ve kuvvet uygulanmadan okunan hacme yığın yoğunluğu denir. Bu özellik toz ürünlerin ne kadar sıkı bir yapıda olduklarını ifade etmektedir. Toplam hacim, toz partikülleri arasındaki boşluğu, partikül hacmini ve iç gözenek hacmini kapsamaktadır.

Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, toz ürünler belirli bir sayıda sallama işlemi yapılarak toz partikülleri arasındaki boşluğun azalması halinde ölçülen küttedir. Yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu toz ürünlerin akabilirlik ve yapışkanlık özelliklerini ifade etmektedir. Carr indeksi ise sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ile yığın yoğunluğunun farkının sıkıştırılmış yığın yoğunluğuna oranı ile hesaplanmaktadır. Carr Index değeri toz ürünlerin akabilirlik özelliklerini göstermektedir. Akabilirlik özellik, partiküllere herhangi bir kuvvet uygulamadan hareket edebilme yeteneği olarak tanımlanır. Toz ürünlerin akabilirlik davranışlarının belirlenmesi, taşıma, paketleme, doz ayarlama, karıştırma ve depolama gibi özelliklerin belirlenmesinde oldukça önemli parametrelerdir. Örneğin; toz ürünlerin nem oranının artması, partiküller arası yapışkanlığın artmasına neden olur ve yapışkanlığın artması ise toz ürünlerin akış özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Partikül boyutu küçük olan ürünler düşük akış özellik göstermektedir [99].

Çalışmamız sonucunda optimum şartlarda kırmızı pancardan üç farklı yöntem ile elde edilen ekstraktların enkapsülasyonu için maltodekstrin ve mısır nişastasası kullanarak liyofilizasyon yöntemi ile kurutulan renk maddelerinin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve carr indeks analizi sonuçları elde edilmiştir.

Çalışmamız sonucunda, elde edilen toz ürünlerin yoğunluk özellikleri incelendiğinde kırmızı pancardan optimum şartlarda soğuk presyon, klasik ısısal ve ultrasonikasyon olmak üzere üç farklı ekstraksiyon yöntem ile elde edilen örneklere kaplama maddesi olarak maltodekstrin ve nişasta eklenilerek enkapsüle edilen toz ürünlerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve carr indeks özellikleri incelenmiştir. Tablo 3.56'de görüldüğü üzere soğuk presyon yöntem uygulanarak % 5 maltodekstrin ve % 5 mısır nişastasası ile enkapsüle edilen toz renk maddelerinin yığın yoğunluğu karşılaştırıldığında aynı materyallerin kullanılmasıyla en düşük yığın yoğunluğuna sahip örnek 4 numaralı klasik ısısal yöntem ekstraktının enkapsülasyonunda nişasta kullanılarak üretilen toz örneklerde ve en yüksek yığın yoğunluğuna sahip örnek 1 numaralı soğuk presyon yöntem ekstraktının enkapsülasyonunda ise maltodekstrin kullanılarak üretilen toz örneklerde gözlenmiştir. Örnekler birbirleri arasında karşılaştırıldığında 1 ve 3 numaralı örnek arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunurken ($p>0.05$), 1 ve 4 numaralı örnek arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu incelendiğinde minimum yığın yoğunluğuna sahip örnek 0.66 g/ml ile 4 numaralı klasik ısısal yöntem ekstraktının enkapsülasyonunda mısır nişastası kullanılarak üretilen toz örneklerde ve maksimum yığın yoğunluğuna sahip örnek ise 1, 2 numaralı soğuk presyon yöntem ekstraktının enkapsülasyonunda ise maltodekstrin ve nişasta kullanılarak üretilen toz örneklerde gözlenmiştir. Örnekler birbirleri arasında karşılaştırıldığında 1, 2 numaralı örnek arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunurken ($p>0.05$), 3 ve 4 numaralı örnek arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Carr indeksi açısından değerlendirilen toz renk ürünlerin akışkanlık değerleri arasında en düşük akışkanlık özelliğine sahip örnek 1 numaralı soğuk presyon yöntem uygulamasıyla birlikte maltodekstrin ile enkapsüle edilen ürünlerde bulunurken, maksimum akışkanlık özelliğine sahip örnek ise 2, 4 numaralı soğuk presyon ve klasik ısısal ekstraksiyon yöntem uygulanarak mısır nişastası ile enkapsüle edilen ürünlerde bulunmuştur. Örnekler birbirleri arasında karşılaştırıldığında 2, 4 ile 1, 3 numaralı örnek arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). 1, 3 numaralı örnekler Tablo 3.56'de belirtilen akışkanlık değerlerine göre iyi akışkanlığa sahip olduğu belirlenmiştir. 2 ve 4 numaralı örnek ise orta derecede akışkan özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında, ultrasonikasyon ve klasik ısısal ekstraksiyon yöntemlerinin uygulamasıyla birlikte maltodekstrin ve nişasta ile enkapsüle edilen toz renk maddelerinin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve carr indeks değerleri karşılaştırılmıştır. Tablo 3.57'de görüldüğü üzere ultrasonikasyon yöntem uygulanarak %5 maltodekstrin ile enkapsüle edilen toz renk maddelerinin yığın yoğunluğu 0.55 ± 0.02 g/ml, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu 0.82 ± 0.02 ve carr indeksi değeri ise 29.63 ± 4.08 bulunurken, %5 nişasta ile kaplanarak kurutulan örneklerin yığın yoğunluğu 0.62 ± 0.03 g/ml, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu 0.82 ± 0.01 g/ml ve carr indeksi değeri ise 24.93 ± 3.85 olduğu tespit edilmiştir.

Klasik ısısal (kontrol grubu) ekstraksiyon yöntemi uygulanarak maltodekstrin ile enkapsüle edilen toz renk maddelerinin yığın yoğunluğu değeri 0.50 ± 0.00 g/ml, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değeri 0.70 ± 0.01 g/ml ve carr indeks değeri ise 28.64 ± 1.24 bulunurken, nişaste eklenilerek kurutulan örneklerin yığın yoğunluğu değeri 0.62 ± 0.00 g/ml sıkıştırılmış yığın yoğunluğu 0.66 ± 0.00 g/ml ve carr indeks değeri ise 24.92 ± 0.15 olduğu gözlenmiştir.

Klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemlerinde aynı materyallerin kullanılmasıyla en düşük yığın yoğunluğuna sahip örnek klasik ısısal ekstraksiyon yöntemlerinin uygulamasıyla birlikte maltodekstrin ile enkapsüle edilen toz örneklerde bulunurken, en yüksek yığın yoğunluğuna sahip örnek 2, 4 numaralı ultrasonikasyon ve klasik ısısal ekstraksiyon yöntemlerinin uygulamasıyla birlikte nişasta ile enkapsüle edilen toz örneklerde gözlenmiştir. Örnekler birbirleri arasında karşılaştırıldığında 1 ve 3 numaralı örnek arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunurken ($p>0.05$), 1 ve 4 numaralı örnek arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu incelendiğinde en yüksek yığın yoğunluğuna sahip örnek ise 1, 2 numaralı ultrasonikasyon yöntem ile ekstrakte edilen örneklerin enkapsülasyonunda maltodekstrin ve nişasta kullanılarak üretilen toz örneklerde gözlenmiştir., Örnekler birbirleri arasında karşılaştırıldığında 1, 2 numaralı örnek arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunurken ($p>0.05$), 3 ve 4 numaralı örnek arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Çalışmamızda carr indeksi açısından değerlendirildiğinde örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$). Maksimum akışkanlık özelliğine sahip örnek 1 numaralı ultrasonikasyon yöntem uygulanarak maltodekstrin ile enkapsüle edilen ürünlerde bulunurken, minimum akışkanlık özelliğine sahip örnek ise 2, 4 numaralı ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemlerin uygulamasıyla birlikte nişasta ile enkapsüle edilen ürünlerde bulunmuştur. 2, 4 numaralı örnekler Tablo 3.57’de belirtilen akışkanlık değerlerine göre iyi akışkanlığa sahip olduğu belirlenmiştir. 1 ve 3 numaralı örnek ise orta derecede akışkan özelliği gösterdiği tespit edilmiştir.

Literatüre bakıldığında, Talih ve ark. (2016)’in yaptığı çalışmada, kırmızı pancardan farklı mikrodalga gücünde kurutulmasıyla üretilen toz ürünlerin yığın yoğunluğu, 0.331 g/ml-0.439 g/ml sıkıştırılmış yığın yoğunluğu 0.440 g/ml ile 0.611 g/ml ve carr indeks değerleri ise sırayla 45.00 ile 18.33 aralığında olduğu tespit edilmiştir [103]. Cai ve ark. (2000), amarant bitkisinden elde edilen betalainlerin kaplama maddesi olarak maltodekstrin kullanılarak püskürtmeli kurutucu ile enkapsüle edilen toz örneklerin yığın yoğunluğu 0.52 g/ml - 0.67 g/ml aralığında olduğu belirtilmiştir [9].

Bazaria ve Kumar (2016a)'ın yaptığı çalışmada kırmızı pancar suyundan üretilen toz renk maddesinin yığın yoğunluğu 0.59 g/ml ile 0.48 g/ml arasında değiştiği tespit edilmiştir [87]. Singh ve ark. (2017), yaptıkları çalışma sonucu elde edilen toz ürünlerin yığın yoğunluğu 0.53 to 0.74 g/ml olarak bulunmuşlardır [82].

Janiszewska ve ark. (2013), kırmızı pancardan elde edilen toz renk maddelerin yığın yoğunluğu 0.615 g/ml - 0.410 g/ml arasında değiştiği belirtilmiştir [10]. Çiğdem (2019), kırmızı pancardan, kurutulmuş kırmızı pancar posasından ve kırmızı pancar suyundan üretilen protein izolatı tozlarının yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerleri sırayla 0.54 g/ml - 0.65 g/ml, 0.74 g/ml - 0.89 g/ml aralığında gözlenmiştir [99]. Fitzpatrick ve ark. (2004), on üç farklı toz ürünlerinin fiziksel özelliklerini inceledikleri çalışmada toz ürünlerin yığın yoğunluğunu 0.6-1.1 g/ml aralığında bulmuşlardır [104].

Santhalakshmy ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada püskürterek kurutulmuş reçel suyu tozlarının yığın yoğunluğunu 0.24-0.29 g/ml ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğunu ise 0.38-0.48 g/ml değerinde olarak bulmuşlardır [105]. Başka bir çalışmada peynir altı suyu tozunun yığın yoğunluğunun 0.51 g/cm³ sıkıştırılmış yığın yoğunluğunu ise 0.62 g/cm³ olarak bulmuşlardır [106]. Saifullah ve ark. pitaya, mango, ananas ve guava tozlarının sıkıştırılmış yoğunluk değerlerini 0.74-0.85 g/cm³ aralığında olduğunu belirtmişlerdir [107]. Quek ve ark. (2007), Tonon ve ark. (2013), karpuz ve acai tozları üzerine yaptıkları çalışmada toz örneklerin carr indeks değerlerinin 18-22 arasında olduğunu tespit etmişlerdir [108, 109].

Tez çalışmamız kapsamında hazırlanan toz örneklerin carr indeksi orta derecede akışkan sınıfına girmektedir. Çalışmamız sonucu elde edilen toz ürünlerin yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve carr indeks gibi değerleri literatürden daha yüksek çıkmasının nedeni partikül boyutlarının farklı olmasından kaynaklanabileceği söylenebilir.

4.2.5. Renk Değerleri

Tez çalışmamızda, kırmızı pancar ekstraktlarına iki farklı kaplama materyal kullanılarak liyofilize edilen örneklerin renk değeri (L^* , a^* ve b^*) üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmamız sonucunda, klasik ısısal ve soğuk presyon yöntemleri uygulanarak elde edilen ekstraktların enkapsülasyonunda % 5 maltodekstrin ve % 5 mısır nişastası kullanılarak üretilen toz renk maddelerin L^* , a^* ve b^* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir

fark olup, soğuk presyon yöntem ile ekstrakte edilen renk maddelerin enkapsülasyonunda maltodekstrin kullanılarak elde edilen toz örneklerin L^* değeri 37.26 ± 2.35 , a^* değeri 26.08 ± 1.16 ve b^* değeri ise -0.28 ± 1.28 değerlerinde olduğu saptanmıştır.

Klasik ısısal ve ultrasonikasyon yöntemleri ile ekstrakte edilen renk maddelerin enkapsülasyonunda maltodekstrin ve mısır nişastası kullanılarak üretilen toz örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir ($p > 0.05$).

Literatürde bakıldığında, Singh ve ark. (2017), kırmızı pancar ekstraktlarının püskürtmeli kurutma yöntemleri ile elde edilen renk maddelerinin L^* değeri ortalama 44.79, a^* değeri 34.34 ve b^* değeri ise 3.5 olarak belirtilmiştir [82].

Figiel (2010), tarafından yapılan bir çalışmada dondurarak kurutma ve vakum-mikrodalga kurutma yöntemleri ile elde edilen toz örneklerin L^* aydınlatma değerleri 28.71- 29.00, a^* değerleri ise 35.53- 33.80 olduğu tespit edilmiştir [110].

Cai ve ark. (2000), tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise amarant bitkisinden elde edilen toz ürünlerin L^* değeri 49.35, a^* değeri 32.60 ve b^* değeri ise -2.47 olduğu ifade edilmiştir [9].

Araştırma sonucu soğuk presyon ve klasik ısısal yöntemleri ile ekstrakte edilen örneklerin enkapsülasyon sonucu üretilen toz renk maddelerin L^* değerine dair elde ettiğimiz veriler literatür ile uyumlu olup, kırmızılık (a^*) değeri ise Singh ve ark. (2017)'in, Figiel (2010), Cai ve ark. (2000)'in yaptığı çalışmalarda sonuçlara göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Toz renk maddelerin sarı-maviliğini belirten b^* değeri incelendiğinde ise elde edilen veriler Cai ve ark. (2000)'in yaptığı çalışma ile uyumlu olduğu ancak, Singh ve ark. (2017), Figiel (2010), in çalışma sonuçlarına göre düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda, ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemleri ile ekstrakte edilen örneklerin enkapsülasyon sonucu üretilen toz renk maddelerin L^* değerleri literatürdeki çalışma sonuçlarına göre yüksek, a^* değeri Singh ve ark. (2017), Figiel (2010), Cai ve ark. (2000), yaptığı çalışmaya kıyasla düşük olduğu gözlenmiştir. b^* değeri ise Cai ve ark. (2000)'in yaptığı çalışma ile uyumlu, ancak Singh ve ark. (2017), Figiel (2010), nin bulunduğu değerlere göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin hammaddede bulunan

betasiyanin oranının diğer çalışmalardaki hammaddelerin betasiyanin oranına göre farklı olması, düşük sıcaklıklarda farklı ekstraksiyon ve kurutma yöntemler kullanılmasıyla birlikte farklı kaplama maddesi kullanılmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

4.2. Sonuç

Bu çalışmada, Türkiye’de üretilen kırmızı pancardan yüksek verimde ve kaliteli gıda renklendiricisi elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle kırmızı pancardan soğuk presyon, ultrasonikasyon ve klasik ısısal yöntemleri olmak üzere üç farklı yöntem kullanılarak ekstraktlar alınmıştır. Klasik ısısal yönteminde Taguchi L16(4²) matematiksel modelleme deneyiminden faydalanılarak 16 örnekten oluşan bir deney tasarımı geliştirilmiştir. Bu yöntemde ekstraktlar üzerine sıcaklık (4 °C, 25 °C, 40 °C, 50 °C) ve süre (5 dk, 30 dk, 50 dk, 120 dk) etkisi optimize edilmiştir. Taguchi yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre betasiyanin betaksantin, toplam betalain, briks değerleri için optimum ekstraksiyon koşulları 40 °C’de, 50 dk DPPH ve fenolik bileşikler için 50 °C’de, 30 dk olarak bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada doğal gıda renklendirici elde etmek için 40 °C, 50 dk optimum nokta olarak bulunmuştur. Belirlenen optimum parametrelerde (40 °C, 50 dk), klasik ısısal yöntem ile ekstrakte edilen örneklerin fenolik madde miktarı, antioksidan kapasitesi, betaksantin, betasiyanin ve toplam betalain değerleri soğuk presyon yöntem örnekleri ile kıyaslandığında, tüm sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Analiz sonuçlarına göre soğuk presyon yöntemiyle elde edilen örneklerin fenolik madde miktarı, antioksidan kapasitesi, betaksantin, betasiyanin ve toplam betalain değerleri ısısal işleme göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu temel nedeni soğuk presyon yöntemi doğal bir prosesidir. Materyalde bulunan renk maddesi herhangi bir ısısal işlemeye tabi tutulmamıştır ve kısa bir sürede elde edilerek, daha kaliteli ve konsantre renk maddesi doğal olarak elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında, Taguchi matematiksel modelleme metoduyla elde edilen optimum parametrelerde (40 °C, 50 dk) klasik ısısal (kontrol grubu) ve ultrasonikasyon yöntemlerinin kırmızı pancardan renk ekstraksiyonu üzerine etkinliğinin belirlenebilmesi için DPPH, toplam fenolik madde miktarı, betasiyanin, betaksantin, analiz sonuçları dikkate alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Bunun sonucunda 40 °C sıcaklıkta ve 50 dk süre içinde ultrasonikasyon yönteminin kontrol yöntemine göre daha etkili olduğu gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu

tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Ultrasonikasyon uygulamasının kırmızı pancarda bulunan biyoaktif maddelerin hücre duvarlarını mekanik olarak parçalayıp hücre içerisindeki bileşenlerin hücre dışına kolayca aktarılmasını sağlayarak daha olumlu etkiye sahip olduğu gözlenmiştir.

Çalışmanın ikinci basamağında klasik ısısal ultrasonikasyon ve soğuk presyon yöntemleri ile elde edilen ekstraktların enkapsülasyonu için % 5 konsantrasyonda maltodekstrin (DE 10) ve % 5 nişasta kullanarak liyofilizasyon yöntemi ile kurutulmuştur. Elde edilen toz gıda renklendiricilerin kalitesinin belirlenmesi amacı ile betasiyanin, betaksantin, toplam betalain, briks, fenolik madde, antioksidan, renk, higroskopisite, ıslatılabilirlik, kitle yoğunluğu, sıkıştırılmış kitle yoğunluğu ve carr indeksi analizleri gerçekleştirilmiştir. Soğuk presyon ve klasik ısısal örneklerinin analiz sonuçlarına göre doğal toz renklendirici için en uygun ekstraksiyon yönteminin ısı işlem görmemiş soğuk presyon uygulanan örnek için olduğu anlaşılmış ve diğer taraftan dondurularak kurutma esnasında kaplama maddesi olarak % 5 mısır nişastası kullanılarak elde edildiği örneklerde görülmüştür.

Klasik ısısal ve ultrasonikasyon ön uygulaması ile yapılan ekstraksiyonda, elde edilen örneklere kaplama maddesi olarak maltodekstrin ve mısır nişastası kullanılarak kurutulan toz renklendiricilerin özellikleri kıyaslandığında, ultrasonikasyon yöntemi ve toz kaplama maddesi olarak mısır nişastası eklenerek elde edilen örnekler daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

4.3. Öneriler

Kırmızı pancardan elde edilen renk maddeleri (betalain) doğal gıda renklendirici olarak kullanılmaktadır. Doğal renklendiriciler besinsel değere sahip olmaları, organik ve doğal gıdalar için uygun olmaları, tüketici talebini etkilemesi, gıdaların duyu özelliklerini artırması ve rengini iyileştirmesi gibi nedenlerden dolayı gıda sektöründe kullanımı giderek artmaktadır. Gıda renklendiricilerin büyük bir kısmını sentetik renk maddeleri oluşturmaktadır. Dolayısıyla sentetik gıda renklendiriciler insan sağlığını olumsuz yönden etkilemektedir. Yapılan literatür ve piyasa araştırmaları göre Türkiye’de gerek laboratuvar ölçekli gerekse endüstriyel boyutta doğal gıda renklendirici üretimi yetersiz boyuttadır. Kırmızı pancardan renk üretimi ise özellikle endüstriye yönelik üzerinde daha fazla durulması gereken bir konudur. Pancar kırmızısı (E162), dondurma, dondurulmuş tatlılar,

yoğurt, peynir, toz içecekler, kurutulmuş meyve ve sebzeler, jöleler, sert şekerler, sakız, kahvaltılık tahıllar, süt, meyve suları gibi içecekler, tatlı, kurabiye gibi şekerli ürünler ve sucuk, sosis gibi et ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak genel olarak bakıldığında bu renk maddesi ülkemize ithal olarak girmektedir. Yerli hammaddelerimizin bulunmasına karşılık ülkemizde üretimi neredeyse yoktur. Dolayısıyla bu tez çalışması kapsamında kırmızı pancarımdan yerli üretim olarak doğan renk maddesi üretimi ile ekonomimize katkı sağlanması hedeflenmektedir. Bu tez çalışması ile güvenilir, kimyasal olmayan, doğal gıda renklendirici üretilerek, katma değer sağlayarak yeni ürün elde edilmiştir.

- Tez çalışmamız sonucunda kırmızı pancardan doğal gıda renklendirici üretimi için uygun bir materyal olduğu bulunmuştur.
- Soğuk presyon ve ultrasonikasyon yöntemleri renk maddelerin ekstraksiyonu üzerine olumlu etkisi belirlenmiştir.
- Ayrıca kırmızı renk maddesi eldesinde hammadde olarak kullanılan kırmızı pancarın dışında kaktüs meyvesi, pitaya meyvesi ve amarant bitkisi gibi kaynaklar kullanılabilir.
- Çalışmada renk verimini artırmak için uygulanan klasik ısısal, ultrasonikasyon, soğuk presyon işlemi yerine mikrodalga ön uygulaması ve basınçlı sıvı ekstraksiyon yöntemleri yapılabilir.
- Bu çalışmada sıcaklık ve süre etkisi incelenerek optimizasyonu yapılmıştır. Ayrıca pH, katı-sıvı oranı, farklı kaplama maddeleri kullanılarak optimize edilip etkileri gözlemlenebilir.
- Tez çalışmasında kurutma yöntemi olarak liyofilizatör kullanılmıştır. Ayrıca püskürtmeli kurutma, iyonik jelleşme, emülsiyon oluşturma ve koaservasyon yöntemlerinde uygulanabilir.

KAYNAKÇA

1. Sohi, S., Sharma, S., Kaur, G. and Nanda, V., 2014. Biocolorants- A potential food additive, *Indian food industry Mag.*,
2. Atlı, B., 2010. Gıda Boyalari. Namik Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 84.
3. Dinkar Patil, P., Mote, G., 2015. Natural color extraction from amaranth and beetroot: a review a. K. Sahoo biology. **Indian journal of applied research**, (5):19-20.
4. Pedreno, M., Escribano, A. J., 2001. Correlation between antiradical activity and stability of betanine from *Beta vulgaris* L roots under different temperature, pH and light conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **81**, 627-631.
5. Herbach, K. M., Stintzing, F. C., & Carle, R. 2006. Betalain stability and degradation—structural and chromatic aspects. **Journal of food science**, **71**(4), R41-R50.
6. Azeredo, H. M., Santos, A. N., Souza, A. C., Mendes, K. C., & Andrade, M. I. R. 2007. Betacyanin stability during processing and storage of a microencapsulated red beetroot extract. **American Journal of Food Technology**, **2**(4), 307-312.
7. De Azeredo, H. M. C., Pereira, A. C., De Souza, A. C. R., Gouveia, S. T., & Mendes, K. C. B. 2009. Study on efficiency of betacyanin extraction from red beetroots. **International journal of food science & technology**, **44**(12), 2464-2469.
8. Slimen, I.B., Najar, T., ve Abderrabba, M. 2017. Chemical and antioxidant properties of betalains, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **65**(4), 675-689. doi: 10.1021/acs.jafc.6b04208.
9. Cai, Y.Z., Corke, H. 2000. Production and Properties of Spray-dried *Amaranthus* Betacyanin Pigments. **Journal of Food Science**, **65**(6), 1248-1252.
10. Janiszewska, E., Wlodarczyk, J. 2013. Influence of spray drying conditions on beetroot pigments retention after microencapsulation process. **Acta Agrophysica**, **20**(2), 343-356.
11. Georgiev, V., Weber, J., Kneschke, E., Denev, P. N., Bley, T. ve Pavlov, A. I. 2010. 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. **Plant Foods for Human Nutrition**, **65**, 105-111.
12. Nemzer, B., Pietrzowski, Z., Sporna, A., Stalica, P., Thresher, W., Michalowski, T. ve Wybraniec, S. 2011. Betalainic and Nutritional Profiles of Pigment- Enriched Red Beet Root (*Beta vulgaris* L.) Dried Extracts. **Food Chemistry**, **127**, 42-53.
 13. Özcan, K., & Bilek, S. E. 2018. Kırmızı Pancardan Renk Maddesi Üretimi ve Stabilitesinin Sağlanması. **Akademik Gıda**, **16**(4), 439-449.
 14. Er, T., 2011. Kırmızı Pancarın Bazı Fiziksel Ve Fıtokimyasal Özellikleri Üzerine Farklı Kurutma Sıcaklıklarının Etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, yüksek lisans tezi, konya, 1-65
 15. Anon, 2019a. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (Erişim:15.09.2020).
 16. Akhan, H., 2017. Pancar Antioksidanlarının Koaservasyon Metodu İle Enkapsülasyonu ve Enkapsülasyon Parametrelerinin Kısmi Faktöriyel Tasarım İle Optimizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi * Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans , İstanbul, Tezi.1-53.
 17. Vinson, J. A., Su, X., Zubik, L., & Bose, P. 2001. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. **Journal of agricultural and food chemistry**, **49**(11), 5315-5321.
 18. Anonim, 2017. BÜGEM Faaliyetleri. <http://www.tarim.gov.tr/> (29.09.2017).
 19. Kapadia, G.J., Tokuda, H., Konoshima, T. ve Nishino, H. 1996. Chemoprevention of lung and skin cancer by *Beta vulgaris* (beet) root extract, *Cancer Letters*, 100 (1-2), 211–214. doi: 10.1016/0304-3835(95)04087-0.
 20. Martins, N., Lobo Roriz, C., Morales, P., Barrosa, L., Ferreira, I. 2017. Coloring attributes of betalains: a key emphasis on stability and future applications. **Food Funct.**, **8**, 1357–1372 | 1357.
 21. Kannan, V. 2011. Extraction of Bioactive Compounds from Whole Red Cabbage and Beetroot Using Pulsed Electric Fields and Evaluation of Their Functionality. Master of Science. University of Nebraska-Lincoln. **Food Science & Technology**, **148**.
 22. Czapski, J., Mikolajczyk, K. ve Kaczmarek, M. 2009. Relationship Between Antioxidant Capacity of Red Beet Juice and Contents of Its Betalain Pigments. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, **59** (2), 119-122.

23. Polturak, G., Grossman, N., Vela-Corcia, D., Dong, Y., Nudel, A., Pliner, M., ... & Aharoni, A. 2017. Engineered gray mold resistance, antioxidant capacity, and pigmentation in betalain-producing crops and ornamentals. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, **114**(34), 9062-9067.
24. Strack, D., Vogt, T. ve Schliemann, W. 2003. Recent Advances in Betalain Research. **Phytochemistry**, **62**, 247-269.
25. Kujala, T. S., Vienola, M. S., Klika, K. D., Loponen, J. M. ve Pihlaja, K. 2002. Betalain and Phenolic Compositions of Four Beetroot (*Beta vulgaris*) Cultivars. **European Food Research and Technology**, **214**, 505-510.
26. Attia, G.Y., Moussa, M.E.M., & Sheashea, E.R. 2013. Characterization of red pigments extracted from red beet (*Beta vulgaris*, L.) and its potential uses as antioxidant and natural food colorants. **Egyptian Journal of Agricultural Research**, **91**(3), 1095-1110.
27. Vitti, M. C., Yamamoto, L. K., Sasaki, F. F., Aguila, J. S., Kluge, R. A. ve Jacomino, A. P. 2005. Quality of Minimally Processed Beet Roots Stored in Different Temperatures. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, **48**, 503-510.
28. Tekin, E. 2018. Zaman-Sıcaklık İndikatörü Olarak Kırmızı Pancardan (*Beta Vulgaris* L.) Elde Edilen Betalainler İle Akıllı Paket Oluşturulması. Fen bilimleri enstitüsü gıda mühendisliği anabilim dalı, yüksek lisans tezi, 1-60.
29. Reynosa, R., Garcia, F. A., Morales, D. ve Mejia, E. G. 1997. Stability of Betalain Pigments from a Cactacea Fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **45**, 2884-2889.
30. Cai, Y. Z., Sun, M. ve Carke, H. 2005. HPLC Characterization of Betalains from Plants in the Amaranthaceae. *Journal of Chromatographic Science*, **43**, 454-460.
31. Anonim. 2011f. Kırmızı Pancar konsantresi, <http://www.hammaddeleransiklopedisi.com/hammaddeler/gida-maddeleri-hammaddeler-ansiklopedisi.html> [Ziyaret Tarihi: 25 Şubat 2011].
32. Nizioł-Łukaszewska, Z., & Gawęda, M. 2014. Changes in quality of selected red beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars during the growing season. **Folia Horticulturae**, **26**(2), 139-146.

33. Kayın, N., Farklı sıcaklıklarda depolanan kırmızı pancar (*beta vulgaris*) suyu konsantresinin renk stabilitesinin belirlenmesi. Abant ğzzet baysal üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü Gıda mühendisliği anabilim dalı, Yüksek lisans tezi, 1-95.
34. Woo, K.K., Ngou, F.H., Ngo, L.S., Song, W.K., & Tang, P.Y. 2011. Stability of betalain pigment from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). **American Journal of Food Technology**, **6**(2), 140-148.
35. Attoe, E.L. & von Elbe, J.H. 1982. Degradation kinetics of betanine in solutions as influenced by oxygen. **Journal Agricultural Food Chemistry**, **30**, 708–712.
36. Kırsten, M., Herbach, K.M., Stintzing, F.C., & Carle, R. 2006. Betalain stability and degradation- structural and chromatic aspects. **Journal of Food Science**, **71**(4), 41–50.
37. Mariassyova, M., & Silhar, S. 2000. Conversion of betalains in the presence of antioxidants. **Czech Journal of Food Science**, **18**, 220–221.
38. Akalın, A. C. 2011. Nar Şaraplarında Antioksidan Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 57.
39. Podsedek, A. 2007. Natural Antioxidant and Antioxidant Capacity of Brassica Vegetables. **Food Science and Technology**, **40**, 1-11.
40. Ravichandran, K., Saw, N., Mohdaly, A., Gabr, A., Kastell, A., Riedel, H., Cai, Z., Knorr, D. ve Smetanska, I. 2013. Impact of Processing of Red Beet on Betalain Content and Antioxidant Activity. **Food Research International**, **50**, 670-675.
41. Kanner, J., Harel, S. ve Granit, R. 2001. Betalains- A New Class of Dietary Cationized Antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **49**, 5178-5185.
42. Meral, R., Doğan, İ. S. ve Kanberoğlu, G. S. 2012. Fonksiyonel Gıda Bileşeni Olarak Antioksidanlar. **Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, **2** (2), 45-50.
43. Kujala, T., Loponen, J. ve Pihlaja, K. 2001. Betalains and Phenolics in Red Beetroot (*Beta vulgaris*) Peel Extracts: Extraction and Characterisation. **Z. Naturforsch**, **56**, 343-348.
44. Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A. and Saurel, R. 2007. Application of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Res. Int.** **40**, 1107–1121.

45. Augustin, M.A., Sanguansri, L., Margetts, C., Young, B. 2001. Microencapsulation of food ingredients. **Food Aust.** **53**, 220–223.
46. Kunz, B., Kruckeberg, S. and Weissbrodt, J. 2003. Chancen und grenzen der mikroverkapselung in der modernen lebensmittelverarbeitung. **Chem.-Ing.-Tech** **75**, 1733-1740.
47. Desai, K. G. H. and Park, H. J. 2005. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Dry. Technol.* **23**, 1361–1394.
48. Shahidi, F. and Han, X. Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *Crit. Rev. Food Sci.* (33), 501–547.
49. Çoruhli, T. 2014. Kara Dut Antosiyaninlerinin İyonik Jelasyon Yöntemi İle Enkapsülasyonu Ve Enkapsülasyon Parametrelerinin Tepki Yüzeyi Metodu İle Optimize Edilmesi. İstanbul teknik üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, yüksek lisans tezi, 1-95.
50. Chranioti, C., Nikoloudaki, A., & Tzia, C. 2015. Saffron and beetroot extracts encapsulated in maltodextrin, gum Arabic, modified starch and chitosan: Incorporation in a chewing gum system. **Carbohydrate polymers**, **127**, 252-263.
51. Tumbas Šaponjac, V., Čanadanović-Brunet, J., Ćetković, G., Jakišić, M., Djilas, S., Vulić, J., & Stajčić, S. 2016. Encapsulation of beetroot pomace extract: RSM optimization, storage and gastrointestinal stability. **Molecules**, **21**(5), 584.
52. Zhang, L. F., Mou, D. H., & Du, Y. S. 2007. Procyanidins: extraction and microencapsulation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **87**, 2192-2197.
53. Stintzing, F.C., Herbach, K.M., Mosshammer, M.R., Carle, R., Yi, W., Sellappan, S., Akoh, C.C., Bunch, R., Felker, P., 2005. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) Clones. **J. Agric. Food Chem.** **53**, 442–451.
54. Ravichandran, K., Saw, N.M.M.T., Mohdaly, A.A., Gabr, A.M., Kastell, A., Riedel, H., Cai, Z., Knorr, D., Smetanska, I., 2013. Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. **Food Res. Int.** **50**, 670–675.
55. Singleton, V. L. and Rossi, J. A., 1965. Colorimetry of totalphenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, **16**, 144-158.

56. Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. 2006. Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. **Food chemistry**, **96**(2), 254-260.
57. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, **28**(1), 25-30.
58. Çam, M., Hışıl, Y., & Durmaz, G. 2009. Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods. **Food chemistry**, **112**(3), 721-726.
59. İcyer, N. C., 2012. Extraction of pomegranate peel phenolics with water and microencapsulation of the extracts. Turkey: Erciyes University. MSc thesis (in Turkish).
60. Cai, Y.Z., Corke, H., 2000. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. **J. Food Sci.** **65**, 1248–1252.
61. Turchiuli C., Fuchs M., Bohin M., Cuvelier E., Ordonnaud C., Peyrat- Maillard M.N., Dumoulin E., 2005. Oil encapsulation by spray drying and fluidised bed agglomeration. **Inn. Food Science. Emerg. Technology**, **6**, 29– 35.
62. Tatar, F., Tunç, M. T., Dervisoglu, M., Cekmecelioglu, D., & Kahyaoglu, T., 2014. Evaluation of hemicellulose as a coating material with gum arabic for food microencapsulation. **Food Research International**, **57**,168-17.
63. Gasztonyi, M. N., Daood, H., Hajos, M. T. ve Biacs, P. 2001. Comparison of red beet (*Beta vulgaris var conditiva*) varieties on the basis of their pigment components. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, **81**, 932-933.
64. Şimşek, A. (2019). Kırmızı Pancar (*Beta vulgaris L.*) Betalainleri Üzerine Termal Destekli Ultrasonik Ekstraksiyonun Etkisi. **Gıda**, **44**(2), 318-327.
65. Pérez-Loredo, M. G., García-Ochoa, F., & Barragán-Huerta, B. E. 2016. Comparative analysis of betalain content in *Stenocereus stellatus* fruits and other cactus fruits using principal component analysis. **International journal of food properties**, **19**(2), 326-338.
66. Castellanos-Santiago, E., & Yahia, E. M. 2008. Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 Mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **56**(14), 5758-5764.

67. Prakash Maran^a J., Manikandan^b, S., Mekala^c, V. 2013. Modeling and optimization of betalain extraction from *Opuntia ficus-indica* using Box–Behnken design with desirability function. **Industrial Crops and Products** **49**. 304– 311.
68. Havlikova, L., Mikova, K. and Kyzlink V., 1983. Heat Stability of Betacyanins, **Z.Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung**, **177**, 247-250.
69. Silva, H.R.P., Silva,C., Bolanho, B. 2018. Ultrasonic-assisted extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris* L.). *J Food Process Eng.* e12833.
70. Pedreno M.A., & Escribano J. 2001. Correlation between antiradical activity and stability of betanine from L roots under different pH, temperature and light conditions. **Journal of the Science of Food nd Agriculture**, **81**, 627-631).
71. Kushwaha¹, R., Kumar ², V., Vyas³, G., Kaur², J. 2018. Optimization of Different Variable for Eco-friendly Extraction of Betalains and Phytochemicals from Beetroot Pomace. **Waste Biomass Valor** **9**:1485–1494.
72. Sreeramulu, D. and Raghunath, M., 2010, Antioxidant activity and phenolic content of roots, tubers and vegetables commonly consumed in India. **Food Research International**, **43**, 1017-1020.
73. Righi Pessoa da Silva, H., da Silva, C., & Bolanho, B. C. 2018. Ultrasonic-assisted extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris* L.). **Journal of food process engineering**, **41**(6), e12833.
74. Ryan, L., Moran, A. ve Beard, P. C. 2011. Stability of the Total Antioxidant Capacity and Total Polyphenol Content of 23 Commercially Available Vegetable Juice before and after *in vitro* Digestion Measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu Methods. **Food Research International**, **44**, 217-224.
75. Karabekmez Erdem, T., 2009. Lipofilik Özellikte Polimerik Adsorban Malzemelerin Sentezlenmesi, Tanimlanmasi Ve Siyah Havuç (*Daucus Carota* L.) Suyundan Antosiyaninlerin İzolasyonunda Kullanimi. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 1-82.
76. Lee, S. M., Lee, K. T., Lee, S. H., & Song, J. K. 2013. Origin of human colour preference for food. **Journal of Food Engineering**, **119**(3), 508-515.
77. Amirasgari, N., & Mirsaeedghazi, H. (2016). Non-thermal production of natural betalain colorant concentrate from red beet extract by using the osmotic distillation. **Nutrition and Food Sciences Research**, **3**(2), 27-34.

78. Pashl., A., A. 2015. Assesment of black carrot, red beet, pomegranate and strawberry as starter culture source for sourdough bread. Istanbul technical university. 1-90.
79. Ray, S., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. 2016. An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. **Food Bioscience**, **13**, 76-83.
80. Muhammet İrfan, A. K. S. U., İhsan Güngör, Ş. A. T., & Ebru Erdemir, E. T. Kırmızı Pancar (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*. var. *conditiva*) Liyofilize Su Ekstraktının Bazı Kalite Özellikleri.
81. Özcan, K, 2018, Kırmızı Pancar Betalainlerinin Enkapsülasyonu. Gıda mühendisliği anabilim dalı, İzmir, 1-88.
82. Singh, B., & Hathan, B. S. 2017. Effect of different packaging materials on the storage study of beetroot powder. **Asian Journal of Dairy and Food Research**, **36**(1), 58-62.
83. Bazaria, B., & Kumar, P. 2018. Optimization of spray drying parameters for beetroot juice powder using response surface methodology (RSM). **Journal of the Saudi society of agricultural sciences**, **17**(4), 408-415.
84. Carmo, E. L. D., Teodoro, R. A. R., Félix, P. H. C., Fernandes, R. V. D. B., Oliveira, É. R. D., Veiga, T. R. L. A., ... & Botrel, D. A. 2018. Stability of spray-dried beetroot extract using oligosaccharides and whey proteins. **Food chemistry**, **249**, 51-59.
85. Robert, P., Torres, V., García, P., Vergara, C., & Sáenz, C. 2015. The encapsulation of purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp by using polysaccharide-proteins as encapsulating agents. **LWT-Food Science and Technology**, **60**(2), 1039-1045.
86. Castro-Muñoz, R., Barragán-Huerta, B. E., & Yáñez-Fernández, J. 2015. Use of gelatin-maltodextrin composite as an encapsulation support for clarified juice from purple cactus pear (*Opuntia stricta*). **LWT-Food Science and Technology**, **62**(1), 242-248.
87. Bazaria, B., & Kumar, P. 2016. Effect of whey protein concentrate as drying aid and drying parameters on physicochemical and functional properties of spray dried beetroot juice concentrate. **Food bioscience**, **14**, 21-27.

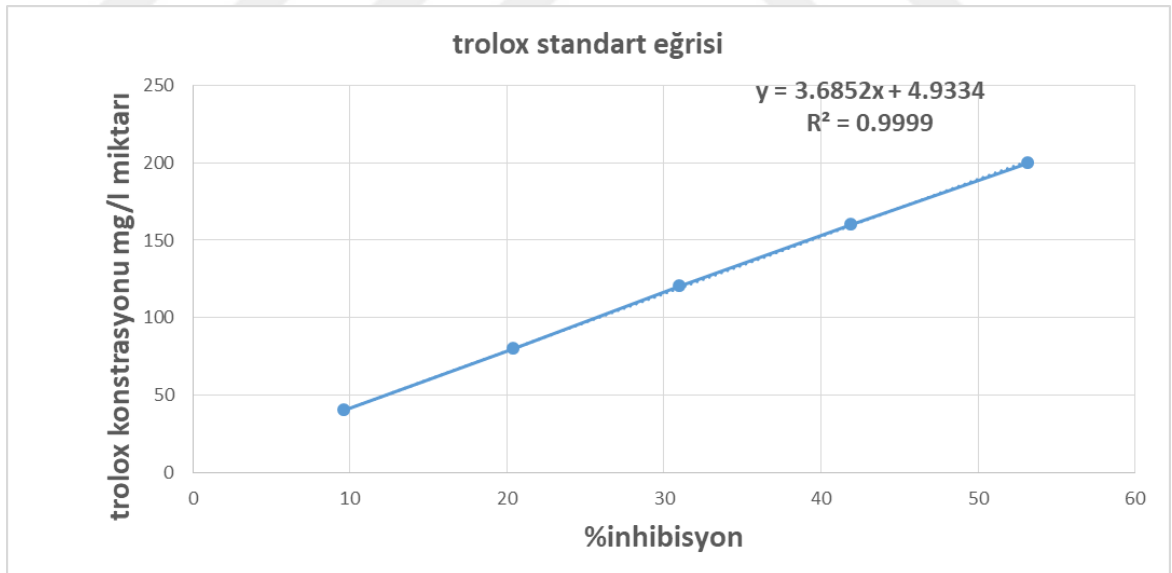
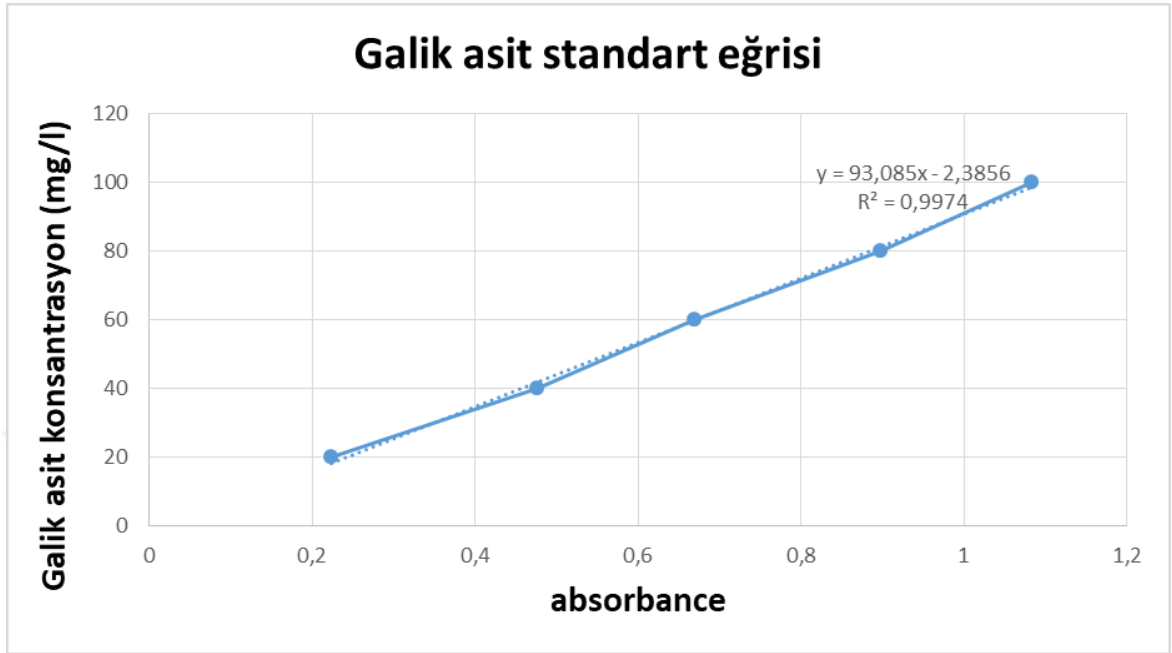
88. Bazaria, B., & Kumar, P. 2017. Effect of dextrose equivalency of maltodextrin together with Arabic gum on properties of encapsulated beetroot juice. **Journal of Food Measurement and Characterization**, **11**(1), 156-163.
89. Akhan, H. N., 2017. Pancar Antioksidanlarının Koaservasyon Metodu İle Enkapsülasyonu Ve Enkapsülasyon Parametrelerinin Kısmi Faktöriyel Tasarım İle Optimizasyonu. Gıda mühendisliği anabilim dalı. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.1-75.
90. Castro-Muñoz, R., Barragán-Huerta, B. E., & Yáñez-Fernández, J. 2015. Use of gelatin-maltodextrin composite as an encapsulation support for clarified juice from purple cactus pear (*Opuntia stricta*). **LWT-Food Science and Technology**, **62**(1), 242-248.
91. Naji, A., 2018. İntant Hibiskus Çayı Üretimi, Gıda mühendisliği anabilim dalı. Kayseri Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.1-97.
92. Uyan,S. E., 2004. Kara Havuç (*Daucus Carota* L.) Antosiyanin Ekstraktinin Püskürtmeli Kurutucu Kullanılarak Mikroenkapsülasyonu. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 1-188.
93. Boyraz, T., 2017. Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi İle Zenginleştirilmiş Meyve Aromalı Toz İçecek Üretimi, Gıda mühendisliği anabilim dalı. Kayseri Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 1-104.
94. Arslan, T., 2014. Dondurarak Kurutulmuş Kayısı Tozunun Bazı Özelliklerine Farklı Maltodekstrinlerin Etkisinin Belirlenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği, İnönü Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi. 1-63.
95. Tonon, R. V., Brabet, C., Pallet, D., Brat, P., & Hubinger, M. D. 2009. Physicochemical and morphological characterisation of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced with different carrier agents. **International journal of food science & technology**, **44**(10), 1950-1958.
96. Yüksel, H., (2018). Püskürtmeli Kurutma Yöntemleriyle Elde Edilmiş Sebze Suyu Tozlarına Aglomerasyon İşleminin Uygulanması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 142s.
97. Caliskan Koc G., Dirim S. N., 2017. influence of the different drying agents on the production of spinach powder by spray drying. **Innovations in Food Science and Technology**, **82**: 2873-2884.

98. Ng, M. L., Sulaiman, R., 2018. Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying. **LWT- Food Science and Tchnology**, **88**: 80-86.
99. Çiğdem, B. 2019. Kırmızı Pancardan Ultrasound Ön Uygulamalı Protein İzolatı Eldesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 1-83.
100. Ferrari, C. C., Germer, S. P. M., & de Aguirre, J. M. 2012. Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder. **Drying Technology**, **30**(2), 154-163.
101. Fang, Y., Selomulya, C., Chen, X. D., 2008. On measurement of food powder reconstitution properties, **Drying technology**, **26**(1): 3-14.
102. Tunç Odabaş, M. T., 2018. Toz Ürünlerin Karakterizasyonu. <https://www.google.com/search?q=toz+%C3%BCr%C3%BCnlerin+karakterizasyonu&oq=toz+%C3%BCr%C3%BCnlerin+karakterizasyonu&aqs=chrome..69i57.10852j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8> (erişim tarihi: Mayıs 2019).
103. Talih, M., Çalışkan, g., Dirim, s., N. 2016. Farklı Mikrodalga Güçlerinin Ve Ürün Kalınlıklarının Kırmızı Pancarın Kuruma Süresi Ve Toz Ürün Özellikleri Üzerine Etkisi. Gıda mühendisliği anabilim dalı. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 1-31.
104. Fitzpatrick, J. J., Barringer, S. A., & Iqbal, T. 2004. Flow property measurement of food powders and sensitivity of Jenike's hopper design methodology to the measured values. **Journal of Food Engineering**, **61**(3), 399-405.
105. Santhalakshmy, S., Bosco, S. J. D., Francis, S., & Sabeena, M. 2015. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, **274**, 37-43.
106. Teunou, E., & Fitzpatrick, J. J. 2000. Effect of storage time and consolidation on food powder flowability. **Journal of Food Engineering**, **43**(2), 97-101.
107. Saifullah, M., Yusof, Y. A., Chin, N. L., & Aziz, M. G. 2016. Physicochemical and flow properties of fruit powder and their effect on the dissolution of fast dissolving fruit powder tablets. **Powder technology**, **301**, 396-404.
108. Quek, S. Y., Chok, N. K., & Swedlund, P. 2007. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, **46**(5), 386-392.

109. Lee, S.-M., Lee, K.-T., Lee, S.-H., Song, J.-K., 2013. Origin of human colour preference for food. **Journal of Food Engineering**, **119** (3): 508-515.
110. Figiel, A. (2010). Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. **Journal of Food Engineering**, **98**(4), 461-470.



EKLER



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Suhaila DAHI
Uyruğu: Afganistan(A.F)
Doğum Tarihi ve Yeri: 31.08.1990 - Faryab
Medeni Durum: Evli
e-mail: suhailadahi@gmail.com
Yazışma Adresi: Bahçelievler Mah. Park. Cd. Duran. Apt. 19/8 Talas /
 KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Gıda Mühendisliği	2020Yıl
Lisans	Jawzjan Üniversitesi, Kimya Mühendisliği	2013Yıl
Lise	Qazançi baba	2008Yıl

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2013-Halen	Jawzjan Üniversitesi Kadrosu	Akademisyen

YABANCI DİL

İngilizce. Türkçe. Farsçe. Hintçe. Urduce.