

**TARIMSAL GIDA ATIKLARINDAN GELENEKSEL VE
YEŞİL ÇÖZÜCÜLERLE ANTOSİYANİN PİGMENT
EKSTRAKSİYONUNUN İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF ANTHOCYANIN PIGMENT
EXTRACTION BY CONVENTIONAL AND GREEN
SOLVENTS FROM AGRICULTURAL FOOD WASTES**

ZEYNEP TEZEL

PROF. DR. ZÜMRİYE AKSU

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

ÖZET

TARIMSAL GIDA ATIKLARINDAN GELENEKSEL VE YEŞİL ÇÖZÜCÜLERLE ANTOSİYANİN PİGMENT EKSTRAKSİYONUNUN İNCELENMESİ

Zeynep TEZEL

Yüksek Lisans, Kimya Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zümriye AKSU

Temmuz 2024, 126 sayfa

Bu tez çalışması kapsamında endüstriyel gıda atıklarından siyah havuç ve kırmızı pancar posalarından kesikli sistemde çözücü olarak su, sitrik asit ve askorbik asit çözeltileri ve farklı derin ötektik çözücüler kullanılarak ekstraksiyonla katma değeri yüksek antosiyanin ve betalain pigmentlerin eldesi araştırılmıştır.

Çalışmaların ilk kısmında kesikli karıştırmalı sistemde, kurutulmuş siyah havuç posası(KSHP) ve kurutulmuş kırmızı pancar posası(KKPP)'ndan antosiyanin ve betalain pigment ekstraksiyonunda suyun çözücü olarak kullanıldığı durumda sıcaklığın, ön işlemin (dondurma ve kurutma), karıştırma hızının, tanecik boyut aralığının ve katı/sıvı oranının ekstraksiyon hız ve verimine etkileri araştırılmıştır. KSHP'den suya antosiyanin ekstraksiyonunda 50°C sıcaklık, 160 rpm karıştırma hızı, 0,065mm<dp<0,355mm tanecik boyut aralığı ve 1/10 katı/sıvı oranı en uygun çalışma koşulları olarak belirlenmiş olup, bu koşullarda dengede çözücüye geçen antosiyanin derişimi 4,97 g antosiyanin/L su, birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarı ise 0,957 g antosiyanin/g

KSHP olarak saptanmıştır. KKPP'den suya betalain ekstraksiyonunda ise, 20°C, 160 rpm karıştırma hızı, 0,355mm dp<math><0,850\text{mm}</math> tanecik boyut aralığı ve 1/10 katı/sıvı oranı en uygun çalışma koşulları olarak tespit edilmiş ve bu koşullarda dengede çözücüye geçen betalain derişimi 27,5 g betalain/L su, birim KKPP kütlesinden ekstrakte edilen betalain miktarı 5,59 g betalain /g KKPP olarak bulunmuştur.

Çalışmaların bir sonraki aşamasında, kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'den antosiyanin ve KKPP'den betalain ekstraksiyonunda sudan başka, çözücü olarak farklı derişimlerdeki sitrik asit ve askorbik asit çözeltileri ile (Kolin Klorür+Askorbik Asit+Su)'dan, (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)'dan ve (Betain+Askorbik Asit+Su)'dan oluşan derin ötektik çözücü(DÖÇ)'ler kullanılarak, çözücü türünün pigment ekstraksiyon hız ve verimine etkileri araştırılmıştır. Kurutulmuş siyah havuç posasından (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)'dan oluşan DÖÇ'e en hızlı ve verimli ekstraksiyonun gerçekleştiği gözlenmiş ve dengede çözücüye ekstrakte edilen en yüksek antosiyanin derişimi 10,72 g/L DÖÇ ve birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen en yüksek antosiyanin miktarı ise 2,10 g antosiyanin/g KSHP olarak saptanmıştır. Kurutulmuş kırmızı pancar posasından suya en hızlı ve verimli ekstraksiyonun gerçekleştiği gözlenmiş ve dengede çözücüye ekstrakte edilen en yüksek betalain derişimi 27,5 g/L su ve birim KKPP kütlesinden ekstrakte edilen en yüksek betalain miktarı ise 5,59 g betalain/g KKPP olarak tespit edilmiştir.

Çalışmaların daha sonraki aşamasında kesikli karıştırmalı ekstraksiyonun yanı sıra ultrason destekli kesikli sistemde de her iki posadan pigment ekstraksiyonu, kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda bulunan en uygun çalışma koşullarında gerçekleştirilmiştir. KSHP'den kesikli karıştırmalı ve ultrason destekli antosiyanin ekstraksiyonunda elde edilen ekstraksiyon kapasitelerinin çok farklı olmadığı, ancak KKPP'den kesikli karıştırmalı sistemdeki betalain ekstraksiyonunun ultrason destekli ekstraksiyondan çok daha yüksek kapasiteyle gerçekleştiği görülmektedir.

Çalışmaların son kısmında ise KSHP'den antosiyaninin ve KKPP'den betalainin suyla ekstraksiyonunda elde edilen en uygun çalışma koşullarında, suyla, asidik çözeltilerle ve DÖÇ'lerle yapılan ekstraksiyon deneylerinin sonunda elde edilen ekstraktlardaki antosiyanin ve betalain pigmentlerinin kararlılığı 25°C'de oda koşulları-gün ışığı, 25°C'de oda koşulları-karanlık ortam, 4°C'de karanlık ortamda araştırılmış ve her iki pigment için de 25°C'de gün ışığı ortamındaki bozunmanın en yüksek, bozunmanın

4°C’de karanlık ortamda ise en düşük olduğu görülmüştür. Tüm ortam koşullarında antosiyanin için 15 gün sonunda (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)’dan oluşan DÖÇ’teki bozunmanın diğer çözücülere kıyasla en düşük (%5,08), betalain için ise 7 gün sonunda su ortamındaki bozunmanın diğer çözücülere kıyasla en düşük olduğu (%2,59) gözlenmiştir.

Tez çalışmasında ayrıca çalışılan her bir ekstraksiyon sisteminin kinetik davranışı ikinci dereceden ekstraksiyon kinetiğiyle tanımlanarak kinetik sabitler bulunmuştur.

Bu tez çalışmasıyla siyah havuç ve kırmızı pancar posalarından, katma değeri yüksek antosiyanin ve betalain pigmentlerin verimli, ekonomik ve çevre dostu yöntemlerle eldesi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Siyah Havuç Posası, Kırmızı Pancar Posası, Kesikli Karıştırmalı ve Ultrason Destekli Ekstraksiyon, Yeşil Çözücü, Derin Ötektik Çözücü (DÖÇ), Pigment, Antosiyanin, Betalain

ABSTRACT

INVESTIGATION OF ANTHOCYANIN PIGMENT EXTRACTION BY CONVENTIONAL AND GREEN SOLVENTS FROM AGRICULTURAL FOOD WASTES

Zeynep TEZEL

Master of Science, Department of Chemical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Zümriye AKSU

July 2024, 126 pages

In this thesis study, the extraction of high-value anthocyanin and betalain pigments from industrial food waste, specifically black carrot and red beet pomaces, was investigated using water, citric acid, and ascorbic acid solutions, and various deep eutectic solvents in a batch system.

In the initial part of the study, the effects of temperature, pretreatment (freezing and drying), stirring speed, particle size range, and solid/liquid ratio on the extraction rate and yield of anthocyanin and betalain pigments from dried black carrot pomace (DBCP) and dried red beet pomace (DRBP) using water as a solvent were examined. For anthocyanin extraction from DBCP with water, the optimal conditions were determined to be a temperature of 50°C, a stirring speed of 160 rpm, a particle size range of 0.065mmdp0.355 mm, and a solid/liquid ratio of 1/10. Under these conditions, the equilibrium concentration of anthocyanin in the solvent was found to be 4.97 g anthocyanin/L water, with the amount of anthocyanin extracted per unit mass of DBCP

being 0.957 g anthocyanin/g DBCP. For betalain extraction from DRBP with water, the optimal conditions were determined to be a temperature of 20°C, a stirring speed of 160 rpm, a particle size range of 0.355 mm<math> < dp < 0.850 \text{ mm}</math>, and a solid/liquid ratio of 1/10. Under these conditions, the equilibrium concentration of betalain in the solvent was found to be 27.5 g betalain/L water, with the amount of betalain extracted per unit mass of DRBP being 5.59 g betalain/g DRBP.

In the next phase of the study, the effects of different solvents on the extraction rate and yield of anthocyanin from DBCP and betalain from DRBP were investigated. In addition to water, solvents including citric acid and ascorbic acid solutions at various concentrations, and deep eutectic solvents (DES) composed of (Choline Chloride+Ascorbic Acid+Water), (Choline Chloride+Citric Acid+Water), and (Betaine+Ascorbic Acid+Water) were used. It was observed that the most rapid and efficient extraction of anthocyanin from DBCP occurred with the DES composed of (Choline Chloride+Citric Acid+Water), with the highest equilibrium concentration of anthocyanin in the solvent being 10.72 g/L DES and the highest amount of anthocyanin extracted per unit mass of DBCP being 2.10 g anthocyanin/g DBCP. The most rapid and efficient extraction of betalain from DRBP occurred with water, with the highest equilibrium concentration of betalain in the solvent being 27.5 g/L water and the highest amount of betalain extracted per unit mass of DRBP being 5.59 g betalain/g DRBP.

In the subsequent phase, pigment extraction from both pomaces was performed using ultrasound-assisted batch systems under the optimal conditions found in the batch stirred systems. It was found that the extraction capacities obtained from the batch stirred and ultrasound-assisted anthocyanin extraction from DBCP were not significantly different. However, the extraction capacity of betalain from DRBP in the batch stirred system was much higher than that in the ultrasound-assisted system.

In the final part of the study, the stability of anthocyanin and betalain pigments in the extracts obtained under the optimal conditions using water, acidic solutions, and DES was investigated under different storage conditions; at room temperature (25°C) with daylight exposure, at room temperature (25°C) in darkness, and at 4°C in darkness. It was observed that the degradation of both pigments was highest under daylight exposure at 25°C and lowest in darkness at 4°C. For anthocyanin, the lowest degradation (5.08%) was observed in the DES composed of (Choline Chloride+Citric Acid+Water) after 15 days under all

storage conditions. For betalain, the lowest degradation (2.59%) was observed in water after 7 days under all storage conditions.

Additionally, the kinetic behavior of each extraction system studied in this thesis was described using second-order extraction kinetics, and kinetic constants were determined.

This thesis successfully demonstrated the efficient, economical, and environmentally friendly extraction of high-value anthocyanin and betalain pigments from black carrot and red beet pomaces.

Keywords: Black Carrot Pomace, Red Beet Pomace, Batch Stirred and Ultrasound-Assisted Extraction, Green Solvent, Deep Eutectic Solvent (DES), Pigment, Anthocyanin, Betalain

İÇİNDEKİLER

ÖZET	İ
ABSTRACT.....	İV
TEŞEKKÜR.....	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.
İÇİNDEKİLER	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
ÇİZELGELER DİZİNİ	XVI
SİMGELER VE KISALTMALAR	XXI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Gıda Atıkları.....	3
2.2. Gıda Katkı Maddeleri.....	5
2.3. Fenolik Bileşikler	7
2.3.1. Antosiyaninler	9
2.3.2. Betalainler.....	13
2.4. Ekstraksiyon.....	16
2.4.1. Katı-Sıvı Ekstraksiyon Yöntemleri	17
2.4.1.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon.....	17
2.4.1.2. Ultrason Destekli kesikli Ekstraksiyon.....	17
2.4.2. Ekstraksiyonu Etkileyen Faktörler	18
2.5. Çözücüler	19
2.5.1. Geleneksel Çözücüler	19
2.5.2. Derin Ötektik Çözücüler.....	20
3. KESİKLİ SİSTEMDE DENEY SİSTEMİNİN MATEMATİKSEL TANIMLANMASI	24

3.1. Pigment Ekstraksiyonunda Posadan Çözücüye Geçen Pigment Derişimi (C) ve Posanın Pigment Ekstraksiyon Kapasitesi (q)	24
3.2. Başlangıç Ekstraksiyon Hızı.....	24
3.3. Ekstraksiyon Kinetiğinin Tanımlanması	25
4. DENEY SİSTEMİ VE YÖNTEMLERİ	26
4.1. Siyah Havuç ve Kırmızı Pancar Posalarının Ekstraksiyon İçin Hazırlanması	26
4.2. Kurutulmuş Siyah Havuç Posasından ve Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Pigment Ekstraksiyonunda Kullanılan Çözücülerin Hazırlanması	28
4.2.1. Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit ve Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Hazırlanması	28
4.2.2. Farklı Derin Ötektik Çözücülerin Hazırlanması	28
4.3. Ekstraksiyon Çalışmaları	29
4.3.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon Çalışmaları	29
4.3.2. Ultrason Destekli Kesikli Ekstraksiyon Çalışmaları.....	31
4.4. Pigment Ekstraktlarının Kararlık Çalışmaları	31
4.5. Analiz Yöntemleri	31
4.5.1. Elde Edilen Antosiyanin ve Betalain Pigmentlerin Yapısal Karakterizasyonu	31
4.5.2. Antosiyanin ve Betalain Pigmentlerin Analizi	32
5. DENEYSEL SONUÇLAR.....	33
5.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon Çalışmaları	33
5.1.1. Suyun Çözücü Olarak Kullanıldığı Ekstraksiyon Çalışmaları.....	33
5.1.1.1. Siyah Havuç Posası Çalışmaları.....	33
5.1.1.2. Kırmızı Pancar Posası Çalışmaları	53
5.1.2. Sitrik Asit ve Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Ekstraksiyon Çalışmaları	73
5.1.2.1. Siyah Havuç Posası Çalışmaları.....	73
5.1.2.2. Kırmızı Pancar Posası Çalışmaları	78

5.1.3. Derin Ötektik Çözücülerle Yapılan Ekstraksiyon Çalışmaları.....	83
5.1.3.1. Siyah Havuç Posası Çalışmaları	83
5.1.3.2. Kırmızı Pancar Posası Çalışmaları	88
5.2. Ultrason Destekli Kesikli Sistem Ekstraksiyon Çalışmaları	92
5.3. Elde Edilen Pigment Ekstraktlarının Kararlılık Çalışmaları	96
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	101
7. KAYNAKLAR	115
EKLER.....	122
EK 1. Kurutulmuş Siyah Havuç Posasından Ve Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Elde Edilen Ekstraktların FTIR Analizleri	122
EK 2. Antosiyanin Pigment Tayini	124
EK. 3. Betalain (Betasiyanin+Betaksantin) Pigment Tayini	125
ÖZGEÇMİŞ	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Fenolik Bileşiklerin Sınıfları ve Bu Gruptaki Bileşiklerin Temel Kimyasal Yapıları[17]	8
Şekil 2.2. Antosiyaninin Kimyasal Yapısı [21].....	9
Şekil 2.3. Bitkilerde bulunan başlıca antosiyaninler [29]	10
Şekil 2.4. Flavilyum İyon Yapısı [29].....	11
Şekil 2.5. Antosiyanidin (sol) ve betasiyaninin (sağ) kimyasal yapıları [38]	13
Şekil 2.6. Betalamik asit (a), betasiyanin(b) ve betaksantin(c) [41]	14
Şekil 2.7. HBA olarak ChCl (kolin klorür) ve HBD olarak alkolün kullanıldığı DÖÇ etkileşimi [68]	22
Şekil 2.8. İki bileşenli faz diyagramında ötektik noktanın gösterilmesi[70]	23
Şekil 4.1. Siyah Havuç Posasının Kurutma Doğrusu.....	27
Şekil 4.2. Kırmızı Pancar Posasının Kurutma Doğrusu	27
Şekil 5.1. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Katı/Sıvı=1/40; Karıştırma Hızı=120 rpm; Çözücü=Su).....	34
Şekil 5.2. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Katı/Sıvı=1/40; Karıştırma Hızı=120 rpm; Çözücü=Su).....	35
Şekil 5.3. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları.....	36
Şekil 5.4. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Siyah Havuçtan Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=120 rpm, Çözücü=Su).....	37
Şekil 5.5. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Siyah Havuçtan Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=50°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=120 rpm, Çözücü=Su).....	38

Şekil 5.6. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Siyah Havuçtan Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	40
Şekil 5.7. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C, Katı/Sıvı=1/40, Çözücü=Su)	41
Şekil 5.8. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=50°C, Katı/Sıvı=1/40, Çözücü=Su).....	42
Şekil 5.9. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	44
Şekil 5.10. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su)	45
Şekil 5.11. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri	46
Şekil 5.12. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	48
Şekil 5.13. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Elde Edilen Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C, 0,065mm<dp<0,355mm, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su).....	49
Şekil 5.14. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=50°C, 0,065mm<dp<0,355mm, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su).....	50
Şekil 5.15. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	52

Şekil 5.16. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde YKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Katı/Sıvı=1/40; Karıştırma Hızı=120 rpm; Çözücü=Su).....	53
Şekil 5.17. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde YKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Katı/Sıvı=1/40; Karıştırma Hızı=120 rpm; Çözücü=Su)	54
Şekil 5.18. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde YKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları.....	56
Şekil 5.19. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Kırmızı Pancardan Betalain Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=120 rpm, Çözücü=Su)	57
Şekil 5.20. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Kırmızı Pancardan Betalain Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=120 rpm, Çözücü=Su)	58
Şekil 5.21. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Kırmızı Pancardan Betalain Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları.....	60
Şekil 5.22. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Çözücü=Su)	61
Şekil 5.23. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Çözücü=Su).....	62
Şekil 5.24. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	64
Şekil 5.25. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su)	65

Şekil 5.26. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su).....	66
Şekil 5.27. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	68
Şekil 5.28. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Elde Edilen Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C, 0,355mm <math>< dp < 0,850\text{mm}</math>, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su)	69
Şekil 5.29. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Bulunan Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su).....	70
Şekil 5.30. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	72
Şekil 5.31. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Çözücü Olarak 10 mM Sitrik Asit ve 10 mM Askorbik Asitin Kullanıldığı Durumda Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10)	74
Şekil 5.32. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10)	74
Şekil 5.33. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=50°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10)	75
Şekil 5.34. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	77
Şekil 5.35. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Çözücü Olarak 10 mM Sitrik Asit ve 10 mM Askorbik Asitin Kullanıldığı Durumda Çözücüye	

Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10).....	78
Şekil 5.36. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10).....	79
Şekil 5.37. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10).....	80
Şekil 5.38. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Derişimlerdeki Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	82
Şekil 5.39. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Farklı Hacimsel Oranda Su İçeren Kolin Klorür ve Askorbik Asitten Oluşan DÖÇ'lere Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C; Katı/Sıvı=1/10).....	84
Şekil 5.40. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Elde Edilen Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C; Katı/Sıvı=1/10).....	85
Şekil 5.41. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KSHP'dan Antosiyanin Ekstraksiyonunda Elde Edilen Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=50°C; Katı/Sıvı=1/10)....	86
Şekil 5.42. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	87
Şekil 5.43. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Elde Edilen Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C; Katı/Sıvı=1/10).....	88
Şekil 5.44. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Elde Edilen Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C; Katı/Sıvı=1/10)....	89
Şekil 5.45. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	90

Şekil 5.46. Ultrason Destekli Kesikli Sistemde KSHP'den Antosiyanin ve KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Çözücüye Geçen Antosiyanin ve Betalain Derişimlerinin Zamanla Değişim Eğrileri (KSHP için sıcaklık=50°C, KKPP için sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/10, KSHP için çözücü=100 mM Sitrik Asit, KKPP için çözücü=1 mM Askorbik Asit).....	92
Şekil 5.47. Ultrason Destekli Kesikli Sistemde KSHP'den Antosiyanin ve KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Birim Posa Kütlesinden Ekstrakte Edilen Pigment Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (KSHP için sıcaklık=50°C, KKPP için Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/10, KSHP için çözücü=100 mM Sitrik Asit, KKPP için Çözücü=1 mM Askorbik Asit)	93
Şekil 5.48. Ultrason Destekli Kesikli Sistemde KSHP'den Antosiyanin ve KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları	95
Şekil 5.49. Farklı Saklama Koşullarında Kurutulmuş Siyah Havuç Posasından Su, 100 mM Sitrik Asit Çözeltisi ve (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)'dan Oluşan Çözücülerle Antosiyanin Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Denge Antosiyanin Derişiminin Bekleme Süresine Bağlı Değişimlerinin Sütun Grafikleri.....	97
Şekil 5.50. Farklı Saklama Koşullarında Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Su, 1 mM Askorbik Asit Çözeltisi ve (Betain+Askorbik Asit+Su)'dan Oluşan Çözücülerle Betalain Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Betalain Derişiminin Bekleme Süresine Bağlı Değişimlerinin Sütun Grafikleri.....	98
Şekil 6.1. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyaninin ve KKPP'den Betalainin Suya Ekstraksiyonunda Saptanan En Uygun Çalışma Koşullarında Çözücüye Geçen Pigment Derişiminin Zamanla Değişim Eğrilerinin Karşılaştırılması	104
Şekil 6.2. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyaninin ve KKPP'den Betalainin Suyla Ekstraksiyonunda Elde Edilen En Uygun Çalışma Koşullarında Farklı Çözücülerle Pigment Ekstraksiyonunda Çözücüye Geçen Pigment Derişiminin Zamanla Değişim Eğrilerinin Karşılaştırılması	106
Şekil 6.3. Kesikli Karıştırmalı ve Ultrason Destekli Kesikli Sistemlerde KSHP'den Antosiyaninin ve KKPP'den Betalainin Suyla Ekstraksiyonunda Elde Edilen En Uygun Çalışma Koşullarında, 100 Mm Sitrik Asit Çözücüsüyle KSHP'den Antosiyanin ve 1 Mm Askorbik Asit Çözücüsüyle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonlarında Çözücüye Geçen Pigment Derişimlerinin Zamanla Değişim Eğrilerinin Karşılaştırılması	109

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Coğrafi Konumlarına Göre Bazı Tarımsal Gıda Atıklarının Tahmini Ağırlık Değerleri [3]	4
Çizelge 2.2. Bir Proseste Önemli Olan Temel Özelliklere Göre Geleneksel ve Derin Ötektik Çözücülerin Karşılaştırılması [64,65]	21
Çizelge 2.3. DÖÇ'lerin Yapılarını Oluşturan Bileşenlerine Göre Sınıflandırılması [70]	22
Çizelge 4.1. Suyun Çözücü Olarak Kullanıldığı Ekstraksiyon Deneğinde Her İki Posa İçin İncelenen Parametreler ve Çalışma Aralıkları	30
Çizelge 4.2. Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit ve Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Ekstraksiyon Deneğinde Her İki Posa İçin İncelenen Parametreler ve Çalışma Aralıkları	30
Çizelge 4.3. Farklı Derin Ötektik Çözücülerle Gerçekleştirilen Ekstraksiyon Deneğinde Her İki Posa İçin İncelenen Parametreler ve Çalışma Aralıkları.....	31
Çizelge 5.1. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları.....	35
Çizelge 5.2. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri.....	36
Çizelge 5.3. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Siyah Havuçtan Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları.....	39
Çizelge 5.4. Kesikli Karıştırmalı Sistemle Siyah Havuçtan Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri	40
Çizelge 5.5. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları.....	43

Çizelge 5.6. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri.....	44
Çizelge 5.7. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları	47
Çizelge 5.8. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri	48
Çizelge 5.9. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları	51
Çizelge 5.10. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri.....	52
Çizelge 5.11. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde YKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları	55
Çizelge 5.12. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde YKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri	56
Çizelge 5.13. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları	59
Çizelge 5.14. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Kırmızı Pancardan Betalain Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen	

Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri	60
Çizelge 5.15. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Denge de Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları	63
Çizelge 5.16. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Deneysel ve Teorik Denge de Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri.....	64
Çizelge 5.17. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Denge de Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları	67
Çizelge 5.18. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Deneysel ve Teorik Denge de Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri	68
Çizelge 5.19. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Bulunan Denge de Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları	71
Çizelge 5.20. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Bulunan Deneysel ve Teorik Denge de Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri.....	72
Çizelge 5.21. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Bulunan Denge de Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları.....	76
Çizelge 5.22. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Bulunan Deneysel ve Teorik Denge de Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri.....	77

Çizelge 5.23. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Bulunan Dengede Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları	81
Çizelge 5.24. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Derişimlerdeki Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengede Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri.....	82
Çizelge 5.25. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Elde Edilen Dengede Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları	86
Çizelge 5.26. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengede Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri	87
Çizelge 5.27. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Elde Edilen Dengede Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları.....	89
Çizelge 5.28. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengede Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri	91
Çizelge 5.29. Ultrason Destekli Kesikli Sistemde KSHP'dan Antosiyanin ve KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Bulunan Dengede Çözücüye Geçen Pigment Derişimleri ve Birim Kuru Posa Kütlesinden Ekstrakte Edilen Pigment Miktarları.....	93
Çizelge 5.30. Ultrason Destekli Kesikli Sistemde KSHP'den Antosiyanin ve KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengede Çözücüye Geçen Pigment Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri	95
Çizelge 5.31. Farklı Saklama Koşullarında Kurutulmuş Siyah Havuç Posasından Su, 100 mM Sitrik Asit Çözeltisi ve (Kolin Klorür + Sitrik Asit + Su)'dan Oluşan Çözücülerle	

Antosiyenin Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Antosiyenin Belli Bekleme Süreleri Sonunda Bulunan Bozunma Yüzdeleri	99
Çizelge 5.32. Farklı Saklama Koşullarında Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Su, 1 mM Askorbik Asit Çözeltisi ve (Betain+Askorbik Asit+Su)'dan Oluşan Çözücülerle Betalain Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Betalainin Belli Bekleme Süreleri Sonunda Bulunan Bozunma Yüzdeleri.....	100
Çizelge 6.1. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyenin ve KKPP'den Betalainin Suyu Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda, Posaya Uygulanan Farklı Ön İşlemlerde, Farklı Karıştırma Hızlarında, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında ve Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Elde Edilen Dengeye Çözücüye Geçen Pigment Derişimlerinin ve Birim Kuru Posa Kütlesinden Ekstrakte Edilen Pigment Miktarlarının Karşılaştırılması	102
Çizelge 6.2. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyenin ve KKPP'den Betalainin Suyu Ekstraksiyonunda Elde Edilen En Uygun Çalışma Koşullarında Farklı Çözücülerle Pigment Ekstraksiyonunda Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Pigment Derişimlerinin ve Birim Kuru Posa Kütlesinden Ekstrakte Edilen Pigment Miktarlarının Karşılaştırılması	105
Çizelge 6.3. Kesikli Karıştırmalı ve Ultrason Destekli Kesikli Sistemlerde KSHP'den Antosiyenin ve KKPP'den Betalainin Suyu Ekstraksiyonunda Elde Edilen En Uygun Çalışma Koşullarında, 100 Mm Sitrik Asit Çözücüsüyle KSHP'den Antosiyenin ve 1 Mm Askorbik Asit Çözücüsüyle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonlarında Elde Edilen Dengeye Çözücüye Geçen Pigment Derişimlerinin ve Birim Kuru Posa Kütlesinden Ekstrakte Edilen Pigment Miktarlarının Karşılaştırılması	108
Çizelge 6.4. Farklı Saklama Koşullarında Kurutulmuş Siyah Havuç Posasından Farklı Çözücülerle Antosiyenin Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Antosiyenin 15 Gün Bekleme Süresi Sonundaki; Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Farklı Çözücülerle Betalain Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Betalainin 7 Gün Bekleme Süresi Sonundaki Bozunma Yüzdelerinin Karşılaştırılması	111
Çizelge 6.5. Literatürde Siyah Havuçtan Antosiyenin ve Kırmızı Pancardan Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Çözücülerle ve Farklı Ekstraksiyon Yöntemleriyle Bulunan Sonuçların Tez Sonuçlarıyla Karşılaştırılması	112

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

C : Herhangi bir anda çözücüye geçen toplam pigment derişimi (g toplam pigment/L çözücü)

C_{den} : Denge de çözücüye geçen toplam pigment derişimi (g toplam pigment/L çözücü)

$C_{den,ant}$: Denge de çözücüye geçen toplam antosiyanin pigment derişimi (g toplam antosiyanin pigment/L çözücü)

$C_{den,ant,deneysel}$: Deneysel olarak bulunan, denge de çözücüye geçen toplam antosiyanin pigment derişimi (g toplam antosiyanin pigment/L çözücü)

$C_{den,ant,teorik}$: Teorik olarak bulunan, denge de çözücüye geçen toplam antosiyanin pigment derişimi (g toplam antosiyanin pigment/L çözücü)

$C_{den,bet}$: Denge de çözücüye geçen toplam betalain pigment derişimi (g toplam betalain pigment/L çözücü)

$C_{den,bet,deneysel}$: Deneysel olarak bulunan, denge de çözücüye geçen toplam betalain pigment derişimi (g toplam betalain pigment/L çözücü)

$C_{den,bet,teorik}$: Teorik olarak bulunan, denge de çözücüye geçen toplam betalain pigment derişimi (g toplam betalain pigment/L çözücü)

h : Başlangıç ekstraksiyon hızı (g/L dk)

$h_{ant,deneysel}$: Toplam antosiyanin pigmentin deneysel olarak bulunan, başlangıç ekstraksiyon hızı (g/L dk)

$h_{ant,teorik}$: Toplam antosiyanin pigmentin teorik olarak bulunan, başlangıç ekstraksiyon hızı (g/L dk)

$h_{bet,deneysel}$: Toplam betalain pigmentin deneysel olarak bulunan, başlangıç ekstraksiyon hızı (g/L dk)

$h_{bet,teorik}$: Toplam betalain pigmentin teorik olarak bulunan, başlangıç ekstraksiyon hızı (g/L dk)

k_2 : İkinci derece ekstraksiyon hız sabiti (L/g dk)

M : Ekstrakte edilen kurutulmuş posa miktarı (g)

V : Ekstraksiyonda kullanılan çözücü hacmi (L)

q : Herhangi bir anda birim kuru posa kütlesi başına ekstrakte edilen toplam pigment miktarı (g toplam pigment/g kurutulmuş posa)

q_{den} : Ekstraksiyon bitiminde ulaşılan denge durumunda (kararlı halde) birim kuru posa kütlesi başına ekstrakte edilen toplam pigment miktarı (g toplam pigment/g posa)

$q_{den,ant}$: Ekstraksiyon bitiminde ulaşılan denge durumunda (kararlı halde) birim kurutulmuş siyah havuç posa kütlesi başına ekstrakte edilen toplam antosiyanin pigment miktarı (g toplam betalain pigment /g KSHP)

$q_{den,bet}$: Ekstraksiyon bitiminde ulaşılan denge durumunda (kararlı halde) birim kurutulmuş kırmızı pancar posa kütlesi başına ekstrakte edilen toplam betalain pigment miktarı (g toplam betalain pigment /g KKPP)

Kısaltmalar

DKKP	: Dondurulmuş Kırmızı Pancar Posası
DÖÇ	: Derin Ötektik Çözücü
dp	: Tanecik Boyut Aralığı
DSHP	: Dondurulmuş Siyah Havuç Posası
KKPP	: Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası
KP	: Kırmızı Pancar
KPP	: Kırmızı Pancar Posası
KSH	: Kurutulmuş Siyah Havuç
KSHP	: Kurutulmuş Siyah Havuç Posası
SH	: Siyah Havuç
YKPP	: Yaş Kırmızı Pancar Posası
YSHP	: Yaş Siyah Havuç Posası
UDE	: Ultrason Destekli Ekstraksiyon

1. GİRİŞ

Tüketici bilincinin artması ile gıda endüstrisinde doğal renklendiricilere olan talep artmaktadır. Özellikle meyve ve sebze işletme tesisinden çıkan kabuk, çekirdek, posa gibi tarımsal gıda atıklarından elde edilen pigmentlerin kullanımını sürdürülebilirlik ve sağlık açısından büyük avantajlar sunmaktadır. Bu gıda atıklarının renklendirici olarak değerlendirilmesi, çevresel etkilerin azaltılmasına da katkı sağlamaktadır. Örneğin, kırmızı pancar ve siyah havuç gibi ürünlerin fabrikada işlenmesi ile meydana gelen atık posa, yüksek miktarda doğal pigment içermekte olup bu pigmentler gıda boyası olarak kullanılabilir. Bu uygulama ile hem atıkların yeniden kullanılması sağlanmakta hem de gıdalarda kullanılan sentetik renklendiricilere olan bağımlılık azalmaktadır. Ayrıca siyah havuç ve kırmızı pancar gibi ürünlerden elde edilen doğal renklendiricilerin antioksidan özellikleri yüksektir ve bu da tüketici sağlığını destekleyici bir faktördür.

Türkiye, siyah havuç ve kırmızı pancar üretimi açısından oldukça önemli bir konumda bulunmaktadır. Siyah havuç, özellikle Konya'nın Ereğli ilçesinde yoğun olarak yetiştirilmektedir. Kırmızı pancar üretimi ise genellikle İç Anadolu, Marmara ve Akdeniz bölgelerinde yaygındır. Gıda sanayinde çeşitli şekillerde kullanılmakta olan siyah havuç, doğal bir renklendirici olarak özellikle şalgam, meyve suları, gazlı içecekler ve bazı tatlı ürünlerinde tercih edilmektedir. Siyah havuç, antosiyanin pigment içeriği sayesinde gıdalara mor ve mavi tonlarında renk vermektedir. Kırmızı pancar ise hem besin değeri hem de renk verici özellikleri ile gıda sanayinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Pancar suyu doğal bir renk verici ve tatlandırıcı olarak çeşitli içeceklerde kullanılmaktadır. Kırmızı pancara rengini veren betalain (azotlu antosiyanin ve betaksantinden oluşan) pigmenti, özellikle yoğurt, dondurma ve şekerleme gibi ürünlerde doğal renklendirici olarak kullanılmaktadır. Antosiyaninler ve betalainler bitkilerde yaygın olarak bulunan pigmentlerden iki tanesidir. Bu bileşikler, bitkilerin renklerini oluşturan önemli kimyasal maddelerden olup, farklı kimyasal yapılara ve fiziksel özelliklere sahiptirler.

Bu tez çalışması kapsamında, ekstraksiyonla siyah havuç posasından antosiyanin pigment eldesi ve kırmızı pancar posası atıklarından toplam betalain eldesi verimli, ekonomik ve çevre dostu yöntemler kullanılarak araştırılmıştır. Deneysel çalışmaların ilk kısmı kesikli karıştırmalı sistemde gerçekleştirilmiş olup, ekstraksiyonda çözücü olarak su, askorbik asit ve sitrik asit çözeltileri ve farklı derin ötektik çözücüler kullanılmıştır. Su ile yapılan

ekstraksiyon çalışmalarında siyah havuç posasından antosiyanin ve kırmızı pancar posasından betalain pigmentlerin eldesinde sıcaklığın, karıştırma hızının, tanecik boyut aralığının, katı/sıvı oranının ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır. Her iki posa için bulunan en uygun çalışma koşullarında asidik çözelti­lerden hazırlanan çözücülerle çözelti derişiminin, derin ötektik çözücülerde de farklı bileşimlerin ekstraksiyon hız verimlerine etkileri incelenmiştir. Çalışmaların daha sonraki aşamasında, her iki posa türü için su ve asidik çözelti­ler ile ekstraksiyonda bulunan en uygun çalışma koşullarında ultrason destekli kesikli ekstraksiyon çalışmaları gerçekleştirilmiş ve kesikli karıştırmalı ekstraksiyon sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmaların son aşamasında ise elde edilen her iki pigment için sıcaklık ve ışığın pigmentlerin yapısal kararlılığı üzerindeki zaman bağlı etkileri incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Gıda Atıkları

Büyüyen küresel nüfusla birlikte dünya genelinde büyük miktarlarda gıda atığı meydana gelmektedir. Gıda atıkları, gıdaların üretilmesi, işlenmesi veya tüketilmesi gibi farklı aşamalarda oluşmaktadır.[1] Gıda endüstrileri her yıl ekonomi, çevre ve beslenme sorunu haline gelen milyonlarca ton atık üretmektedir. Gıda atıkları önemli miktarlarda fenolik bileşik, diyet lifleri, polisakkarit, vitamin, karotenoid, pigment ve yağ içermektedir. Özellikle insan sağlığı üzerinde oldukça yararlı olan bu bileşiklerin; gıda, ilaç, kozmetik, gübre, kimya ve hayvan yemi gibi endüstrilerde doğal katkı maddeleri ya da yenilenebilir gıdalar olarak geliştirilip tekrar kullanılma potansiyeli yüksektir. Bu atıkların karakterizasyonu ve yeniden kullanımı ile gıda endüstrisinde sürdürülebilirliği sağlamak başta iklim değişikliği olmak üzere çoğu çevre sorununa katkıda bulunacak ve çevresel etkileri azaltacaktır [2].

Gıda tedarik zinciri boyunca hammadde taşıma ve depolama, üretim, sevkiyat ve tüketim sırasında atıkların oluştuğu belirli aşamalar vardır. Depolama ve taşıma sırasında haşere ve ortam koşulları nedeni ile meydana gelen ürün bozunmaları atık oluşturmaktadır. Üretim sırasında yıkama, soyma, kaynatma gibi aşamalarda oluşan kayıplar ve yan ürünler proses atıklarıdır. Toptan ve perakende satışlar sırasında ürünlerin hasar görmesi, son kullanma tarihlerinin geçmesi sebebiyle de atık meydana gelmektedir. En fazla gıda atığının olduğu aşama ise tüketici davranışı sonucunda oluşan kayıplardır. Gıda tedarik zinciri boyunca oluşan bu atıklar genel olarak, tarımsal gıda atıkları ve hayvansal gıda atıkları olarak sınıflandırılmaktadır. Tarımsal gıda atıkları, tahıl, meyve ve sebzelerden kaynaklanan bitkisel atıklardır. Et, balık ve kümes hayvanları endüstrisinde meydana gelen atıklar ise hayvansal gıda atıklarını oluşturmaktadır [3].

2021 Gıda Atığı Endeksi Raporuna göre, 2019 yılında %61'i evsel, %26'sı gıda hizmetlerinden ve %13'ü perakende satışlardan olmak üzere yaklaşık 931 milyon ton gıda atığı meydana gelmiştir [4]. Gıda kaybının ve israfının azaltılması konusu Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kapsamında olup, üretim maliyetlerini düşürmek, gıda güvenliği ve beslenmeyi iyileştirmek, çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamak açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda 2030 yılına kadar küresel gıda israfının, perakende ve tüketici düzeyinde yarıya indirilmesi, tedarik zinciri boyunca da (hasat sonrası kayıplar dahil) azaltılması hedeflenmektedir [5].

Tarımsal Gıda Atıkları

Dünya çapında özellikle tedarik zinciri boyunca büyük miktarlarda tarımsal gıda atığı açığa çıkmakta ve değerli biyoaktif bileşenler içeren yan ürünler oluşmaktadır. Oluşan atık ve yan ürünlerin çevre, toplum ve ekonomi üzerindeki etkileri önemli bir sorun haline gelmeye başlamıştır. Gıda atıklarının yönetiminde ilk seçenek atık oluşumunu önlemektir. Atıkların geri dönüşümü ve yeniden kullanımı ikincil seçenekler arasında değerlendirilmektedir [6].

Tarımsal atıklar geçmiş dönemlerde yakılmakta ya da hasat işleminden sonra tarlada çürümeye bırakılmaktaydı. Ancak araştırmalar sonucunda, bertaraf için kullanılan bu yöntemlerin, çevre için tehlike potansiyelinin yüksek olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle oluşan atıkların sürdürülebilir kullanımlarını sağlayıp, olası kirlilik oluşturma ihtimallerini azaltmak için yeni yaklaşımlar geliştirilmesi gerekmektedir [1]. Son yıllarda yapılan biyoteknolojik ve nanoteknolojik çalışmalar, tarımsal gıda atıklarını değerlendirmek, yeni ve yeşil uygulanabilirliği geliştirmek için kullanılmaktadır [6].

Tarımsal atıklar yüksek karbon miktarına sahip selülozik liflerden oluşmaktadır. Ürün hasadından kaynaklanan atıklar (tarla kalıntıları) ve ürünler işlendikten sonra oluşan atıklar (proses kalıntıları) olarak iki kategoriye ayrılır. Tarla kalıntıları genellikle yaprak ve saplardan oluşurken, proses kalıntıları kabuk, posa ve çekirdekten oluşmaktadır [7]. Çizelge 2.1.'de coğrafi konumlarına göre oluşan bazı tarımsal gıda atıklarının tahmini ağırlık değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Coğrafi Konumlarına Göre Bazı Tarımsal Gıda Atıklarının Tahmini Ağırlık Değerleri [3]

Atık Türü	Tahmini Değeri (Ton/Yıl)	Bölge
Zeytin posası	2.881.500	Dünya çapında
Domates posası	4.000.000	Avrupa
Buğday samanı	57.000	Amerika Birleşik Devletleri
Patates kabuğu	70–140	Dünya çapında
Şeker kamışı küspesi	0,600	Brezilya
Üzüm posası	700	Fransa
Elma posası	3.000.000–4.200.000	Dünya çapında
Pirinç kabuğu	120.000	Dünya çapında

Portakal kabuğu	700	Amerika Birleşik Devletleri
Tahıl atıkları	40.000–45.000	Avrupa

Tarımsal gıda atıkları yüksek dayanıklılığı, çevre dostu olması, düşük maliyeti, yeniden kullanılabilirliği ve ulaşılabilir olması sayesinde büyük ölçüde araştırılmakta ve uygulama alanı bulunmaktadır. Son yıllarda gıda endüstrisi faaliyetleri neticesinde oluşan tarımsal gıda atıklarından katma değeri yüksek fenolik bileşiklerin eldesi ile ilgili yapılan çalışmalara olan ilgi artmıştır [1]. Özellikle meyve ve sebzelerin işlenmesi sonrasında meydana gelen posa atıklarının değerlendirilmesi ile geri kazanılan antioksidan özellikteki pigmentler, polisakkaritler, biyopolimerler gıda, kozmetik ve ilaç gibi pek çok sektörde yeniden kullanılabilir [6].

Meyve işleme endüstrileri dünya çapında 0,5 milyon tondan fazla atık oluşturmaktadır. Küresel çapta meyve ve sebze işleme atıkları sonucu oluşan posa, çekirdek ve kabuk yapıları, flavonoid, lif, aroma vericiler, renklendiriciler ve antioksidan gibi biyoaktif bileşiklerin geri kazanılmasında iyi bir alternatif hammadde kaynağıdır. Geri kazanılan bu bileşikler, sentetik gıda katkı maddelerine oluşan güvensizlik nedeni ile gıda sektöründe yeni, ekonomik ve doğal katkı maddeleri olarak kullanılmaktadır [6, 8].

2.2. Gıda Katkı Maddeleri

Gıdalarda kullanılan katkı maddeleri, gıdayı korumak, gıdanın tadını arttırmak ve görünüşünü güçlendirmek için gıdaya eklenen yardımcı maddelerdir. Besleyici özellikleri çok az olan ya da hiç olmayan fakat renklendirici, aroma verici, koruyucu özellikler içeren bu yardımcı maddeler gıda ve hayvan yemlerinin üretim veya depolama süreçleri sırasında kullanılmaktadır [9]. Resmi gazetede yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde gıda katkı maddeleri "Besleyici değeri olsun veya olmasın, tek başına gıda olarak tüketilmeyen ve gıdanın karakteristik bileşeni olarak kullanılmayan, teknolojik bir amaç doğrultusunda üretim, muamele, işleme, hazırlama, ambalajlama, taşıma veya depolama aşamalarında gıdaya ilave edilmesi sonucu kendisinin ya da yan ürünlerinin, doğrudan ya da dolaylı olarak o gıdanın bileşeni olması beklenen maddeleri" şeklinde tanımlanmıştır [10]. 1333/2008 sayılı Avrupa Birliği Yönetmeliği ise gıda katkı maddelerini "normalde gıda olarak tüketilmeyen, gıdanın karakteristik bileşeni olmayan ve gıdaya yönetmelikte açıklanan teknolojik bir amaç için kasıtlı olarak eklenen maddeler" olarak tanımlamıştır.

Gıda katkı maddeleri

- Renklendiriciler
- Tatlandırıcılar
- Renklendiriciler ve tatlandırıcılar dışında kalan gıda katkı maddeleri

olmak üzere 3 grupta inceleyebilir.

Gıdalarda Kullanılan Renklendiriciler (Pigmentler)

Gıda boyası ya da renk katkı maddesi olarak bilinen renklendiriciler, gıdalarda ve ilaç ve kozmetik ürünler gibi gıda dışı uygulamalarda kullanılan önemli endüstriyel kimyasallardır [12, 13].

Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde gıda katkı maddesinin renklendirici olarak kullanılabilmesi için aşağıdaki hükümler belirlenmiştir.

“a) Gıdanın renginin; işleme, depolama, paketlenme ve dağıtımdan etkilenerek, görsel kabul edilebilirliğinin zarar görmesi durumunda gıdanın orijinal görünümünü geri kazandırması,

b) Gıdayı görsel olarak daha cazip hale getirmesi,

c) Renksiz gıdaya renk vermesi” [10].

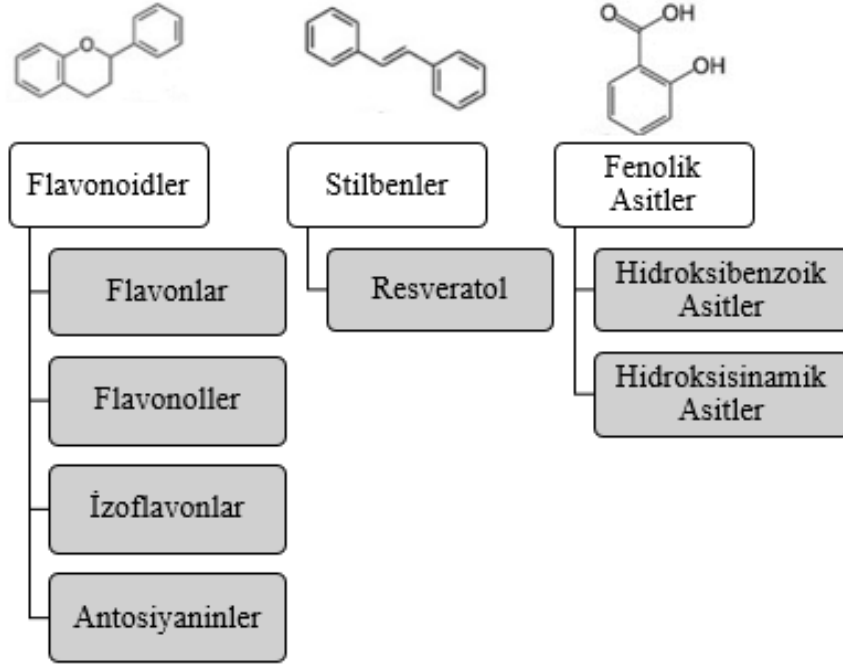
Renklendiriciler doğal, yarı sentetik ve sentetik olmak üzere üç alt gruba ayrılır. Doğal renklendiriciler, çeşitli gıda maddeleri ve doğal maddelerden elde edilmektedir. Elde edilen bu doğal boyalar, renklendirici ajan olarak antioksidan özellikli antosiyanin (E 163) ve betalain (E¹ 162), klorofil (E 140), karoten (E160) gibi bileşikler içermekte olup özellikle gıda, ilaç ve kozmetik alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır [10, 12].

¹ E kodu: “Gıda katkı maddelerini tanımlamak ve herhangi bir karışıklığa yol açmamak için kullanılan Avrupa Birliği'nin (EC) simgesi olarak E harfi ve üç rakamlı sayıdan ibaret kodlardır. Avrupa Birliği tarafından her katkı maddesi için belirlenir. Doğal veya sentetik olsun gıda maddelerinde kullanılan ve katkı maddesi olarak tanımlanan tüm kimyasallar bu kodlama sisteminin içindedir.”

Son yıllarda gelişen teknolojinin sunduğu imkanlar ve artan tüketici bilinci ile sentetik katkı maddeleriyle renklendirilen yiyeceklerin tercih edilmemesi nedeniyle, endüstride gıda renklendirmek için doğal kaynaklar aranmaya başlanmıştır [15]. Bu sayede gıda, kozmetik, ilaç gibi pek çok sektörde doğal renklendirici olarak kullanılan, bitkilerden elde edilen ve güçlü antioksidan özellikleri sayesinde birçok hastalığın gelişme riskini önleyen fenolik bileşiklere olan ilgi artmaya başlamıştır. Antioksidanlar, renklendiriciler, tatlandırıcılar, renklendiriciler ve tatlandırıcılar dışında kalan gıda katkı maddeleri içinde yer alan ve oksidasyon nedeni ile oluşan renk değişikliklerine karşı gıdaları korumakta ve gıdaların raf ömrünü arttırmakta kullanılan bileşiklerdir [11].

2.3. Fenolik Bileşikler

Polifenoller olarak da adlandırılan fenolik bileşikler temelde flavonoidler, stilbenler, fenolik asitler olmak üzere 3 ana gruba ayrılmaktadır. Şekil 2. 1.'de fenolik bileşiklerin sınıflandırılması ve her gruptaki bileşiklerin temel kimyasal yapıları sunulmuştur. Fenolik asitler, bitkilerde yaygın olarak bulunan, yapısında bir benzen halkası ve bir karboksil grubu bulunduran organik bileşiklerdir. Stilbenler, iki benzen halkasının bir etilenle bağlanması sonucu oluşan, bitkinin savunma mekanizmasında rol oynayan fenolik bileşiklerdir. Flavonoidler ise bitkilerin renk, büyüme hızı gibi özelliklerini geliştiren ve bitkilerin hastalıklara karşı direncini arttıran fenolik bileşiklerdir. Fenolik bileşiklerin büyük bir bölümünü oluşturan flavonoidler grubunda, antosiyaninler, flavonlar, flavonoller, kumarinler, taninler gibi insan sağlığı üzerinde pek çok yararı olan bileşikler yer almaktadır [16, 17].



Şekil 2.1. Fenolik Bileşiklerin Sınıfları ve Bu Gruptaki Bileşiklerin Temel Kimyasal Yapıları[17]

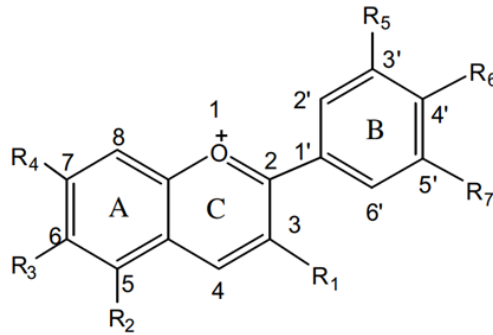
Fenolik bileşikler benzen halkasında bulunan hidrojen atomlarının hidroksil grupları ile yer değiştirmesi sonucu üretilen bileşiklerdir. Molekülün içerdiği hidroksil grubu sayısına göre monofenoller ve polifenoller olarak sınıflandırılmaktadırlar [18]. Özellikle son yıllarda popüler hale gelen bitkisel polifenoller gıdalara renk, tat, koku gibi özellikler vermektedir. Ayrıca antiinflamatuar ve antioksidan özellikleri sayesinde metabolizmayı düzenlerken kronik hastalık riskini de azaltırlar [17]. İnsan sağlığı üzerindeki yararlı etkilerinin yanı sıra, bitkiyi ultraviyole ışınlarına ve patojen saldırılarına karşı koruyan fenolik bileşikler ikincil metabolitler olarak bilinmektedir [19]. Fenolik bileşikler içinde yer alan flavonoidler merkezi bir C3 halkasına bağlı iki aromatik halkadan oluşmaktadır. Şimdiye kadar 5000'den fazla flavonoid çeşidi tanımlanmıştır. Özellikle meyve ve sebzelerin renk oluşumunda görev aldığı gibi birçok renksiz flavonoid çeşidi de bulunmaktadır. Ayrıca flavonoidler enzim aktiviteleri üzerindeki pozitif etkileri, antiinflamatuar, antialerjen, antidiyaretik özellikleri sayesinde araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Antosiyaninler ise bitkilerde en yaygın bulunan ve en çok tanınan flavonoid türleri arasında yer almaktadır [17, 20].

2.3.1. Antosiyaninler

Antosiyaninler, sunduğu geniş renk yelpazesi ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri sebebiyle özellikle gıda, ilaç, kozmetik sektöründe önemli bir kullanım potansiyeline sahip doğal renklendiricilerdendir [21]. Antosiyanin kelimesi Yunanca '*anthos*' anlamına gelen çiçek ve Yunanca '*kyanos*' anlamına gelen koyu mavi sözcüklerinin birleşmesiyle oluşmuştur [22]. Antosiyaninler bitkilerin çiçek, yaprak, gövde ve meyve kısımlarında pembe, kırmızı, mor ve mavinin farklı tonlarının oluşmasını sağlamaktadır. Bitkilerde renk oluşturmanın yanı sıra, bitkilerin çoğalma, savunma ve fizyolojik mekanizmasında da antosiyaninler önemli rol oynamaktadır [20, 22].

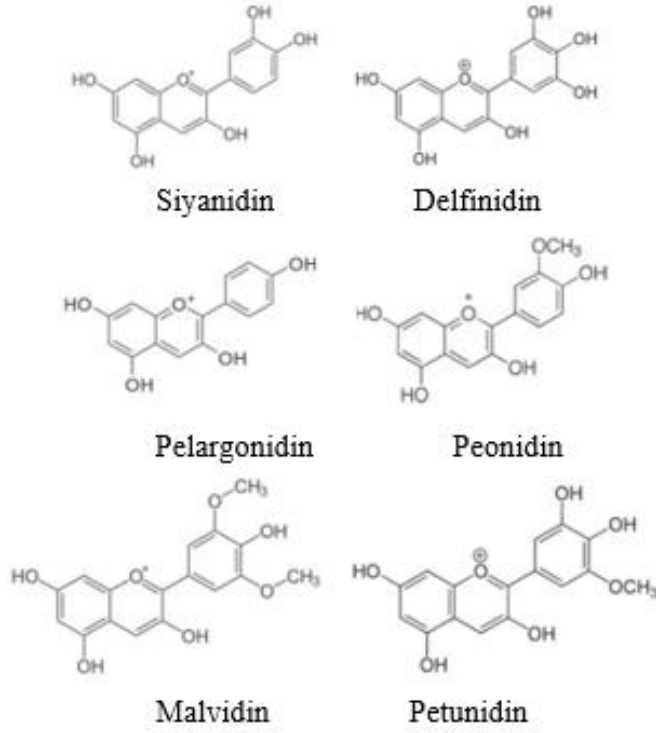
Antosiyaninlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Genellikle damarlı bitkilerin çiçek, meyve ve yapraklarında bulunan antosiyaninler [22] temel olarak, bir antosiyanidin ve bir ya da birden fazla şeker molekülünün bağlanması ile oluşmaktadır. Antosiyaninlerin aglikon kısmını oluşturması ile bilinen antosiyanidin, flavilyum iyon yapısına sahiptir. Bu yapı oksijen içeren heterosilik bir halkaya bağlı (C) aromatik halkanın (A) üçüncü bir aromatik halkaya (B) karbon bağı ile bağlanması ile oluşur [21]. Şekil 2.2.'de antosiyaninin kimyasal yapısı yer almaktadır.



Şekil 2.2. Antosiyaninin Kimyasal Yapısı [21]

Yaygın olarak bilinen antosiyanidinler ve renkleri; pelargonidin (turuncu-kırmızı), siyanidin (kırmızı), peonidin (kırmızı-mor), delfinidin (mavi), petunidin (mavi-mor) ve malvidin (mor)'dir [23]. Bu 6 antosiyanidin meyve ve sebzelerde farklı oranlarda bulunmaktadır ve tanımlanan tüm antosiyaninlerin yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır [24]. Şekil 2.3.'de yaygın olarak kullanılan bu antosiyaninlerin kimyasal yapıları verilmiştir.



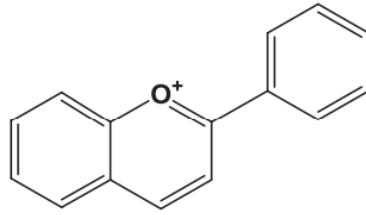
Şekil 2.3. Bitkilerde bulunan başlıca antosiyaninler [29]

Antosiyaninlerin en önemli özelliklerinden biri suda çözünmeleri ve ortam pH'ına bağlı olarak renk değiştirmeleridir. Renk değiştirme flavylyum iyonunun rezonant yapısı etkisiyle meydana gelmektedir [23]. Hidroksilasyon, metilasyon, asilasyon ve glikozilasyon işlemleri flavylyum iyonunun yapısını değiştirmektedir. Böylece antosiyaninlerin renk ve kararlılığı etkilenmektedir. Şekil 2.2.'deki B halkasına bağlanan hidroksil grubu sayısının artması, antosiyanin rengini maviye çevirirken, metilasyon işlemiyle antosiyanin rengi kırmızıya kaymaya başlar [20].

Antosiyaninlerin Kararlılıklarını Etkileyen Faktörler

Flavylyum iyon varlığı ve kendine özgü elektron dağılımı, antosiyaninlerin kararlılığını diğer polifenollere göre hem in vitro hem de in vivo ortamlarda daha çok etkilemektedir. Bunun yanı sıra, oldukça kararsız olan antosiyaninlerin kararlılığına etki eden faktörlerin başında pH, ışık, sıcaklık, oksijen ve metal iyonları varlığıdır [25]. Geniş bir renk yelpazesine sahip olan antosiyaninlerin antioksidan özelliklerinden en iyi şekilde yararlanabilmek için kararlılıklarının nasıl etkilendiği bilinmelidir [26] [27].

pH'taki değişimler antosiyaninin iyonik yapısını ve dolayısı ile antosiyanin rengini etkilemektedir [28]. Asidik koşullarda flavilyum katyonu (Şekil 2.4.) etkisiyle antosiyaninler kırmızı renk almaktadır. Antosiyaninler, nötr pH'ta mor renkliken, artan pH değerlerinde ise maviye dönüşmektedir. Düşük pH'larda baskın olan flavilyum katyonu, antosiyanin molekülünün suda daha fazla çözünmesini sağlamaktadır. Bu sayede düşük pH değerlerinde antosiyaninlerin kararlılığı artmaktadır. Bununla birlikte su derişimindeki azalma flavilyum katyonundan protonun uzaklaşma hızını arttırarak, renkteki kararlılığın azalmasına neden olmaktadır. [29].



Şekil 2.4. Flavilyum İyon Yapısı [29]

Antosiyaninlerin moleküler yapısında kararsızlığa neden olan bir diğer kritik faktör ise sıcaklıktır. Sıcaklık arttıkça antosiyaninlerin bozunma hızı artmaktadır. Yapılan çalışmalarına göre bozunma hızının artmasının nedeni, antosiyanin kararsızlığını azaltan 3-glikozit bağının sıcaklık etkisi ile hidrolize olmasıdır [30]. Sıcaklık artışı aynı zamanda gıdanın işleme ve depolama süreçlerinde de antosiyanin ve diğer pigmentlerin bozunmasına neden olmaktadır. Özellikle oksijen varlığında gerçekleşen termal bozunma, kahverengi ürün oluşumuna neden olmaktadır [27].

Işık varlığı, antosiyanin kararlılığını etkileyen bir diğer parametredir. Antosiyaninler ışıktan iki farklı şekilde etkilenmektedir. Antosiyaninlerin biyosentezi için ışık gereklidir ancak ışık aynı zamanda antosiyaninlerin parçalanma hızını da arttırmaktadır [26, 27]. Gıda işleme sırasında, antosiyanin içerikli yapıların maruz kaldığı ışık da antioksidan aktiviteyi de olumsuz yönde etkilemekte ve bozunma hızını arttırmaktadır [31].

Antosiyaninlerin kararlılığını etkileyen bir başka parametre ise oksijendir. Ortamdaki oksijen varlığı antosiyaninin enzimatik oksidasyonu hızlandırmaktadır. Termal işlemler sırasındaki bozunma ve renk kaybının büyük bir bölümü oksijen varlığından kaynaklanan oksidasyonla olmaktadır [32].

Antosiyaninler ve İnsan Sağlığı İlişkisi

Laboratuvar ortamında yapılan deneyler sırasında antosiyaninlerin sağlık üzerindeki potansiyel gücü kanıtlanmıştır. Etkisi doğrulanmış faydalar arasında insan vücudunda kanser hücresi çoğalmasını baskılama, kan basıncını azaltma, pişmiş gıdalarda mutajenlerin sebep olduğu mutasyonları inhibe etme, yüksek miktarda antiinflamatuar ve antimikrobiyal aktivite gösterme, görme kabiliyetinde iyileşmeler, karaciğer yaralanmalarına karşı koruma yer almaktadır. Farklı fizyolojik etkileri sayesinde antosiyanin tüketimi; kanser, diyabet, kardiyovasküler ve nörolojik rahatsızlıklar gibi daha çok yaşam tarzıyla ilgili olan hastalıkları önlemede de önemli rol oynamaktadır [33].

Antosiyanin Kaynakları

Ticari olarak kullanılmakta olan antosiyaninler genel olarak siyah havuç, kırmızı üzüm, kırmızı lahana, böğürtlen, ahududu gibi sebze ve meyvelerden elde edilmektedir.

Siyah havuçta bol miktarda bulunan ve güçlü antioksidan özelliklere sahip antosiyaninler, asidik ortamlarda parlak kırmızı bir tona sahip olduğundan, siyah havucun içecek, konserve, jöle ve şekerleme gibi endüstriyel gıdalarda sentetik renklendiricilere alternatif doğal bir renklendirici olabileceği düşünülmektedir [34].

Siyah Havuç

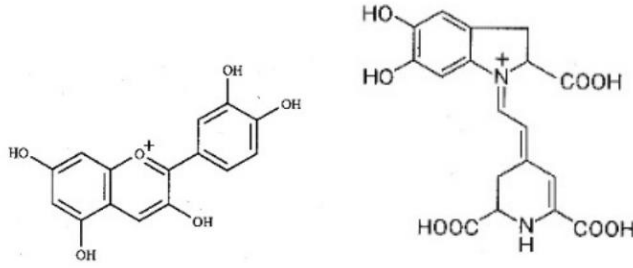
Siyah havuç, özellikle doğu ülkelerinde 3000 yılı aşkın süredir bilinmektedir. Günümüzde Türkiye, Mısır gibi ülkelerde ve Uzak Doğu ülkelerinde hala yetiştirilmektedir. Avrupa'da ise orta çağdan sonra siyah havuç yetiştirilmeye başlanmıştır. Bu nedenle havuçlar bazen doğu havuçları ya da antosiyanin havuçları (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) ve batı havuçları ya da karoten havuçları (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *sativus*) olarak iki gruba ayrılabilir.[35]

Siyah havuç indirgenmemiş şekerlerin baskın olduğu karbonhidratların; kalsiyum, demir, magnezyum ve fosfor minerallerinin; folik asit, askorbik asit gibi vitaminlerin yer aldığı, yüksek miktarda antosiyanin içeren, %86 ile %89 aralığında yüksek su içeriğine sahip olan bir kök sebzedir. Çoğunlukla antosiyaninlerden oluşan fenolik bileşikler yoğun olarak kökün dış katmanında bulunmaktadır. İklim, toprak ve genetik faktörlere bağlı olarak bu bileşenlerin miktarı değişmektedir. Ayrıca yapılan araştırmalar sonucunda siyah havucun antioksidan özelliklerinin turuncu, sarı ve beyaz havuçtan daha yüksek

olduğu tespit edilmiştir [37]. Yapılan birçok çalışmada siyah havuçtaki antosiyanin içeriğinin yaklaşık 1750 mg/kg taze ağırlık olduğu bulunmuştur [36].

2.3.2. Betalainler

Bitkilerin çiçek, gövde ve yapraklarında kırmızıdan maviye geniş bir renk yelpazesine sahip antosiyaninler, kimyasal yapılarında azot içerdikleri için azotlu antosiyaninler ve daha sonra da betasiyaninler olarak adlandırılmışlardır [38]. Antosiyanidin ve betasiyanin yapıları Şekil 2.4'te karşılaştırılmıştır. Antosiyaninlere kıyasla pH değişimlerine karşı daha kararlı davranış sergileyen betalainler genellikle asidik ve nötr ortamda renklerini korurlar. Ayrıca, antosiyaninler gibi yüksek antioksidan etkiye sahip olan betalainler, ısı ve ışığa karşı antosiyaninlere göre daha kararlıdır ancak, uzun süreli maruziyet durumlarında bozunabilirler. Betalainler, genel olarak antosiyaninlerle renklendirmenin mümkün olmadığı pH (3-7) aralığında renklendirici olarak kullanılmaktadır [39].



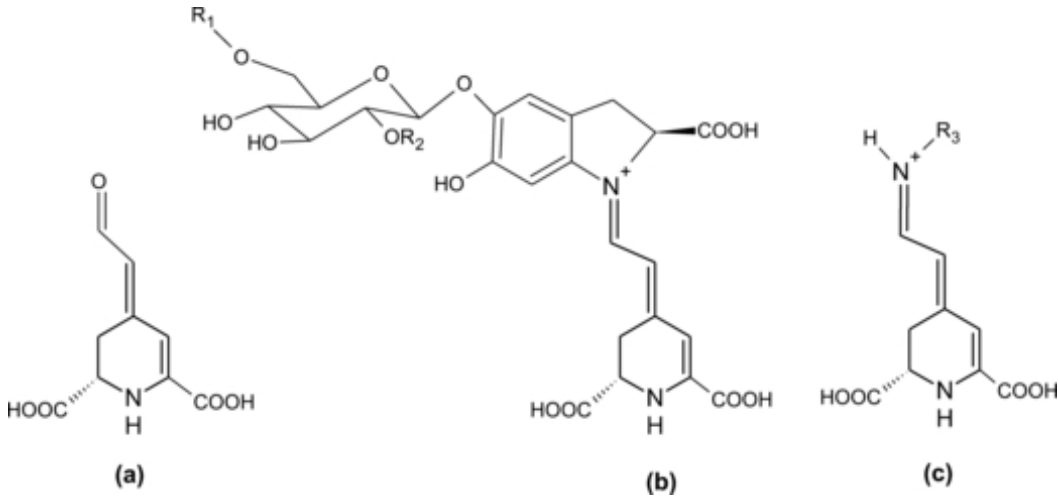
Şekil 2.5. Antosiyanidin (sol) ve betasiyaninin (sağ) kimyasal yapıları [38]

Betalainler, betasiyanin ve betaksantin yapılarının bir arada bulunduğu, suda çözünebilir, azot içeren ve özellikle kırmızı pancarda yüksek miktarda bulunan bitkisel pigmentlere verilen isimdir [39]. Bu pigmentler, gıdaları renklendirmek, gıdaların rengini korumak ve besin değerini arttırmak için gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Betalainlerin Avrupa Birliği tarafından gıda renklendiricisi olarak kullanımı onaylanmış olup, kodu E-162'dir [40].

Betalainlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Betalainler içerdikleri betasiyaninler ve betaksantinlerin kimyasal yapılarına, ışığı absorbe etme miktarlarına ve renklerine göre farklı renk ve kararlılık özelliği göstermektedir. Betasiyaninler kırmızı ve mor renkten sorumlu iken, betaksantinler sarı-turuncu renkten sorumludur [39]. Betalainlerin genel yapısı incelendiğinde, Şekil 2.6. (a)'da yer alan halkalı yapının, tüm betalainlerde ortak olan betalamik asit olduğu

görülmektedir. Betalamik asit ile siklo-3,4-dihidroksifenilalanin molekülü birleşerek Şekil 2.6. (b)'de gösterilen betasiyanin yapısı oluşmaktadır. Ve yine betalamik asit ile aminoasit yada amin gruplarının birleşmesi ile Şekil 2.6. (c)'de yer alan betaksantin molekülü meydana gelmektedir [41].



Şekil 2.6. Betalamik asit (a), betasiyanin(b) ve betaksantin(c) [41]

Moleküler yapı ve kullanılan çözücüye bağlı olarak betalainin alt grubu olan betasiyaninlerin sahip olduğu absorbans spektrumunun en büyük dalga boyu yaklaşık 535-538 nm arasında iken, diğer alt grup betaksantinlerin absorbans spektrumunun en yüksek dalga boyu yaklaşık 460-480 nm arasındadır [42].

Betalainlerin Kararlılıklarını Etkileyen Faktörler

Tüm doğal pigmentlerde olduğu gibi, betalainlerin de kararlılıkları sentetik pigmentler ile karşılaştırıldığında daha düşüktür. Özellikle sıcaklık, pH, ışık ve oksijen varlığı betalain üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Bunun yanı sıra ortamda bulunan metal iyonları, betalain derişiminin az olması ve dolayısı ile su aktivitesinin fazla olması da betalain kararlılığını azaltan faktörler arasında yer almaktadır. Betalainlerin gıda endüstrisinde doğal renklendirici olarak kullanılabilmesi için kararlılık üzerinde etkisi olan bu faktörlerin dikkatle yönetilmesi gerekmektedir [43].

Sıcaklık, betalainlerin kararlılığını büyük ölçüde etkileyen parametrelerin başında yer almaktadır. Betalainler, 50°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda hızla bozunmakta ve 100°C'de ise belirgin bir renk kaybına uğramaktadır. Isıya maruz kaldıklarında betalain yapıda yer alan betasiyaninler ve betaksantinler; neobetasiyaninler ve betalamik asit gibi sarı renkli bileşiklere dönüşmektedirler [41].

Ortam pH'ı, betalain kararlılığı üzerinde önemli rol oynayan bir diğer faktördür. Betalainler, genellikle nötr veya hafif asidik pH koşullarında kararlıdır. Betalainler, pH 3-7 aralığında renklerini ve kimyasal yapılarını koruyabiliyorken, daha düşük veya daha yüksek pH değerlerinde hızlı bir şekilde bozunmaktadır.

Işık ve oksijen maruziyeti de betalainlerin kararlılığını olumsuz yönde etkilemektedir. Işık, betalainlerde renk kaybına neden olurken, oksijenle temas sonucunda meydana gelen oksidatif reaksiyonlar, pigmentlerin bozunmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, betalain içeren ürünlerin ışık ve oksijenden korunması gereklidir. Bu nedenle, betalainlerin işlenmesi ve depolanması sırasında renk kararlılığını korumak kritik bir öneme sahiptir [44]. Betalainlerin, gıda endüstrisinde renklendirici (pigment) olarak etkin bir şekilde kullanılabilmesi için tüm bu koşulların optimize edilmesi oldukça önemlidir.

Betalainler ve İnsan Sağlığı İlişkisi

Güçlü antioksidan aktiviteye sahip olan betalainlerin, kanser, kalp hastalıkları, diyabet, inflamasyon gibi birçok potansiyel sağlık riskine karşı önleyici özellikleri geniş çapta incelenmiştir. Betalainler, içerdikleri besin değerleri sayesinde diyet takviyeleri endüstrisinde ticarileşmeye başlamıştır. Bunun yanı sıra geniş pH aralığındaki uygulanabilirlikleri sayesinde gıda endüstrisinde tercih edilen bir gıda renklendiricisi de olmuştur [42].

Ancak, betalainlerin sağlık üzerindeki etkilerini anlamak için daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı çalışmalar betalainlerin, antioksidan ve antiinflamatuvar özelliklerinin yanı sıra bağışıklık sistemi, sindirim sistemi, beyin fonksiyonları ve metabolizma üzerinde de olumlu etkilere sahip olabileceğini öne sürmektedir. Ancak bu bulguların uzun vadeli klinik çalışmalar ile desteklenmesi gerekmektedir [40].

Betalain Kaynakları

Betalainler kırmızı pancar, amarant, İsviçre pazısı, dikenli armut, kırmızı pitaya gibi meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunmaktadır. Yüksek üretim kapasitesi ile kırmızı pancardan elde edilen betalainler, doğal gıda renklendiricisi olarak geniş ölçüde kullanılmaktadır [45].

Kırmızı Pancar

Kırmızı pancar (*Beta vulgaris*), besleyici değeri yüksek ve sağlık açısından birçok fayda sağlayan *Amaranthaceae* ailesine ait bir kök sebzedir. Bu kök sebze, lif, sakkaroz, betalain pigmentleri, nitratlar, polifenolik bileşikler, özellikle B ve C vitaminleri ve mineraller gibi biyoaktif bileşikler bakımından zengindir [46]. Yılda bir ya da iki defa hasat edilebilen kırmızı pancarın kökeni Güney Avrupa ve Batı Asya'dır. Dünya genelinde yaklaşık 227 milyon ton üretilen kırmızı pancarın, günümüzde ticari olarak üretiminde söz sahibi olan ülkeler Amerika, Rusya, Fransa, Polonya ve Almanya'dır. Türkiye'de genellikle sahil kesimlerinde yetiştirilmekte olan kırmızı pancarın üretim ve tüketim açısından yoğun olduğu bölgeler ise Ege ve Marmara bölgeleridir [47, 48]. Tüm sebze ve meyvelerde olduğu gibi kırmızı pancarın da büyük bir kısmı sudur. Yaklaşık %88'i su olan kırmızı pancar, yüksek su içeriğinden dolayı uzun süre muhafaza edilememektedir [49].

2.4. Ekstraksiyon

Ekstraksiyon, bir bileşiğin sabit sıcaklık ve basınç altında bir karışımdan veya matristen çözünürlük farkı yardımı ile diğer bir faza geçirilmesi işlemidir. Temel amaç, istenilen bileşiğin saflaştırılarak derişik hale getirilmesidir. Kimya, biyoloji ve çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılan bu işlem, çözücüler aracılığıyla hedef bileşenlerin özütlenmesini sağlamaktadır [50]. Katı-sıvı ekstraksiyonunda, katı ortamdaki hedef bileşenler sıvı bir çözücü yardımıyla elde edilmektedir. Sıvı-sıvı ekstraksiyonunda ise birbirine karışmayan iki sıvı faz arasında bir fazda yer alan hedef bileşiğin diğer faza geçirilmesi işlemidir [51].

Ekstraksiyon işlemlerinde kullanılan ayırma teknikleri geleneksel ve modern yöntemler olarak ikiye ayrılmıştır. Geleneksel yöntemler arasında maserasyon, süzme, sokslet ekstraksiyonu ve çözücü ekstraksiyonu yer almaktadır. Bu ayırma yöntemlerinin dezavantajları, uzun ekstraksiyon süreleri, yüksek miktarda çözücü sarfiyatı, toksik çözücü kullanımı, çözücülerin yetersiz bertaraf ve geri dönüşümü, termal bozunma sebebi ile düşük verim ve yüksek maliyettir. Modern yöntemler arasında ise ultrason destekli ekstraksiyon, enzim destekli ekstraksiyon, yüksek basınç destekli ekstraksiyon gib yöntemler yer almaktadır. Bu yöntemler geleneksel yöntemlere kıyasla verim, ekstraksiyon süresi, maliyet ve elde edilen ürünün saflığı açısından daha avantajlıdır [52].

2.4.1. Katı-Sıvı Ekstraksiyon Yöntemleri

Katı-sıvı ekstraksiyonu, katı bir maddeden çözünebilir bileşik/bileşiklerin sıvı bir çözücü kullanılarak ayrılması yöntemidir. Bitkisel maddelerden biyoaktif bileşiklerin elde edilmesinde bu yöntem sıklıkla kullanılmaktadır. Sokslet ekstraksiyonu, karıştırmalı ekstraksiyon ve ultrason destekli kesikli ekstraksiyon başlıca katı-sıvı ekstraksiyon yöntemlerindedir [53, 54].

2.4.1.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyon, bir çözücünün bir katı içindeki hedef bileşik/bileşikleri çözerek ayırdığı bir süreçtir. Bu yöntemde, çözücü ve katı belirli bir süre boyunca karıştırılır, böylece kullanılan çözücü, hedef bileşik/bileşikleri katıdan ayırır. Bu ekstraksiyon yöntemi, özellikle laboratuvar ölçekli çalışmalar ve belirli endüstriyel uygulamalar için yaygın olarak kullanılmaktadır. Kesikli karıştırmalı ekstraksiyon, basit olması, düşük maliyeti ve çeşitli bileşiklerin ayrılmasındaki etkinliği nedeniyle tercih edilmektedir. Bilimsel çalışmalarda ve endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda çözücü seçimi, sıcaklık, karıştırma hızı ve süresi, tane boyut aralığı ve katı/sıvı (çözücü) oranı gibi parametrelerin optimize edilmesi, ekstraksiyonun verimli bir şekilde tamamlanabilmesi için oldukça önemlidir. Bu parametrelerin dikkatle kontrol edilip optimize edilmesi, istenen bileşiklerin en fazla verimle elde edilmesini sağlar [54].

2.4.1.2. Ultrason Destekli kesikli Ekstraksiyon

Ultrason destekli kesikli ekstraksiyon (UDE), yüksek frekanslı ses dalgalarının kullanıldığı yenilikçi bir yöntemdir. Bu yöntem, klasik ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla daha yüksek verim ve daha kısa ekstraksiyon süresi sağlamaktadır [57]. Ultrason dalgaları, çözücü ve katı arasındaki etkileşimi artırarak ekstraksiyon sürecini hızlandırmakta ve verimliliği arttırmaktadır. Ayrıca, düşük çözücü tüketimi ve enerji tasarrufu sağlaması, ultrason destekli kesikli ekstraksiyonu çevre dostu bir seçenek haline getirmektedir. Özellikle, yüksek verimlilik ve tekrarlanabilirlik sağlaması, bu ekstraksiyon yönteminin laboratuvar ve endüstriyel uygulamalarda tercih edilmesine olanak sağlamaktadır [58].

Ultrason destekli kesikli ekstraksiyonun temel çalışma prensibi, ultrason dalgalarının sıvı ortamda kavitasyon oluşturarak çalışması esasına dayanmaktadır. Kavitasyon, çözücü

içinde mikroskobik kabarcıkların meydana gelmesi ve bu kabarcıkların genişerek patlaması sürecini ifade etmektedir. Bu patlama, yüksek enerjiye sahip mikro jetler oluşmasını sağlamakta ve bu da bitkisel hücrelerin duvarlarını parçalayıp, hücre içindeki bileşiklerin çözücüye geçişini kolaylaştırmaktadır [59].

Gıda endüstrisinde ultrason destekli kesikli ekstraksiyon, bitkisel maddelerden biyoaktif bileşiklerin, doğal pigmentlerin ve vitaminlerin hızlı ve verimli bir şekilde eldesi için kullanılmaktadır. Elde edilen bu bileşikler, gıda takviyelerinin geliştirilmesinde oldukça önemlidir [57, 58]. Çevre uygulamalarında ise ultrason destekli kesikli ekstraksiyon, su ve toprak örneklerinden kirleticilerin ve organik bileşiklerin çıkarılmasında etkili bir yöntemdir [57].

2.4.2. Ekstraksiyonu Etkileyen Faktörler

Ekstraksiyon, birçok bilimsel çalışma ve endüstriyel uygulamalarda kritik öneme sahip bir süreçtir. Sıvı-sıvı, katı-sıvı, süperkritik akışkan ve ultrason destekli kesikli ekstraksiyon gibi farklı ekstraksiyon türleri, farklı bileşiklerin ayrıştırılıp saflaştırılması için kullanılmaktadır. Çözücü seçimi, sıcaklık, karıştırma hızı ve süresi, tanecik boyut aralığı ve katı/sıvı (çözücü) oranı gibi parametreler, ekstraksiyonun hız ve verimliliğini etkileyen temel faktörlerdir. Bu parametrelerin optimize edilmesi, ekstraksiyon etkinliğini artırarak istenen bileşik/bileşiklerin yüksek verimde elde edilmesini sağlayacaktır.

Ekstraksiyonun hız ve verimliliği büyük ölçüde kullanılan çözücünün türüne/seçimine bağlı olarak değişmektedir. Çözücü polaritesinin, ekstrakte edilecek olan hedef bileşiğin çözünürlüğü ile uyumlu olması gerekmektedir. Örneğin su ve etanol gibi polar çözücüler polar bileşikleri çözerken, hekzan gibi apolar çözücüler de apolar bileşikleri çözmektedir. Ayrıca, çözücünün toksik olmaması ve çevre dostu olması çözücü seçiminde oldukça önemlidir [60].

Sıcaklık, ekstraksiyon hız ve verimliliğini etkileyen bir diğer kritik parametredir. Yüksek sıcaklıklar, genellikle çözünürlüğü ve difüzyon hızını artırarak ekstraksiyonu hızlandırmaktadır. Ancak, bazı bileşikler yüksek sıcaklıkta bozunabilmektedir. Bu nedenle ekstraksiyon işlemi için optimum sıcaklığın belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin, yüksek sıcaklıklarda bitkilerden katı-sıvı ekstraksiyonu yöntemiyle biyoaktif bileşiklerin eldesinde, ekstraksiyon verimi azalmakta ve yapı bozunabilmektedir [54].

Karıştırma hızı ve süresi, çözücünün katıyla temas yüzeyini arttırarak, çözücünün katıdaki hedef bileşik/bileşikleri çözme kapasitesini ve sıvı faza aktarımını doğrudan etkilemektedir. Yüksek hızda karıştırma daha yüksek ekstraksiyon verimliliği sağlar. Ancak ekstraksiyonun enerji tasarrufu açısından ekstraksiyon dengeye gelene kadar sürdürülmesi gerekmektedir. Bazı durumlarda hedef bileşik/bileşiklerin denge durumu oluşmadan bozunması söz konusu ise ekstraksiyon süresinin optimize edilmesi kritik öneme sahip olacaktır [54].

Katı-sıvı ekstraksiyonunda tanecik boyut aralığı, ekstraksiyon verimliliğini etkileyen başka bir önemli faktördür. Küçük tanecikler, çözücü ile daha büyük temas yüzeyi sağlayarak ekstraksiyon hızını arttırmaktadır. Ancak, çok küçük taneciklerle çalışıldığında topaklaşmalar olacağından ekstraksiyon verimi düşer ve ayrıca filtrasyon sorunlarıyla karşılaşılabilir [53].

Ekstraksiyonda kullanılacak katı/sıvı(çözücü) oranının değişmesi, çözücü ve katıdan ekstrakte edilecek bileşik miktarlarını doğrudan etkiler. Yeterli miktarda çözücü kullanılması, hedef bileşiğin tam olarak çözünmesini sağlarken, fazla çözücü kullanımı ekonomik ve çevresel açıdan istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Çözücü miktarının yetersiz olması ekstraksiyon verimliliğini düşürürken, fazla çözücü kullanımı ise fazla maliyet ve atık oluşmasına neden olmaktadır [61].

2.5. Çözücüler

Bir bileşenin bir fazdan diğer bir faza ayrılmasını sağlayan ekstraksiyon sürecinde çözücüler kritik bir rol oynamaktadır. Çözücüler, hedef bileşenin çözünürlüğünü artırarak ekstraksiyon verimliliğine etki etmektedir. Bu süreçte kullanılan çözücüler polarite, kaynama noktası ve toksisite gibi özelliklerine göre seçilmelidir [56].

2.5.1. Geleneksel Çözücüler

Yaygın olarak kullanılan geleneksel çözücüler arasında su, etanol, metanol, aseton, hekzan ve dietil eter gibi çözücüler bulunmaktadır [56]. Doğada bol bulunan ve çevre dostu bir yeşil çözücü olan su, ekstraksiyon işlemlerinde yaygın olarak şekilde kullanılmaktadır. Su polar yapıda olması nedeniyle, özellikle polar bileşiklerin ekstraksiyonunda oldukça etkilidir. Bunun yanı sıra, gıda ve ilaç endüstrisinde güvenle kullanılabilmesi nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak, suyun yüksek kaynama noktası ve

bazı apolar bileşiklerle uyumsuzluğu, belirli ekstraksiyon süreçlerinde dezavantaj oluşturabilmektedir [62].

2.5.2. Derin Ötektik Çözücüler

Derin ötektik çözücüler (DÖÇ), özellikle son yıllarda yeşil kimya alanında oldukça ilgi gören çözücü sistemleridir. DÖÇ'ler, iki veya daha fazla katının aralarında hidrojen bağı kurarak belirli bir molar oranda karıştırılmasıyla oluşan ve bileşenlerin kendi erime noktalarından daha düşük bir erime noktasına sahip olan kararlı iyonik sıvılardır. Bir derin ötektik çözücüde, biri hidrojen bağı alıcısı (HBA), diğeri hidrojen bağı vericisi (HBD) olan iki ana bileşen bulunur. Hidrojen bağına ek olarak HBA ve HBD'nin derin ötektik çözücüyü oluşturmasında, van der Waals etkileşimleri de katkı sağlamaktadır [68,69].

Bu çözücüler yüksek çözme kabiliyetine sahip, polaritesi istenildiği şekilde ayarlanabilir, düşük toksisiteli, biyobozunur, kolay hazırlanabilir olmaları nedeniyle geleneksel çözücülere kıyasla çevre dostu alternatifler sunan kararlı bileşiklerdir. Çoğu ötektik çözücü oda sıcaklığında sıvı formda olduğu için oda sıcaklığında gerçekleşen farklı proseslerde kolaylıkla kullanılabilir. DÖÇ üretimi ekonomik olup herhangi bir yan ürün ve atık oluşmadığı için, yeşil kimyanın ilkelerinden atom ekonomisini sağlamaktadır [63].

Genellikle şekerler, amino asitler ve organik asitler gibi doğal bileşenlerden oluşan DÖÇ'ler, bu özellikleri sayesinde geniş bir kimyasal çeşitlilik sunmakta ve spesifik bileşenlerin seçici ekstraksiyonu için ideal hale gelmektedir [64]. Ayrıca, DÖÇ'lerin geniş sıcaklık aralığında kararlı kalabilmesi, kimyasal işlemlerde daha esnek bir kullanım sağlamaktadır [65].

DÖÇ'ler özellikle biyolojik malzemelerin ekstraksiyonunda, metal oksitlerin çözünürlüğünde, kataliz ve elektrokimya gibi kimyasal süreçlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. DÖÇ'lerin bitkisel kaynaklardan biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunda geleneksel çözücülere kıyasla daha yüksek verimlilik sağladığı kanıtlanmıştır. Ayrıca, farmasötik ve kozmetik endüstrilerinde de potansiyel uygulamaları bulunmaktadır [67].

Çizelge 2.2.'de bir proste önemli olan temel özelliklere göre geleneksel ve derin ötektik çözücülerin karşılaştırılması verilmiştir. Çizelgeden derin ötektik çözücülerin geleneksel

çözücülere göre avantajlarının çok daha fazla olduğu ve yeşil kimya ilkelerine uyduğu görülmektedir.

Çizelge 2.2. Bir Proseste Önemli Olan Temel Özelliklere Göre Geleneksel ve Derin Ötektik Çözücülerin Karşılaştırılması [64,65]

	Geleneksel Çözücüler	Derin Ötektik Çözücüler
Bileşen Çeşitliliği	Bileşenleri değiştirilemez	Bileşenleriyle sayısız kombinasyon yapılabilir
Maliyet	Düşük	Düşük
Uçuculuk	Yüksek	Düşük
Çözünürlük	Düşük	Yüksek
Toksisite	Yüksek Çoğunlukla kanserojen	Düşük
Biyobozunurluk	Düşük	Yüksek
Geri Dönüştürülebilirlik	Düşük	Geri dönüştürülebilir
Yanıcılık	Genellikle yanıcı	Yanıcı değil
Atom Ekonomisi	Düşük	Yüksek

Derin ötektik çözücülerin hazırlanmasında uygun oranda

- ✓ HBA ve HBD'nin renksiz homojen bir sıvı oluşturana dek ısıtılarak karıştırılması,
- ✓ HBA ve HBD'nin sulu çözeltilerinin belli bir oranda karıştırılması ve sonrasında dondurarak kurutma (liyofilizasyon) işlemiyle viskoz, renksiz bir sıvı oluşturulması
- ✓ HBA ve HBD'nin beraber öğütülerek homojen, renksiz bir sıvı elde edilmesi

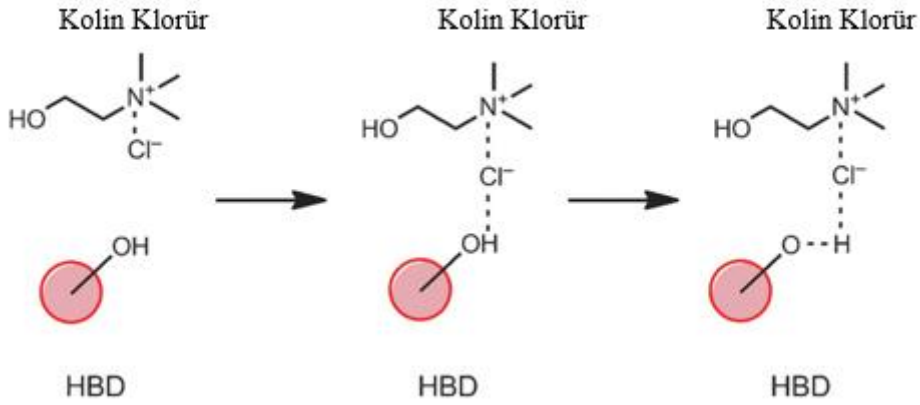
gibi yöntemler kullanılmaktadır.

DÖÇ'ler yapılarını oluşturan bileşenlere göre 4 kategori altında sınıflandırılmıştır ve bu gruplar Çizelge 2.3.'te sunulmuştur.

Çizelge 2.3. DÖÇ'lerin Yapılarını Oluşturan Bileşenlerine Göre Sınıflandırılması [70]

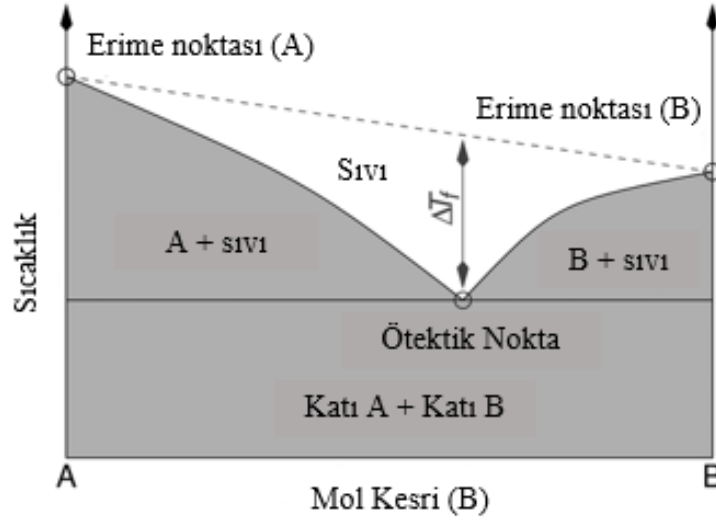
Kategori	Genel Formül
1.Kategori	Kuaterner amonyum tuzu (HBA) + metal klorür (HBD)
2.Kategori	Kuarterner amonyum tuzu (HBA) + metal klorür hidrat (HBD)
3.Kategori	Kuarterner amonyum tuzu (HBA) + HBD
4.Kategori	Metal klorür (HBA) + HBD

DÖÇ tercihinide hızlı hazırlanabilmesi ve suyla reaksiyona girmemesi nedeniyle çözelti 3. kategori tercih edilmektedir. Bu kategoride HBD olarak en çok asit, amin, alkol ve şeker kullanılırken, HBA olarak ise kolin klorür (ChCl) kullanılmaktadır. Hem alkol hem de kuarterner amonyum tuzu içeren ChCl, suda çözünen ve B vitamini grubuna ait bir organik bileşiktir. [70] Şekil 2.7'de HBA olarak ChCl (kolin klorür) ve HBD olarak alkolün kullanıldığı DÖÇ etkileşimi şematize edilmiştir.



Şekil 2.7. HBA olarak ChCl (kolin klorür) ve HBD olarak alkolün kullanıldığı DÖÇ etkileşimi [68]

DÖÇ hazırlama aşamasındaki en önemli nokta, karışımda bulunan her bir bileşenin erime noktasından daha düşük erime noktasında yeni bir bileşenin elde edilmesidir. Sistem termal dengeye gelinceye kadar geçen sürede, karıştırılan iki ya da daha fazla katı bileşen ötektik noktada sıvı faz oluşturmaktadır. Şekil 2.8.'de A+B ikili karışımındaki ötektik nokta şematik olarak gösterilmiştir. A+B'nin ötektik bileşimindeki donma noktası ile teorik ideal karışımın donma noktası arasındaki fark, ΔT_f , A ve B arasındaki etkileşimin büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Etkileşim ne kadar büyükse, ΔT_f de o kadar büyük olur. [70]



Şekil 2.8. İki bileşenli faz diyagramında ötektik noktanın gösterilmesi[70]

DÖÇ'lerin oluşumunun temelinde, HBD ve HBA arasında oluşan güçlü hidrojen bağlar yer almaktadır. Bu bağlar, bileşenlerin birbirine yakın ve düzenli bir yapı oluşturmasını sağlayarak karışımın erime noktasını önemli ölçüde düşürmektedir. [67, 68]

Ekstraksiyonda çözücü viskozitesi, kütle aktarımı ve proses verimliliği açısından önemlidir. DÖÇ'ler yüksek viskoziteye sahip olduğundan endüstriyel uygulamalarda akışkanlıkla ilgili problemlerin yaşanabileceği öngörülmektedir. Bu durumun üstesinden gelebilmek için, ekstraksiyon sıcaklığının artırılması ya da DÖÇ'ün belirli bir oranda HBA (hidrojen bağ alıcısı) özelliği taşıyan su ile karıştırılması önerilmektedir [52]. DÖÇ'lerin dezavantajları arasında bazı uygulamalarda düşüğe olsa toksisite potansiyeli bulunmaktadır. Ancak bu dezavantajların, DÖÇ'lerin çevresel ve ekonomik faydaları dikkate alındığında, gelecekteki araştırma ve geliştirmelerle üstesinden gelinebilecek konular olduğu değerlendirilmektedir [66].

3. KESİKLİ SİSTEMDE DENEY SİSTEMİNİN MATEMATİKSEL TANIMLANMASI

3.1. Pigment Ekstraksiyonunda Posadan Çözücüye Geçen Pigment Derişimi (C) ve Posanın Pigment Ekstraksiyon Kapasitesi (q)

Kurutulmuş siyah havuç (KSH) posasından toplam antosiyanin ve kurutulmuş kırmızı pancar (KKP) posasından toplam betalain pigmentlerinin ekstraksiyonunda herhangi bir anda çözücüye geçen pigment derişimi, C (g pigment/L çözücü) olarak tanımlanmıştır. Denge durumunda ise C değeri C_{den} değerini alır.

Posalardan pigment ekstraksiyonunda herhangi bir anda, birim KSH posası kütlesi başına ekstrakte edilen toplam antosiyanin ve birim KKP kütlesi başına ekstrakte edilen toplam betalain miktarı q olarak Eşitlik 3.1’de tanımlanmıştır.

$$q = C \frac{V}{M} \quad (3.1)$$

Burada;

q :Herhangi bir anda birim kuru posa kütlesi başına ekstrakte edilen toplam pigment miktarı (g toplam pigment/g kurutulmuş posa)

C :Herhangi bir anda çözücüye geçen toplam pigment derişimi (g toplam pigment/L çözücü)

V :Ekstraksiyonda kullanılan çözücü hacmi (L)

M :Ekstrakte edilen kurutulmuş posa miktarı (g)

Ekstraksiyon bitiminde ulaşılan denge durumunda (kararlı halde) birim kuru posa kütlesi başına özütlenen toplam pigment miktarı q_{den} (g/g) olarak tanımlanır.

3.2. Başlangıç Ekstraksiyon Hızı

Posadan çözücüye geçen toplam pigment derişimi C’nin zamanla değişim eğrisinin t=0 anındaki eğimi, deneysel başlangıç ekstraksiyon hızı h (g/L dk)’yı verir ve Eşitlik 3.2 ile tanımlanır.

$$h = \left. \frac{dC}{dt} \right|_{t=0} \quad (3.2)$$

3.3. Ekstraksiyon Kinetiğinin Tanımlanması

Kesikli sistemde posadan pigment ekstraksiyonunun kinetiği ikinci dereceden kinetik model ile Eşitlik 3.3'te verildiği şekilde tanımlanmıştır.

$$\frac{dC}{dt} = k_2(C_{den} - C)^2 \quad (3.3)$$

k_2 : İkinci derece ekstraksiyon hız sabiti (L/g dk)

$t=0$ anında $C=0$ başlangıç sınır koşulu kullanılarak Eşitlik 3.3.'ün integrali alındığında Eşitlik 3.4 elde edilir.

$$C = \frac{k_2 t C_{den}^2}{1 + k_2 t C_{den}} \quad (3.4)$$

Eşitlik 3.4'ün düzenlenmesi ile Eşitlik 3.5 bulunur.

$$\frac{C}{t} = \frac{k_2 C_{den}^2}{1 + k_2 t C_{den}} \quad (3.5)$$

Eşitlik 3.5'in doğrusallaştırılması ile Eşitlik 3.6 bulunur.

$$\frac{t}{C} = \frac{1}{k_2 C_{den}^2} + \frac{t}{C_{den}} \quad (3.6)$$

t/C 'ye karşı t grafiğinin eğiminden teorik C_{den} değeri, y eksenini kesim noktasından k_2 değeri bulunur. İkinci derece kinetiğin uyumu deneysel C_{den} değerleri ile teorik C_{den} değerlerinin Eşitlik 3.7'de verilen % hata tanımında kullanılmasıyla bulunan %hata değerlerinden hesaplanır.

$$\% \text{ Hata} = \frac{C_{den,deneysel} - C_{den,teorik}}{C_{den,deneysel}} \quad (3.7)$$

Eşitlik 3.6'da $t \rightarrow 0$ 'a giderken eşitliğin sol tarafı, teorik başlangıç ekstraksiyon hızı h değerini verir. Bu durumda eşitliğin sağ tarafının paydası 1 olur ve başlangıç ekstraksiyon hızı Eşitlik 3.8 kullanılarak hesaplanır.

$$h = k_2 C_{den} \quad (3.8)$$

4. DENEY SİSTEMİ VE YÖNTEMLERİ

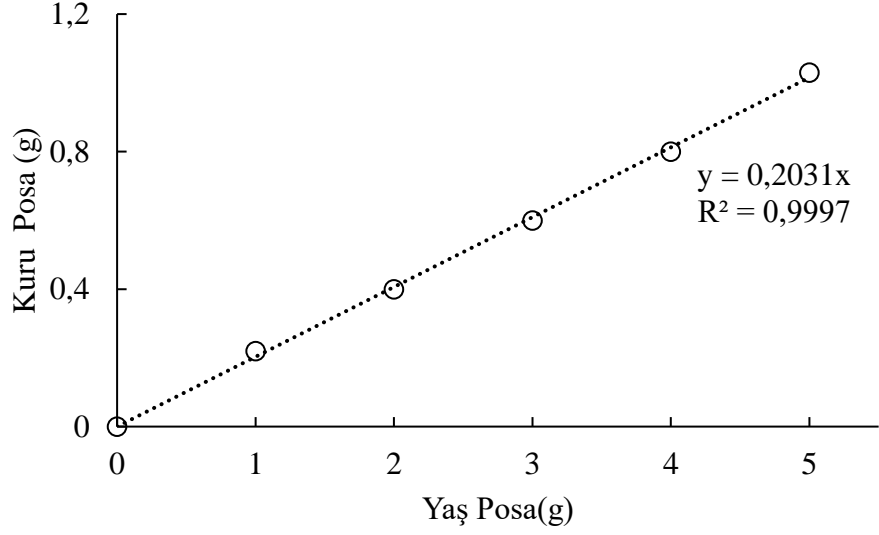
Kesikli sistemde kurutulmuş siyah havuç posasından antosiyanin ve kurutulmuş kırmızı pancar posasından betalain ekstraksiyonunda çalışmaların ilk kısmında kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda suyun çözücü olarak kullanıldığı durumda sıcaklığın, ön işlemin (dondurma ve kurutma), karıştırma hızının, tanecik boyut aralığının ve katı/sıvı oranının ekstraksiyon hız ve verimine etkileri araştırılmıştır. Çalışmaların bir sonraki aşamasında yine aynı sistemde çözücü türünün etkileri incelenmiştir. Daha sonra ise ultrason destekli kesikli sistemde her iki posadan pigment ekstraksiyonu kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda bulunan en uygun çalışma koşullarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların son kısmında ise elde edilen antosiyanin ve betalain pigmentlerin çözücülerdeki kararlılığı incelenmiştir.

4.1. Siyah Havuç ve Kırmızı Pancar Posalarının Ekstraksiyon İçin Hazırlanması

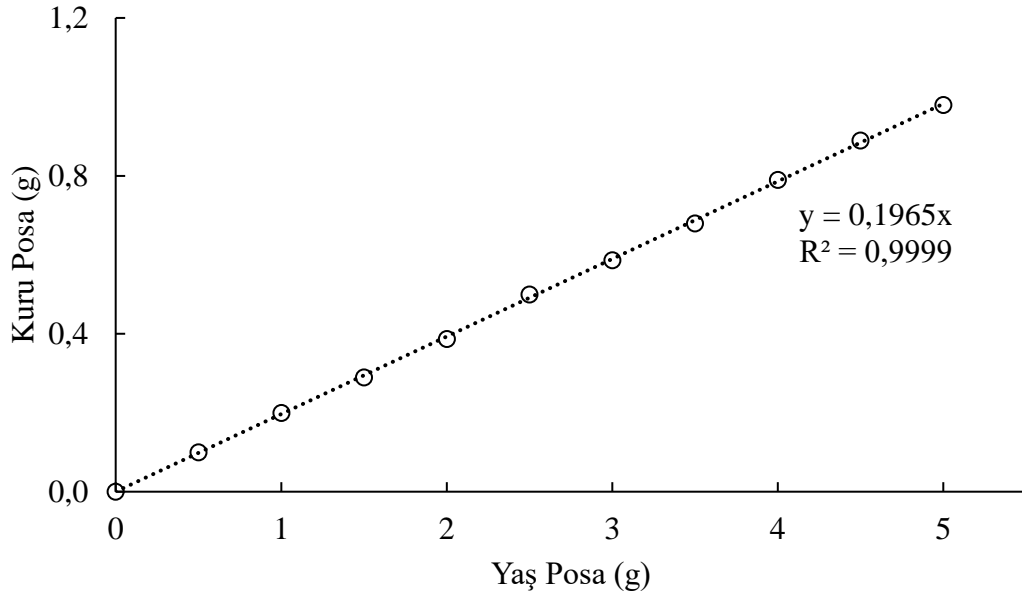
Tez çalışmasında, kullanılan siyah havuç posası Mersin TARGID meyve suyu fabrikasından yaş olarak temin edilmiştir. Bu atığın bir kısmı (-24)°C’de dondurulmuş olarak kullanılmak üzere ayrılırken, diğer kısım 4°C’de yaş formda kullanılmak üzere saklanmıştır. Geriye kalan yaş posa, sabit tartıma gelene kadar 20°C’de kurutulup oda koşullarında ağzı kapalı kaplarda muhafaza edilmiştir.

Tez çalışmasında kullanılmak üzere marketten satın alınan 20 kg kırmızı pancar ev tipi katı meyve sıkacağında sıkılarak suyu ve posası ayrılmıştır. Elde edilen posanın bir kısmı (-24)°C’de dondurulup deneylerde kullanılmak üzere saklanmıştır. Bir kısım posa 4°C’de yaş olarak kullanılmak üzere ayrılırken, geri kalan yaş posa sabit tartıma gelene kadar 20°C’de kurutulup oda koşullarında ağzı kapalı kaplarda muhafaza edilmiştir.

SH ve KP posalarının yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki ilişki sırasıyla Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Siyah Havuç Posasının Kurutma Doğrusu



Şekil 4.2. Kırmızı Pancar Posasının Kurutma Doğrusu

Tanecik boyut aralığının etkisinin incelendiği ekstraksiyon deneyleri için kurutulmuş SH ve KP posaları mutfak robotu kullanılarak öğütülmüş ve standart eleklerle tanecik boyut analizi yapılmıştır. Her iki posa için de $1\text{mm} < dp < 3\text{mm}$, $0,355\text{mm} < dp < 0,850\text{mm}$ ve $0,065\text{mm} < dp < 0,355\text{mm}$ olmak üzere 3 tanecik boyut aralığı belirlenmiştir.

4.2. Kurutulmuş Siyah Havuç Posasından ve Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Pigment Ekstraksiyonunda Kullanılan Çözücülerin Hazırlanması

Kurutulmuş siyah havuç posasından ve kurutulmuş kırmızı pancar posasından pigment ekstraksiyonunda çözücü olarak saf sudan başka, farklı derişimlerde hazırlanmış sitrik asit ve askorbik asit çözeltileri ile kolin klorür, askorbik asit ve su; kolin klorür, sitrik asit ve su ve betalain, askorbik asit ve sudan oluşan derin ötektik çözücüler kullanılmıştır.

4.2.1. Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit ve Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Hazırlanması

Sitrik asitten ($C_6H_8O_7$; Sigma-Aldrich; 192,12 g/mol) ve askorbik asitten ($C_6H_8O_6$; Carlo Erba Reagents; 176,12 g/mol) pH'ı 2.5 olan 1 mM, 10 mM ve 100 mM çözeltiler hazırlanmış ve kurutulmuş siyah havuç ve kurutulmuş kırmızı pancar posasından pigment ekstraksiyonunda çözücü olarak kullanılmıştır.

4.2.2. Farklı Derin Ötektik Çözücülerin Hazırlanması

Kolin Klorür, Askorbik Asit ve Sudan Oluşan Derin Ötektik Çözücünün Hazırlanması

2:1 (mol/mol) oranında katı kolin klorür ($C_5H_{14}ClNO$; Sigma-Aldrich; 139,62 g/mol) ve katı askorbik asit 80°C'deki su banyosunda 300 rpm karıştırma hızında, 2 saat boyunca karıştırılmış ve sıvı formda berrak bir çözelti elde edilmiştir. Elde edilen kolin klorür, askorbik asit (ChCl:AA) DÖÇ'ünün çalışılan ekstraksiyon sıcaklıklarında (20°C ve 50°C'ta) viskozitesi yüksek olduğundan her iki kurutulmuş posanın da çözücülerle yeterince karışmadığı gözlenmiştir. Her iki posanın da çözücüyle iyi karışmasını sağlamak ve ekstraksiyon verimini arttırmak için hazırlanan ChCl:AA DÖÇ'üne, DÖÇ hacminin %10'u, %20'si, %30'u %40'ı ve %50'si kadar su ilave edilmiş ve bu DÖÇ'le karıştırılmıştır.

Kolin Klorür, Sitrik Asit ve Sudan Oluşan Derin Ötektik Çözücünün Hazırlanması

2:1 (mol/mol) oranında katı kolin klorür ve katı sitrik asit 80 °C'deki su banyosunda 300 rpm karıştırma hızında, 2 saat boyunca karıştırılmış ve sıvı formda berrak bir çözelti elde edilmiştir. Her iki posayla da iyi karışabilmesi için hazırlanan kolin klorür, sitrik asit (ChCl:SA) DÖÇ'üne, DÖÇ hacminin %50'si kadar su ilave edilmiş, bu DÖÇ'le karıştırılmış ve elde edilen çözücü ekstraksiyon deneylerinde doğrudan kullanılmıştır.

Betain, Askorbik Asit ve Sudan Oluşan Derin Ötektik Çözücünün Hazırlanması

2:1 (mol/mol) oranına katı betain ($C_5H_{11}NO_2$; Merck; 117,15 g/mol) ve katı askorbik asit 80 °C'teki su banyosunda 300 rpm karıştırma hızında, 2 saat boyunca karıştırılmış ve sıvı formda berrak bir çözelti elde edilmiştir. Her iki posayla da iyi karışabilmesi için hazırlanan betain, askorbik asit (Bet:AA) DÖÇ'üne, DÖÇ hacminin %50'si kadar su ilave edilmiş, bu DÖÇ'le karıştırılmış ve elde edilen çözücü ekstraksiyon deneylerinde doğrudan kullanılmıştır.

4.3. Ekstraksiyon Çalışmaları

Ekstraksiyon çalışmaları, kesikli karıştırmalı ve ultrason destekli kesikli ekstraksiyon sistemlerinde gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon Çalışmaları

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmaları, sabit sıcaklık ve karıştırma hızında çalışan Medline SI-600R marka ve model inkübatörde gerçekleştirilmiştir. Deneyler 200 ml'lik çalışma hacmine sahip ağız kapaklı erlenlerde belirlenen miktarlarda posa ve çözücünün karıştırılmasıyla başlatılmış, belirli zaman aralıklarında ekstraksiyon ortamından örnek alınmıştır. Alınan örnekler 5000 rpm'de çalışan santrifüjde santrifüjlenerek sıvı kısım ayrılmış ve sıvı kısımda antosiyanin ve betalain analizleri yapılmıştır. Çizelge 4.1.'de suyun çözücü olarak kullanıldığı, Çizelge 4.2.'de farklı derişimlerdeki sitrik asit ve askorbik asit çözeltilerinin çözücü olarak kullanıldığı, Çizelge 4.3.'te ise farklı DÖÇ'lerin kullanıldığı kesikli karıştırmalı ekstraksiyon deneylerinde her iki posa için incelenen parametreler ve çalışma aralıkları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Suyun Çözücü Olarak Kullanıldığı Ekstraksiyon Deneylerinde Her İki Posa İçin İncelenen Parametreler ve Çalışma Aralıkları

Parametre	Çalışma Aralıkları
Posa Türü	Yaş Posa Dondurulmuş Posa Kurutulmuş Posa
Sıcaklık (°C)	20 30 40 50
Karıştırma Hızı (rpm)	80 120 160 200
Tanecik Boyut Aralığı (mm)	1mm < dp < 3mm 0,355mm < dp < 0,850 mm 0,065mm < dp < 0,355mm
Katı/Sıvı Oranı (g/L çözücü)	1/10 1/20 1/30 1/40

Çizelge 4.2. Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit ve Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Ekstraksiyon Deneylerinde Her İki Posa İçin İncelenen Parametreler ve Çalışma Aralıkları

Parametre	Çalışma Aralığı
Çözücü Türü (Sitrik Asit ve Askorbik Asit Çözeltileri)	1 mM 10 mM 100 mM

Çizelge 4.3. Farklı Derin Ötektik Çözücülerle Gerçekleştirilen Ekstraksiyon Deneylerinde Her İki Posa İçin İncelenen Parametreler ve Çalışma Aralıkları

Parametre	Çalışma Aralığı
DÖÇ Türü	Karışım Oranı
Kolin Klorür+Askorbik Asit+Su	$V(\text{ChCl}+\text{AA})+\%r * V(\text{su})$
Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su	$V(\text{ChCl}+\text{SA})+\%50 * V(\text{su})$
Betain+Askorbik Asit+Su	$V(\text{Bet}+\text{AA})+\%50 * V(\text{su})$

r oranı: %10-%50

4.3.2. Ultrason Destekli Kesikli Ekstraksiyon Çalışmaları

Ultrason destekli kesikli ekstraksiyon çalışmaları, sabit sıcaklıkta, 60W ultrasonik güç ve 40 kHz frekanstaki Isolab marka ultrasonik banyoda, 200 ml'lik çalışma hacmine sahip ağız kapaklı erlenlerde gerçekleştirilmiştir. Deneyler her bir posa için kesikli karıştırmalı ekstraksiyon sisteminde çözücü türü, sıcaklık, karıştırma hızı, tanecik boyut aralığı ve katı/sıvı oranı için bulunan en uygun çalışma koşullarında tekrarlanmıştır.

4.4. Pigment Ekstraktlarının Kararlık Çalışmaları

Ekstraksiyonla elde edilen antosiyanin ve betalain pigmentlerinin yapısal kararlılığı zamana bağlı olarak gün ışığından, sıcaklıktan ve çözücü türünden önemli derecede etkilenmektedir. Deneysel çalışmalarda, ortam koşullarının ve kullanılan çözücü türünün, antosiyanin ve betalain kararlılığına etkilerini incelemek için su çözücüsündeki, 100 mM sitrik asit ve 1 mM askorbik asit çözücülerindeki, (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su) ve (Betain+Askorbik Asit+Su) DÖÇ'lerindeki pigment ekstraktları 25 °C'de oda şartlarında gün ışığında, 25°C'de oda şartlarında karanlık ortamda ve 4 °C'de karanlık ortamda ağız kapalı 10 mL'lik tüplerde 7-15 gün aralığında bekletilmiştir. Bekletilen ekstraktlardan belirli zaman aralıklarında örnekler alınıp, optimum dalga boylarındaki absorbans değerleri okunarak çalışma doğruları yardımıyla % pigment bozunması hesaplanmıştır.

4.5. Analiz Yöntemleri

4.5.1. Elde Edilen Antosiyanin ve Betalain Pigmentlerin Yapısal Karakterizasyonu

Her bir posa türünden çözücü olarak saf suyun kullanıldığı kesikli karıştırmalı ekstraksiyon deneyleri sonucundaki ekstraktların kurutulmasıyla elde edilen antosiyanin ve betalain pigmentlerin yapısal özellikleri ve karakterizasyonu FTIR (Shizmadzu)

analiziyle incelenmiştir ve sonuçlar Ek 1’de tartışılmıştır. Bu analiz, Atabay Kimya’da gerçekleştirilmiştir.

4.5.2. Antosiyanin ve Betalain Pigmentlerin Analizi

Su ve DÖÇ’lerle yapılan ekstraksiyon deneyleri süresince belirli zaman aralıklarında ekstraksiyon ortamından alınan ekstraktlar, gerektiğinde belli oranlarda seyreltilerek antosiyanin pigment için 532 nm’de, betaksantin ve betasiyanin pigmentlerden oluşan betalain pigment için 480 nm (betaksantin) ve 536 nm’de (betasiyanin) kör olarak saf su veya DÖÇ kullanımıyla UV-visible spektrofotometrede (Thermo-Scientific) okunan adsorbans değerlerinden yararlanarak ilgili çalışma doğrularından bulunmuştur. Asidik çözeltilerle, kurutulmuş siyah havuç posasından antosiyanin pigment ekstraksiyonunda ise en uygun dalga boyu 522 nm’de tayin edilmiş, antosiyanin derişimi kör olarak bu çözeltiler kullanılarak UV-visible spektrofotometrede okunan adsorbans değerlerinden yararlanarak çalışma doğrularından bulunmuştur. Çalışma doğruları Ek 2. Ve Ek3.’te verilmiştir.

5. DENEYSEL SONUÇLAR

Siyah havuç ve kırmızı pancar posalarından kesikli sistemde antosiyanin ve betalain pigment ekstraksiyonunda çalışmaların ilk kısmında kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda suyun çözücü olarak kullanıldığı durumda sıcaklığın, ön işlemin (dondurma ve kurutma), karıştırma hızının, tanecik boyut aralığının ve katı/sıvı oranının ekstraksiyon hız ve verimine etkileri araştırılmıştır. Çalışmaların bir sonraki aşamasında ise diğer çözücü türlerinin (sitrik asit ve askorbik asit çözeltileri ve farklı derin ötektik çözücüler) ekstraksiyon hız ve verimine etkileri incelenmiştir. Daha sonra ultrason destekli kesikli sistemde her iki posadan pigment ekstraksiyonu kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda bulunan en uygun çalışma koşullarında KSHP için 100 mM sitrik asitle, KKPP için 1 mM askorbik asitle gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların son kısmında ise elde edilen antosiyanin ve betalain pigmentlerin çözücülerdeki kararlılığı incelenmiştir.

5.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon Çalışmaları

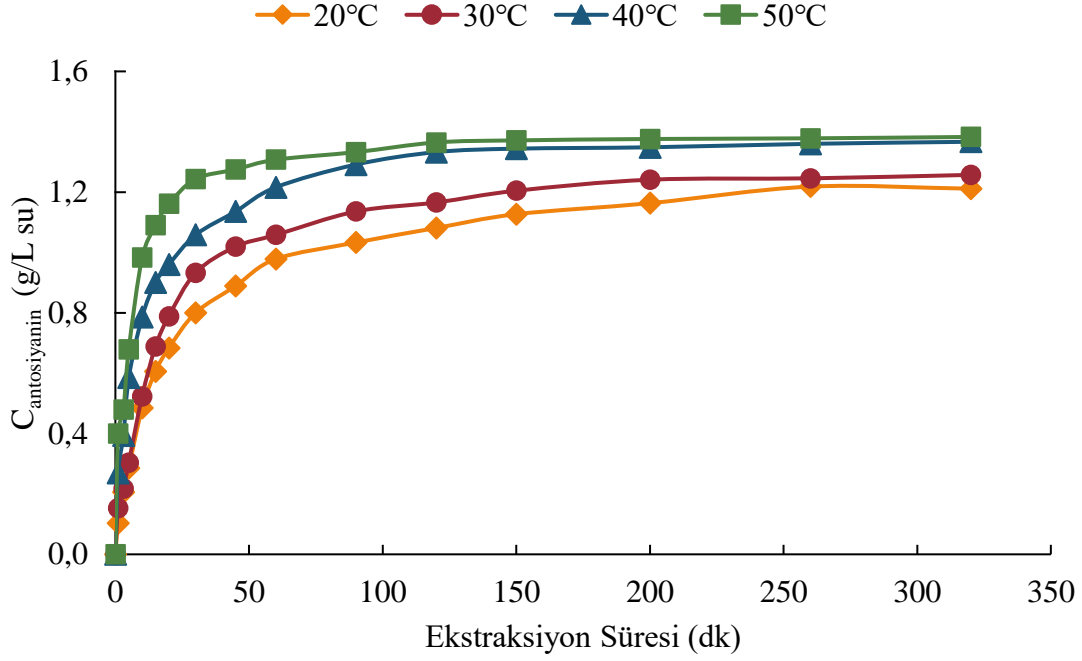
5.1.1. Suyun Çözücü Olarak Kullanıldığı Ekstraksiyon Çalışmaları

Suyun çözücü olarak kullanıldığı kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarında, siyah havuçtan antosiyanin ve kırmızı pancardan betalain eldesinde sıcaklığın, ön işlemin (dondurma ve kurutma), karıştırma hızının, tanecik boyut aralığının, katı/sıvı oranının ekstraksiyon hız ve verimi üzerindeki etkisi incelenmiştir.

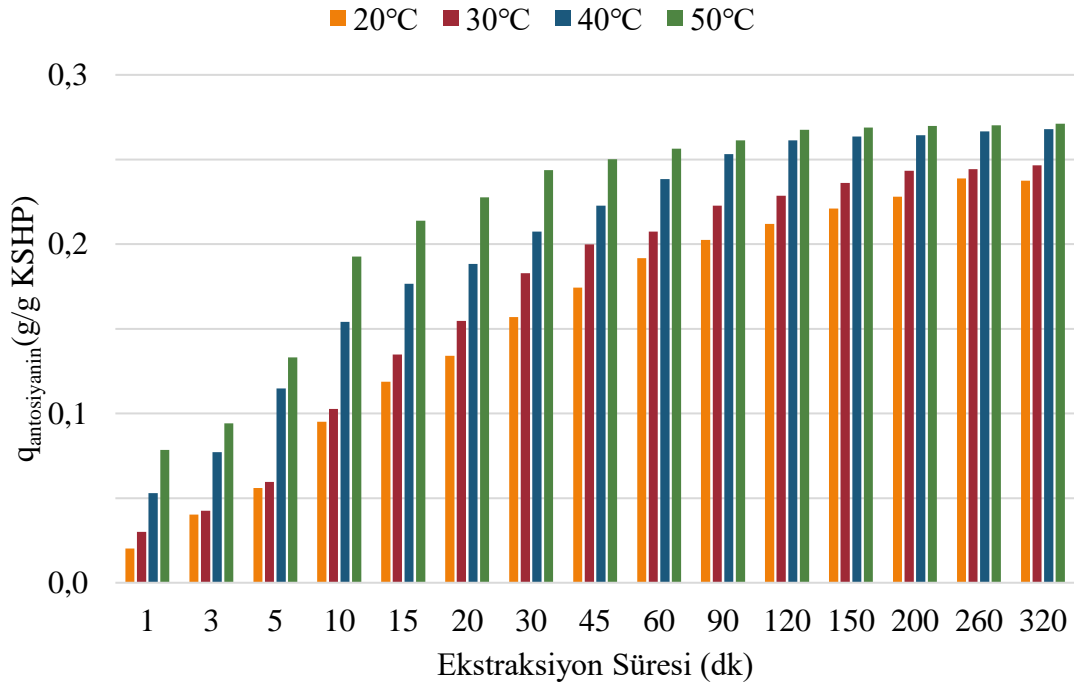
5.1.1.1. Siyah Havuç Posası Çalışmaları

Sıcaklığın Etkisi

1/40 katı/sıvı (5gr yaş posa/200 ml su) oranında, 120 rpm karıştırma hızında yaş posayla su ile yapılan kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda sıcaklığın etkisi, 20-50°C aralığında incelenmiş, çalışılan her bir sıcaklıkta çözücüye geçen antosiyanin derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.1.'de, birim YSHP kütesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarının zamanla değişimi ise sütun grafikleri ile Şekil 5.2.'de verilmiştir. Her iki şekilden de sıcaklığın 50°C'ye artmasıyla pigmentin daha hızlı ekstrakte edildiği ve siyah havucun antosiyanin ekstraksiyon kapasitesinin arttığı, ekstraksiyonun dengeye ulaşma süresinin ise azaldığı görülmektedir. 20°C'de çözücüye geçen antosiyanin derişiminin yaklaşık 4 saatte, 50°C'de sıcaklıkta çözücüye geçen antosiyanin derişiminin ise yaklaşık 2 saatte dengeye ulaştığı görülmektedir.



Şekil 5.1. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Katı/Sıvı=1/40; Karıştırma Hızı=120 rpm; Çözücü=Su)



Şekil 5.2. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YSHP'den Antosiyenin Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyenin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Katı/Sıvı=1/40; Karıştırma Hızı=120 rpm; Çözücü=Su)

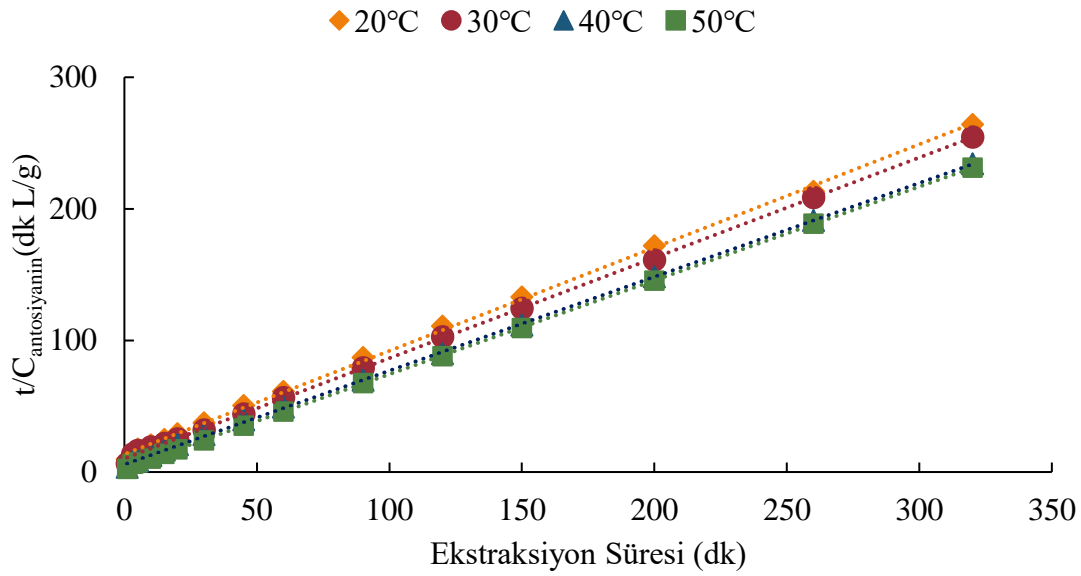
Kesikli karıştırmalı sistemde farklı sıcaklıklarda YSHP'den suya antosiyenin ekstraksiyonunda, farklı sıcaklıklarda bulunan dengede çözücüye geçen antosiyenin derişimleri ve birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyenin miktarları Çizelge 5.1.'de sunulmuştur. Çizelgeden, benzer olarak ekstraksiyon sıcaklığı arttıkça çözücüye geçen antosiyenin derişiminin ve birim YSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyenin miktarının arttığı görülmektedir. 20°C'da YSHP'den suya ekstrakte edilen antosiyenin miktarı 0,239 g antosiyenin/g KSHP, suya geçen antosiyenin derişimi 1,22 g antosiyenin/L su iken, 50°C'de bu değerler sırasıyla 0,268 g antosiyenin/g KSHP ve 1,36 g antosiyenin /L su'ya çıkmıştır. Siyah havuç posasından antosiyenin ekstraksiyonundaki diğer tüm çalışmalar 50°C'de gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.1. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YSHP'den Antosiyenin Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Bulunan Dengede Çözücüye Geçen Antosiyenin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyenin Miktarları

Sıcaklık (°C)	$C_{den,ant}$ (g/L su)	$Q_{den,ant}$ (g/g KSHP)
20	1,22	0,239
30	1,24	0,243
40	1,34	0,264
50	1,36	0,268

Kesikli karıştırmalı sistemde YSHP'den suya antosiyenin ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı sıcaklıklarda bulunan suya ekstrakte edilen antosiyenin derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.3.'te verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da

hesaplanmıştır. Çizelge 5.2.'de deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm sıcaklıklarda deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırmalı sistemde farklı sıcaklıklarda YSHP'den antosiyanin ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



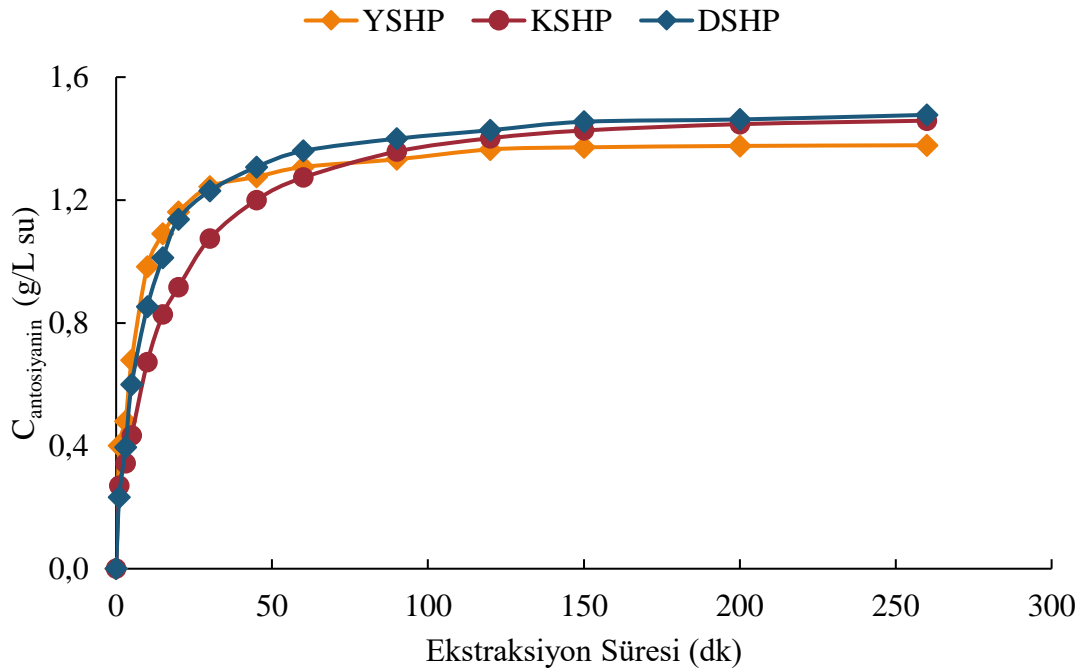
Şekil 5.3. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.2. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengede Çözüciye Geçen Antosiyanin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

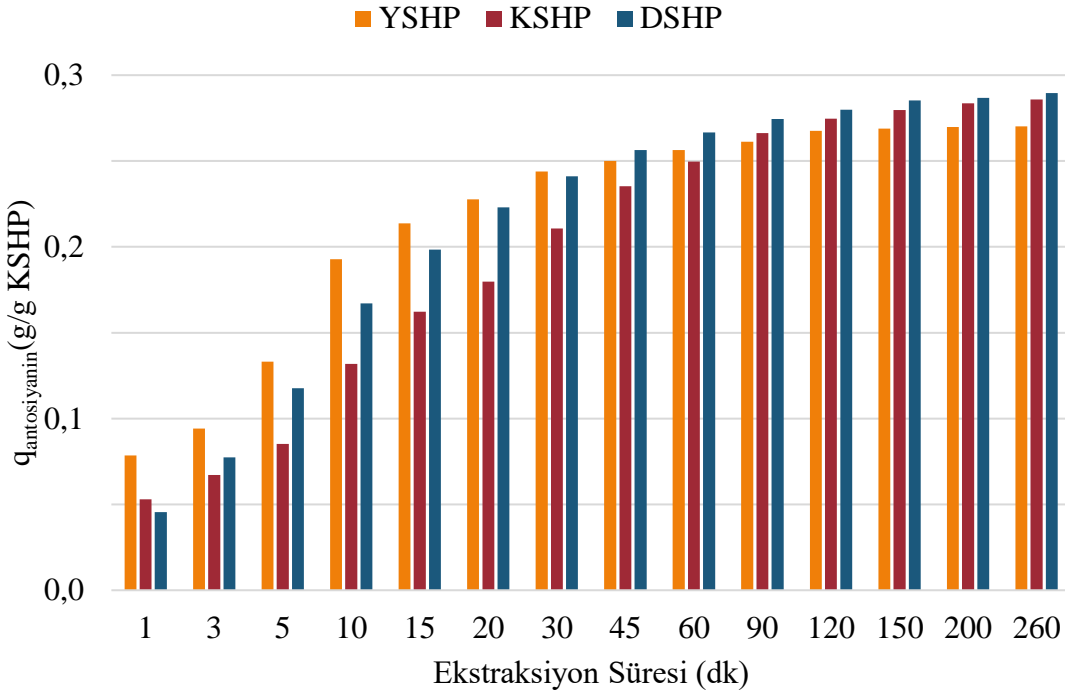
Sıcaklık (°C)	$C_{den,ant,deneysel}$ (g/L)	$C_{den,ant,teorik}$ (g/L)	$h_{ant,deneysel}$ (g/L dk)	$h_{ant,teorik}$ (g/L dk)	k_2 (L/g dk)	R^2	% Hata
20	1,22	1,28	322	355	217	0,998	4,92
30	1,24	1,33	248	285	161	0,997	7,10
40	1,34	1,41	204	223	113	0,998	4,62
50	1,36	1,41	165	175	88	0,998	3,04

Posaya Uygulanan Ön İşlemin Etkisi

Deneysel çalışmaların bu kısmında, ön işlemsiz (yaş) ve ön işlemlili (kurutulmuş ve dondurulmuş) siyah havuç posaları ile 50°C’de, 1/40 katı/sıvı (5gr yaş posa/200 ml su) oranında, 120rpm karıştırma hızında yapılan ekstraksiyon çalışmalarında, her bir posa türü için çözücüye geçen antosiyanin derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.4.’te, birim posa kütlelerinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarının zamanla değişiminin sütun grafikleri Şekil 5.5.’te verilmiştir. Her iki şekilden de başlangıçta DSHP’den pigmentin daha hızlı ve daha fazla miktarda ekstrakte edildiği ve ekstraksiyonun yaklaşık 2,5 saatte dengeye ulaştığı görülmektedir. Yine aynı şekillerden KSHP’den pigment ekstraksiyonunun biraz daha düşük hızda gerçekleştiği ve ayrıca diğer posalardan daha geç dengeye ulaştığı (yaklaşık 3,5 saat) görülmektedir. YSHP’den pigment ekstraksiyonunun ise en düşük kapasiteyle gerçekleştiği ancak çözücünün YSHP’nin içine daha kolay difüzenmesi ve pigmenti hızla çözmesiyle dengenin 1 saat içinde oluştuğu gözlenmektedir.



Şekil 5.4. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Siyah Havuçtan Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=120 rpm, Çözücü=Su)



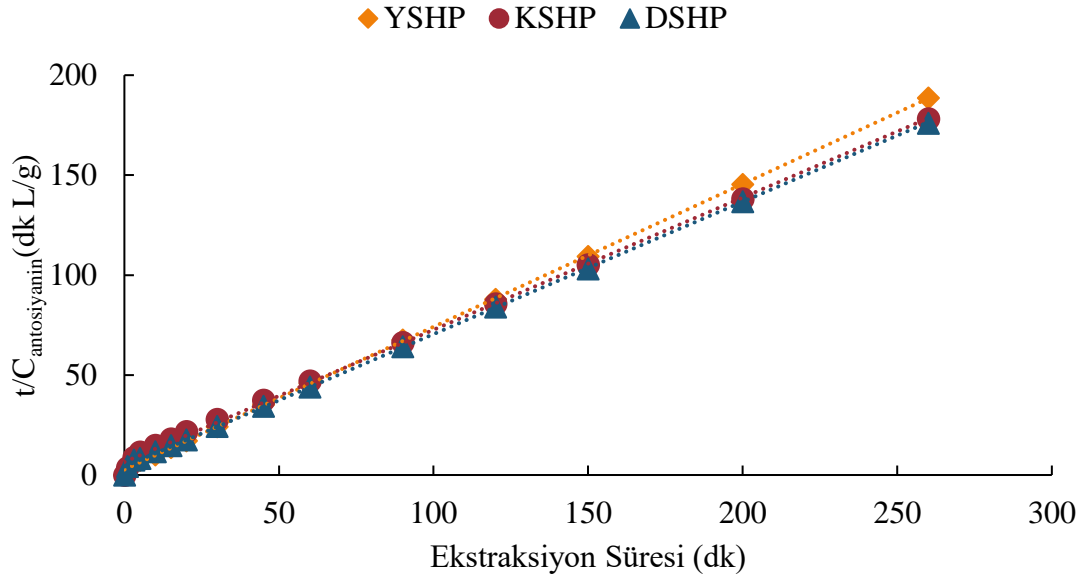
Şekil 5.5. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Siyah Havuçtan Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=50°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=120 rpm, Çözücü=Su)

Kesikli karıştırmalı sistemde siyah havuçtan antosiyanin ekstraksiyonunda, ön işlemsiz (yaş) ve ön işlem uygulanmış (kurutulmuş, dondurulmuş) posa türleri için bulunan dengede çözücüye geçen antosiyanin derişimleri ve birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarları Çizelge 5.3.'de sunulmuştur. Çizelgeden, tüm posa türleri için denge durumunda çözücüye geçen antosiyanin derişimlerinin ve posaların ekstrakte edilebilir pigment kapasitelerinin yaklaşık aynı olduğu görülmektedir. Bundan sonraki ekstraksiyon çalışmaları, sağladığı ekonomik avantajlardan ve depolama kolaylığından dolayı kurutulmuş siyah havuç posası ile gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.3. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Siyah Havuçtan Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Bulunan Dengeye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları

Posa Türü	$C_{den,ant}$ (g/L su)	$q_{den,ant}$ (g/g KSHP)
YSHP	1,36	0,268
KSHP	1,46	0,275
DSHP	1,47	0,280

Kesikli karıştırmalı sistemde ön işlemsiz (yaş) ve ön işlemlili (kurutulmuş ve dondurulmuş) siyah havuç posalarından suya antosiyanin ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı posa türleriyle suya ekstrakte edilen antosiyanin derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.3.'te verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.4.'te deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm posa türleri için deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırmalı sistemde 3 farklı posa türü için de antosiyanin ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



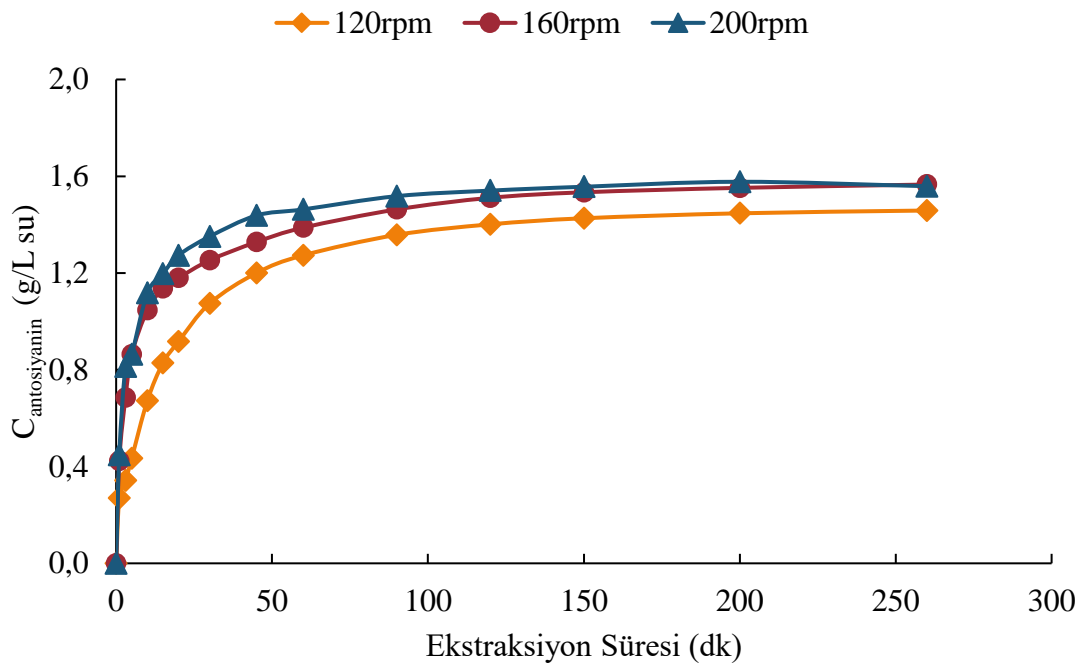
Şekil 5.6. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Siyah Havuçtan Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.4. Kesikli Karıştırmalı Sistemle Siyah Havuçtan Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Bulunan Deneysel ve Teorik Dengede Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

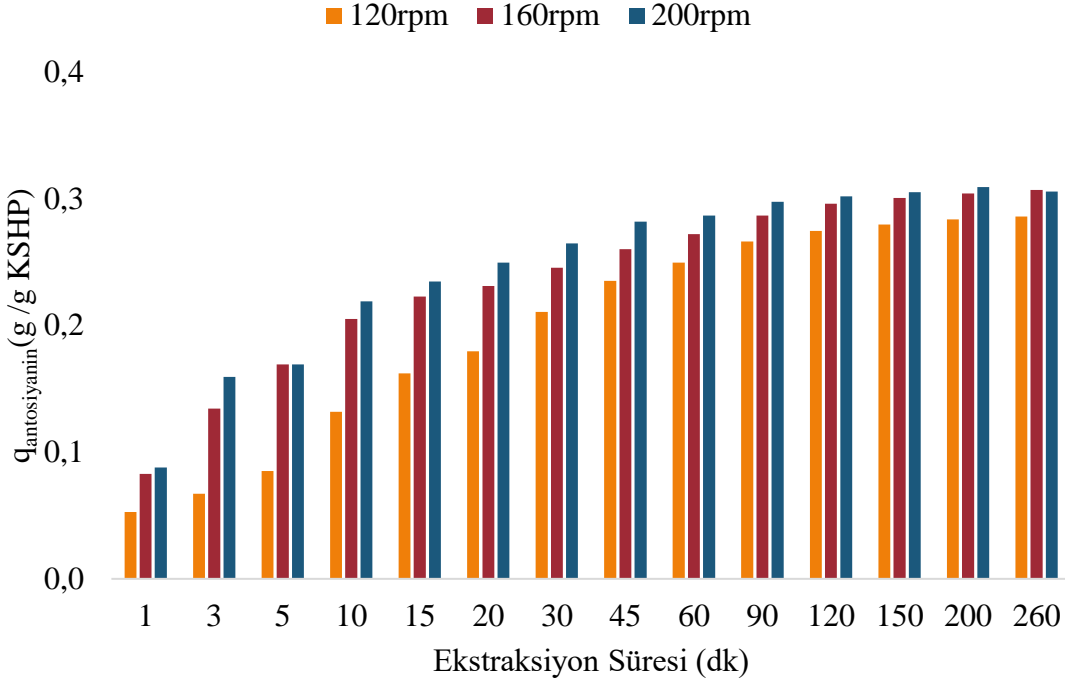
Posa Türü	C _{den,ant,deneysel} (g/L)	C _{den,ant,teorik} (g/L)	h _{ant,deneysel} (g/L dk)	h _{ant,teorik} (g/L dk)	k ₂ (L/g dk)	R ²	% Hata
YSHP	1,36	1,41	165	175	88,5	0,997	3,04
KSHP	1,46	1,51	184	196	85,9	0,997	3,22
DSHP	1,47	1,51	182	190	83,8	0,999	2,27

Karıştırma Hızının Etkisi

50°C sıcaklıkta, 1/40 katı/sıvı oranında, su ile yapılan kesikli karıştırma ekstraksiyon çalışmalarında karıştırma hızının etkisi, 120, 160 ve 200 rpm karıştırma hızında incelenmiş, çalışılan her bir karıştırma hızında çözücüye geçen antosiyanin derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.7.'de, birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarının zamanla değişimi ise sütun grafikleri ile Şekil 5.8.'de verilmiştir. Her iki şekilden de karıştırma hızının 160 rpm'e çıkmasıyla dış difüzyon dirençlerinin azalmasına bağlı olarak pigmentin daha hızlı ekstrakte edildiği ve havucun antosiyanin ekstraksiyon kapasitesinin arttığı, ekstraksiyonun dengeye ulaşma süresinin ise fazla değişmediği görülmektedir. Karıştırma hızının 200 rpm'e arttırılması ekstraksiyon hızını, verimini ve dengeye ulaşma süresini fazla değiştirmediğinden bundan sonraki ekstraksiyon deneyleri 160 rpm'de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.7. Kesikli Karıştırma Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C, Katı/Sıvı=1/40, Çözücü=Su)



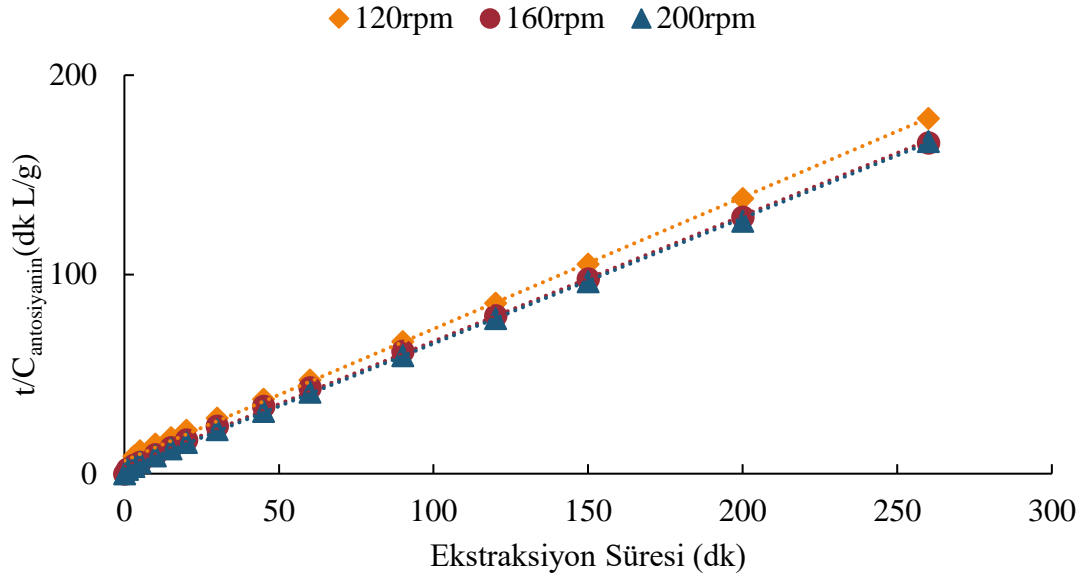
Şekil 5.8. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Birim KSHP Kütesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=50°C, Katı/Sıvı=1/40, Çözücü=Su)

Kesikli karıştırılmalı sistemde KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonunda, farklı karıştırma hızlarında bulunan dengede çözücüye geçen antosiyanin derişimleri ve birim KSHP kütesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarları Çizelge 5.5.'te sunulmuştur. Çizelgeden, benzer olarak karıştırma hızının 160 rpm'e çıkmasıyla çözücüye geçen antosiyanin derişiminin ve birim KSHP kütesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarının arttığı, karıştırma hızının 200 rpm'e çıkarılmasının ise çözücüye geçen antosiyanin derişimini ve birim KSHP kütesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarını fazla değiştirmediği görölmektedir. 120 rpm'de KSHP'den suya ekstrakte edilen antosiyanin miktarı 0,287 g antosiyanin/g KSHP, suya geçen antosiyanin derişimi 1,46 g antosiyanin /L su iken, 200 rpm'de bu değerler sırasıyla 0,302 g antosiyanin/g KSHP ve 1,54 g antosiyanin /L su'ya çıkmıştır.

Çizelge 5.5. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyenin Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Denge Çözücüyeye Geçen Antosiyenin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyenin Miktarları

Karıştırma Hızı (rpm)	$C_{den,ant}$ (g/L su)	$q_{den,ant}$ (g/g KSHP)
120	1,46	0,287
160	1,51	0,296
200	1,54	0,302

Kesikli karıştırılmalı sistemde farklı karıştırma hızlarında KSHP'den suya antosiyenin ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı karıştırma hızlarında bulunan suya ekstrakte edilen antosiyenin derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.9.'da verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.6.'da deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm karıştırma hızlarında deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırılmalı sistemde farklı karıştırma hızlarındaki KSHP'den antosiyenin ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



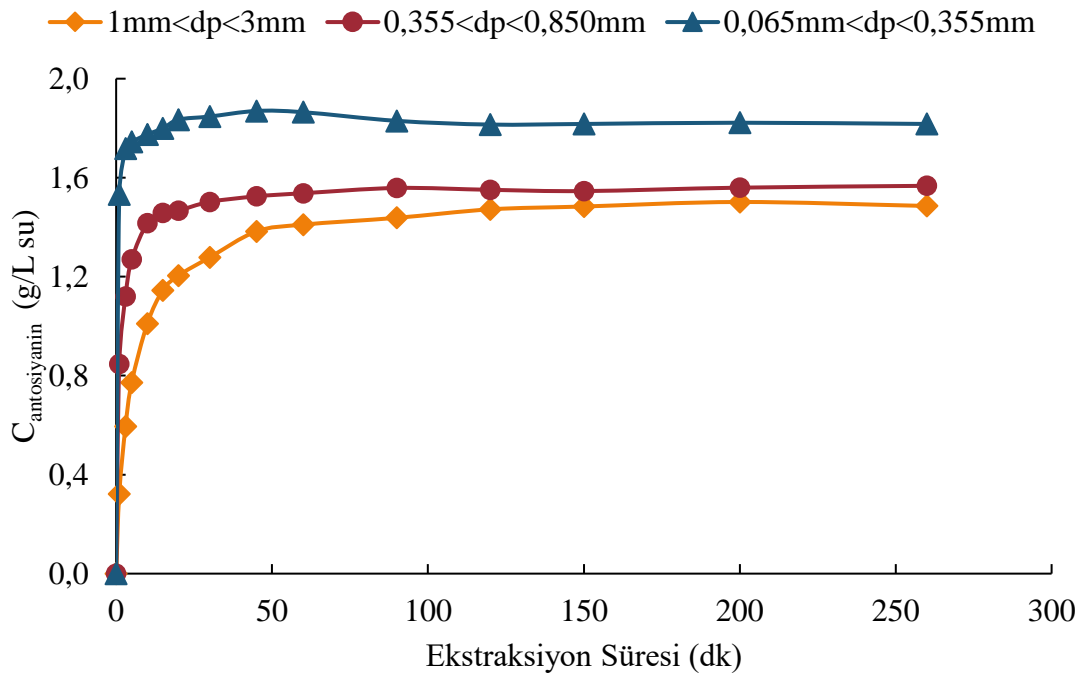
Şekil 5.9. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.6. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Geçen Antosiyanin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

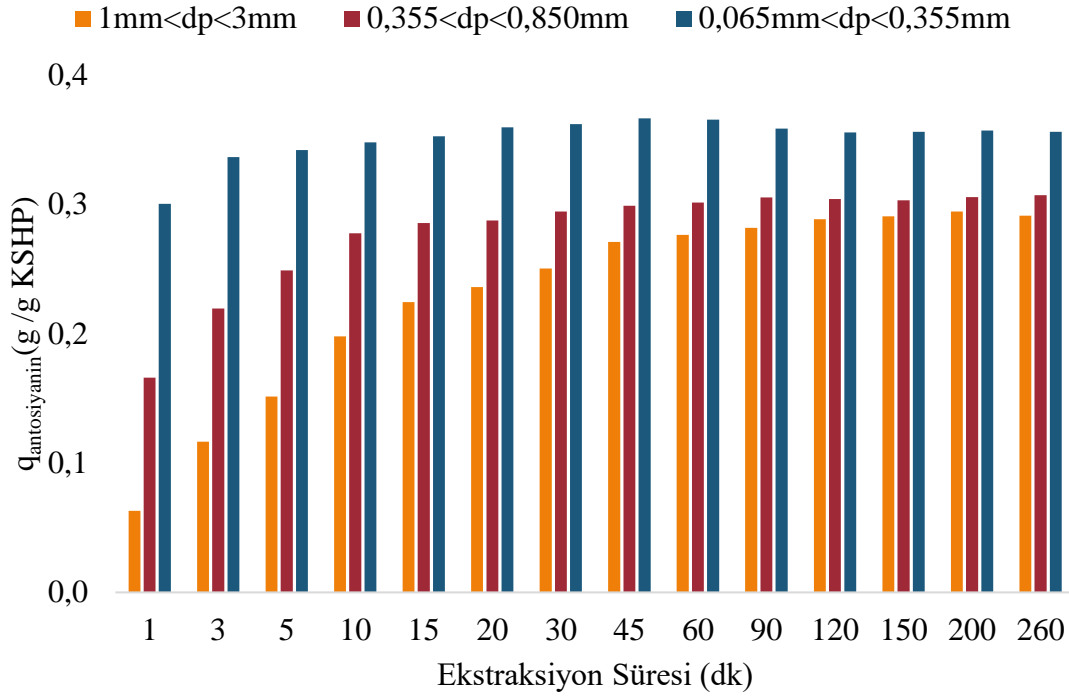
Karıştırma Hızı (rpm)	C _{den,ant,deneysel} (g/L)	C _{den,ant,teorik} (g/L)	h _{ant,deneysel} (g/L dk)	h _{ant,teorik} (g/L dk)	k ₂ (L/g dk)	R ²	% Hata
120	1,46	1,51	382	407	178,7	0,997	3,22
160	1,51	1,59	180	199	79,0	0,999	5,04
200	1,54	1,59	185	197	77,9	0,999	3,10

Tanecik Boyut Aralığının Etkisi

50°C sıcaklıkta, 1/40 katı/sıvı oranında, 160 rpm karıştırma hızında kurutulmuş posayla kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda tanecik boyut aralığının etkisi, $1\text{mm}<dp<3\text{mm}$, $0,355\text{mm}<dp<0,850\text{mm}$ ve $0,065\text{mm}<dp<0,355\text{mm}$ boyut aralıklarında incelenmiş, çalışılan her bir tanecik boyut aralığında çözücüye geçen antosiyanin derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.10.'da, birim KSHP kütesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarının zamanla değişimi ise sütun grafikleri ile Şekil 5.11.'de verilmiştir. Her iki şekilden de tanecik boyut aralığının azalmasıyla çözücüyle temas eden toplam yüzey alanı arttığından pigmentin daha hızlı ekstrakte edildiği ve havucun antosiyanin ekstraksiyon kapasitesinin arttığı, ekstraksiyonun dengeye ulaşma süresinin ise azaldığı görülmektedir. $1\text{mm}<dp<3\text{mm}$ boyut aralığındaki taneciklerle dengeye ulaşma süresi yaklaşık 2 saat iken $0,065\text{mm}<dp<0,355\text{mm}$ boyut aralığında taneciklerle ise bu süre yaklaşık yarım saat bulunmuştur.



Şekil 5.10. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su)



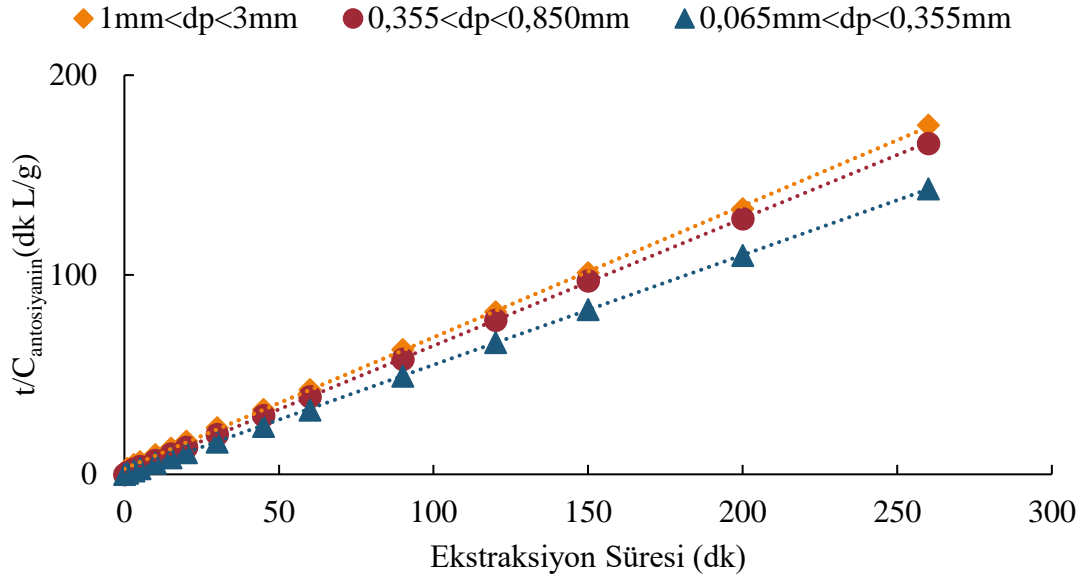
Şekil 5.11. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri

Kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonunda, farklı tanecik boyut aralıklarında bulunan dengede çözücüye geçen antosiyanin derişimleri ve birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarları Çizelge 5.7'de sunulmuştur. Çizelgeden, benzer olarak tanecik boyut aralığı azaldıkça çözücüye geçen antosiyanin derişiminin ve birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarının arttığı görülmektedir. 1mm < dp < 3mm boyut aralığındaki taneciklerle KSHP taneciklerinden suya ekstrakte edilen antosiyanin miktarı 0,289 g antosiyanin/g KSHP, suya geçen antosiyanin derişimi 1,47 g antosiyanin/L su iken, 0,065mm < dp < 0,355mm boyut aralığındaki KSHP tanecikleriyle ekstraksiyonda bu değerler yaklaşık %25 artarak sırasıyla 0,362 g antosiyanin/g KSHP ve 1,85 g antosiyanin/L su olarak belirlenmiştir. KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonundaki diğer tüm çalışmalar 0,065mm < dp < 0,355mm tanecik boyut aralığında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.7. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları

Tanecik Boyutu Aralığı (mm)	$C_{den,ant}$ (g/L su)	$Q_{den,ant}$ (g/g KSHP)
$1 < dp < 3$	1,47	0,289
$0,355 < dp < 0,850$	1,53	0,299
$0,065 < dp < 0,355$	1,85	0,362

Kesikli karıştırmalı sistemde farklı boyut aralıklarındaki KSHP taneciklerinden suya antosiyanin ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı tanecik boyut aralıklarında bulunan suya ekstrakte edilen antosiyanin derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C 'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.12'de verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.8.'de deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm tanecik boyut aralıklarında deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırmalı sistemde farklı boyut aralıklarındaki KSHP taneciklerinden antosiyanin ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



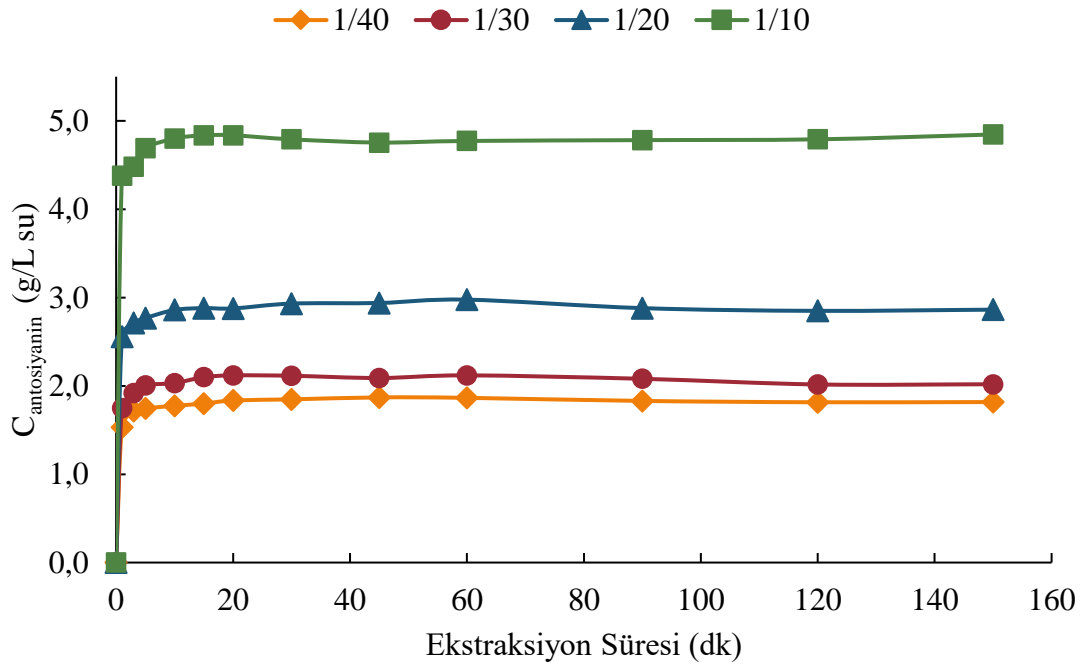
Şekil 5.12. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyenin Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.8. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyenin Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyenin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

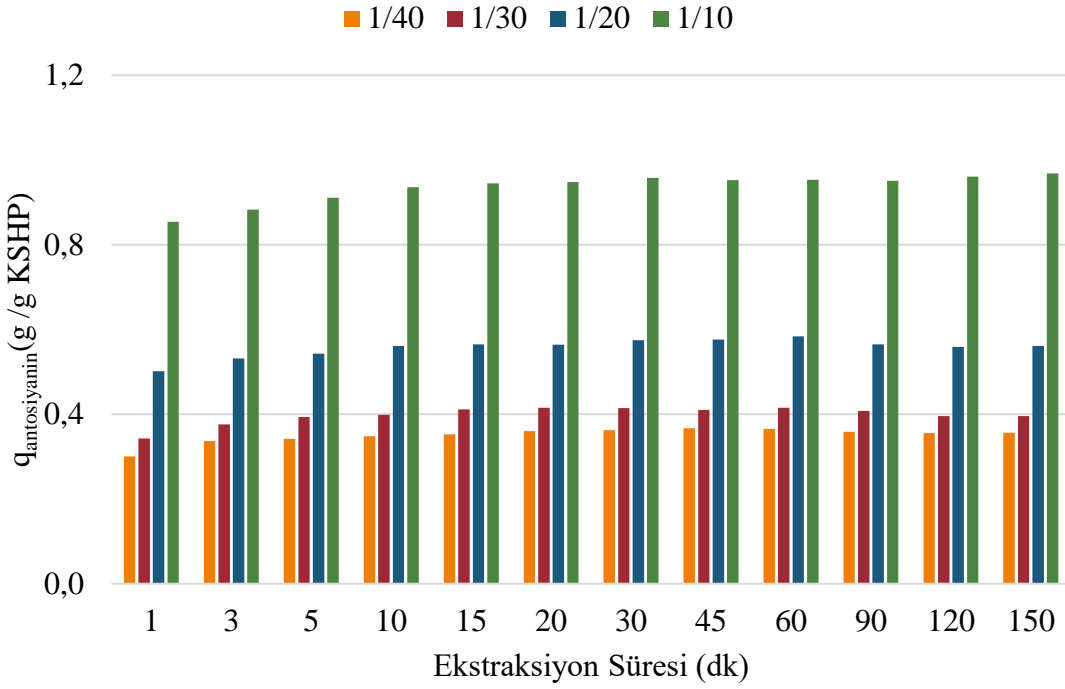
Tanecik Boyut Aralığı (mm)	$C_{den,ant,deneysel}$ (g/L)	$C_{den,ant,teorik}$ (g/L)	$h_{ant,deneysel}$ (g/L dk)	$h_{ant,teorik}$ (g/L dk)	k_2 (L/g dk)	R^2	% Hata
$1 < dp < 3$	1,47	1,51	178	187	82	0,997	2,59
$0,355 < dp < 0,850$	1,56	1,56	68	72	29	0,999	2,36
$0,065 < dp < 0,355$	1,85	1,81	56	54	16	0,999	1,88

Katı/Sıvı Oranının Etkisi

50°C sıcaklıkta, $0,065\text{mm} < dp < 0,355\text{mm}$ tanecik boyut aralığında, 160 rpm karıştırma hızında kurutulmuş siyah havuç posasıyla yapılan kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarında katı/sıvı oranının etkisi, 1/10-1/40 katı/sıvı (g posa/L su) oranı aralığında incelenmiş, çalışılan her bir katı/sıvı oranında çözücüye geçen antosiyanin derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.13.'te, birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarının zamanla değişimi ise sütun grafikleri ile Şekil 5.14.'te verilmiştir. Her iki şekilden de çalışılan tüm katı/sıvı oranlarında ekstraksiyonun çok hızlı gerçekleştiği ve ekstraksiyonun ilk 5 dakikasında çözücüye geçen antosiyanin derişiminin %90'a ulaştığı görülmektedir. Ayrıca katı/sıvı oranının artmasıyla çözücüye geçen antosiyanin pigment derişiminin ve havucun antosiyanin ekstraksiyon kapasitesinin önemli derecede arttığı ve ekstraksiyonun dengeye ulaşma süresinin fazla değişmediği (30 dk) görülmektedir.



Şekil 5.13. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Elde Edilen Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C, $0,065\text{mm} < dp < 0,355\text{mm}$, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su)



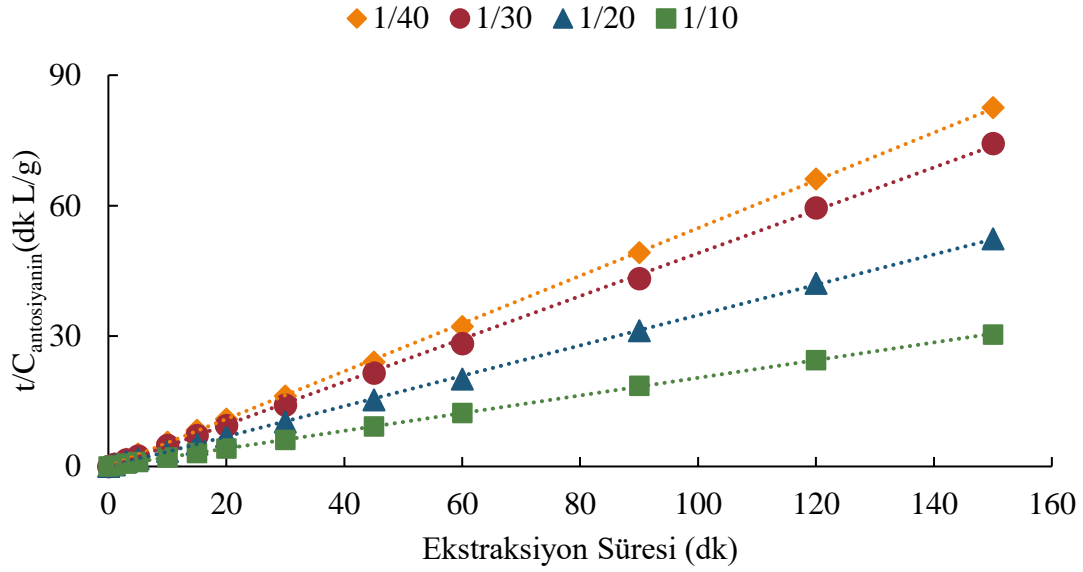
Şekil 5.14. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyenin Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyenin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=50°C, 0,065mm<dp<0,355mm, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su)

Kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'den antosiyenin ekstraksiyonunda, farklı katı/sıvı (g posa/L su) oranlarında bulunan dengede çözücüye geçen antosiyenin derişimleri ve birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyenin miktarları Çizelge 5.9.'da sunulmuştur. Çizelgeden, benzer olarak katı/sıvı oranı arttıkça çözücüye geçen antosiyenin derişiminin ve birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyenin miktarının önemli ölçüde arttığı görülmektedir. 1/40 katı/sıvı oranında KSHP'den suya ekstrakte edilen antosiyenin miktarı 0,362 g antosiyenin/g KSHP, suya geçen antosiyenin derişimi 1,85 g antosiyenin/L su iken, 1/10 katı/sıvı oranında bu değerler 2.5 katından fazla artarak sırasıyla 0,957 g antosiyenin/g KSHP ve 4,97 g antosiyenin/L su'ya çıkmıştır. KSHP'den antosiyenin ekstraksiyonundaki diğer tüm çalışmalar 1/10 katı/sıvı oranında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.9. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Bulunan Denge Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları

Katı/Sıvı Oranı (g posa/L su)	$C_{den,ant}$ (g/L su)	$q_{den,ant}$ (g/g KSHP)
1/10	4,97	0,957
1/20	2,93	0,575
1/30	2,11	0,415
1/40	1,85	0,362

Kesikli karıştırmalı sistemde farklı katı/sıvı oranlarında KSHP'den suya antosiyanin ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı katı/sıvı oranlarında bulunan suya ekstrakte edilen antosiyanin derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.15.'te verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.10.'da deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm katı/sıvı oranlarında deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırmalı sistemde farklı katı/sıvı oranlarında KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



Şekil 5.15. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

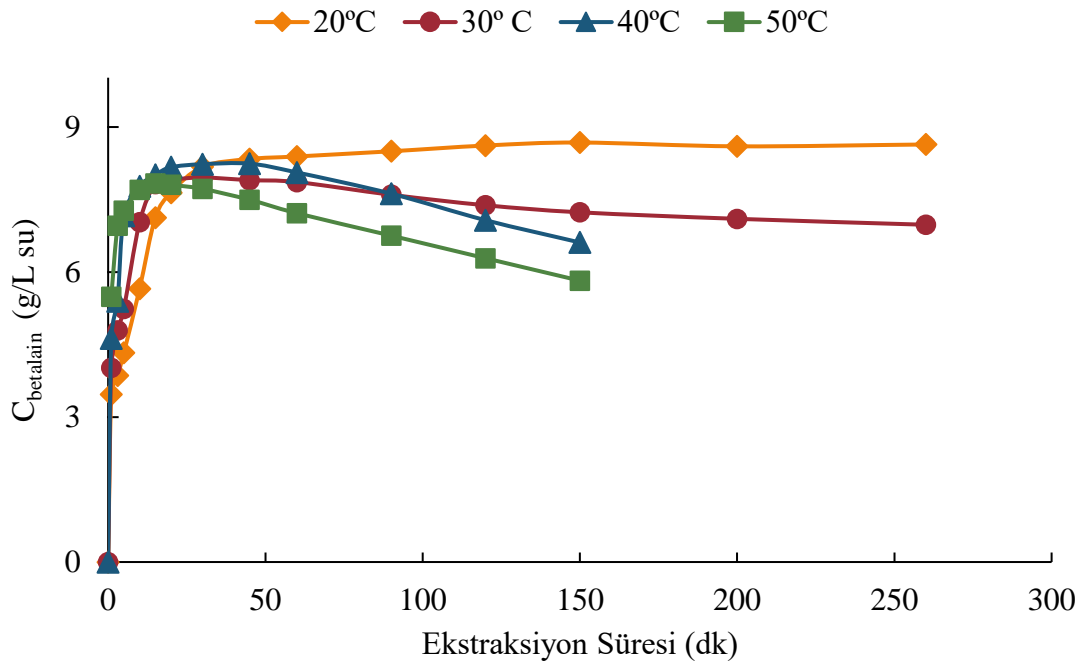
Çizelge 5.10. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

Katı/Sıvı Oranı (g posa/L su)	C _{den,ant,deneysel} (g/L)	C _{den,ant,teorik} (g/L)	h _{ant,deneysel} (g/L dk)	h _{ant,teorik} (g/L dk)	k ₂ (L/g dk)	R ²	% Hata
1/10	4,97	4,92	153	149	6	0,997	1,10
1/20	2,93	2,87	89	85	10	0,999	2,23
1/30	2,11	2,03	65	60	15	0,999	4,12
1/40	1,85	1,81	56	54	16	0,999	1,88

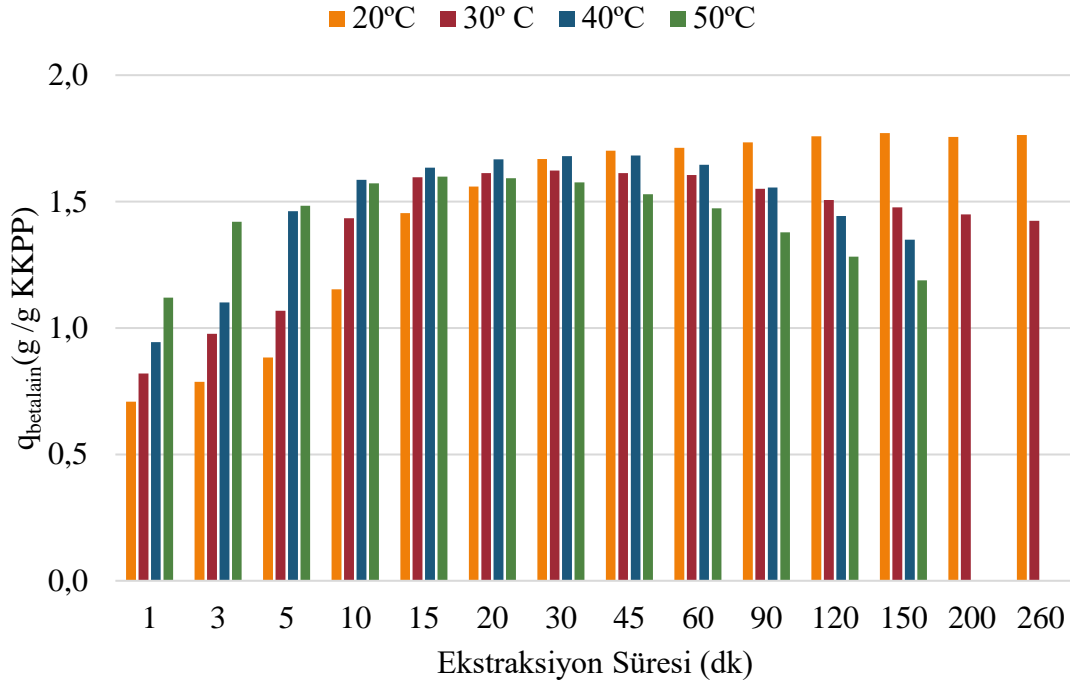
5.1.1.2. Kırmızı Pancar Posası Çalışmaları

Sıcaklığın Etkisi

1/40 katı/sıvı oranında, 120 rpm karıştırma hızında yaş posayla su ile yapılan kesikli karıştırılmalı ekstraksiyonda sıcaklığın etkisi, 20-50°C aralığında incelenmiş, çalışılan her bir sıcaklıkta çözücüye geçen betalain derişiminin zamanla değişim eğrileri 5.16.'da, birim YKPP kütlesinden ekstrakte edilen betalain miktarının zamanla değişimi sütun grafikleri ile Şekil 5.17.'de verilmiştir. Her iki şekilden de sıcaklığın 50°C'ye artmasıyla pigmentin daha hızlı ekstrakte edildiği ancak yüksek sıcaklıklarda betalain pigmentinin oksidasyon ve hidroliz reaksiyonlarıyla kararlı yapısının bozunmasına bağlı olarak ekstraksiyon veriminin önemli ölçüde azaldığı ve dengeye ulaşamadığı görülmektedir. 20°C'deki ekstraksiyon çalışmasında dengenin 1,5 saatte oluştuğu ve değişmediği yine aynı şekillerden gözlenmektedir. Bundan sonraki kırmızı pancardan betalain ekstraksiyon çalışmaları 20°C'de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.16. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde YKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Katı/Sıvı=1/40; Karıştırma Hızı=120 rpm; Çözücü=Su)



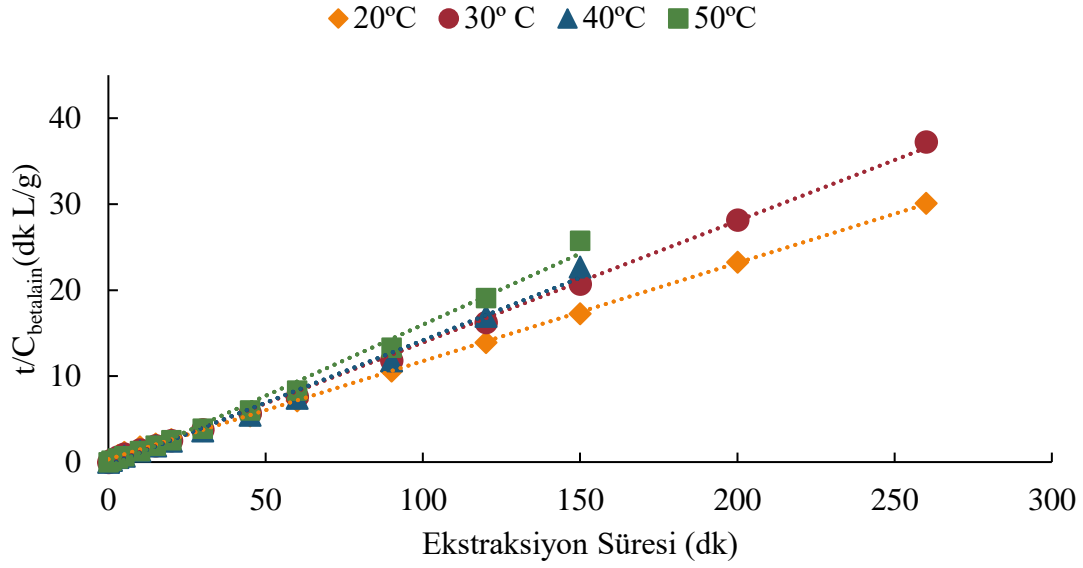
Şekil 5.17. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde YKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Birim KKPP Kütesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Katı/Sıvı=1/40; Karıştırma Hızı=120 rpm; Çözücü=Su)

Kesikli karıştırılmalı sistemde KKPP'den betalain ekstraksiyonunda, farklı sıcaklıklarda bulunan dengede çözücüye geçen betalain derişimleri ve birim KKPP kütesinden ekstrakte edilen betalain miktarları Çizelge 5.11.'de sunulmuştur. Çizelgeden, benzer olarak ekstraksiyon sıcaklığı arttıkça çözücüye geçen betalain derişiminin ve birim YKPP kütesinden ekstrakte edilen betalain miktarının azaldığı görülmektedir. 20°C'da YSHP'den suya ekstrakte edilen betalain miktarı 1,76 g betalain /g KSHP, suya geçen betalain derişimi 8,62 g betalain /L su iken, 50°C'de bu değerler sırasıyla 1,57 g betalain/g KSHP ve 7,70 g betalain /L su'ya inmiştir.

Çizelge 5.11. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde YKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Bulunan Denge Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları

Sıcaklık (°C)	$C_{den,bet}$ (g/L su)	$q_{den,bet}$ (g/g KKPP)
20	8,62	1,76
30	7,95	1,62
40	7,77	1,63
50	7,70	1,57

Kesikli karıştırılmalı sistemde farklı sıcaklıklarda YKPP'den suya betalain ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı sıcaklıklarda bulunan suya ekstrakte edilen betalain derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C 'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.18.'de verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.12.'de deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden sadece 20°C'deki deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, 20°C'deki kesikli karıştırılmalı sistemde YKPP'den betalain ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



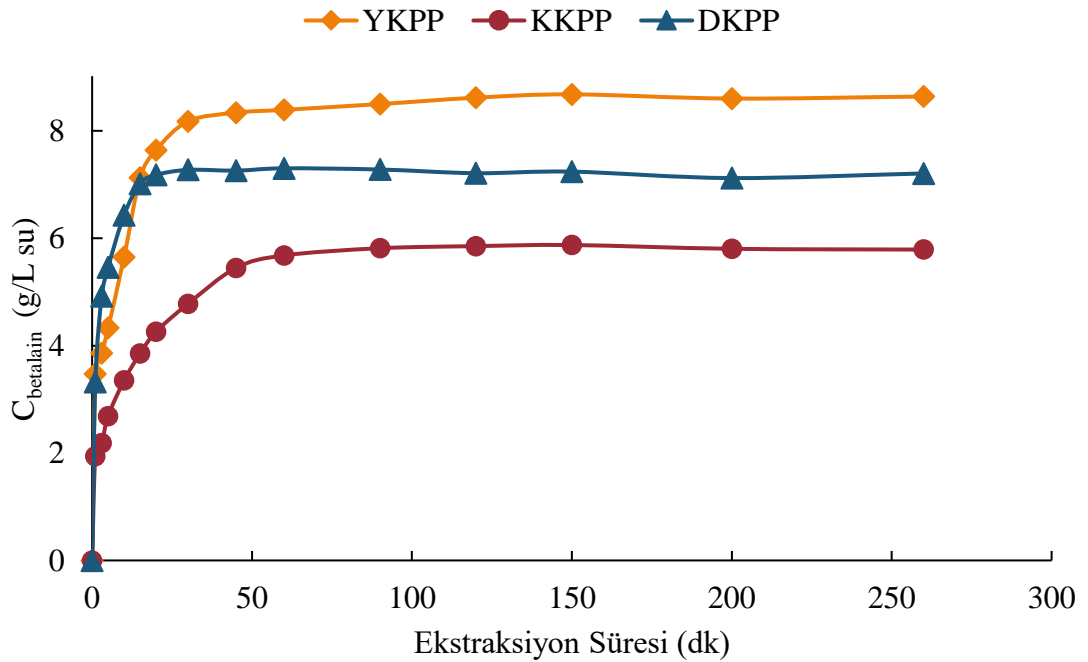
Şekil 5.18. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.12. Kesikli Karıştırmalı Sistemde YKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

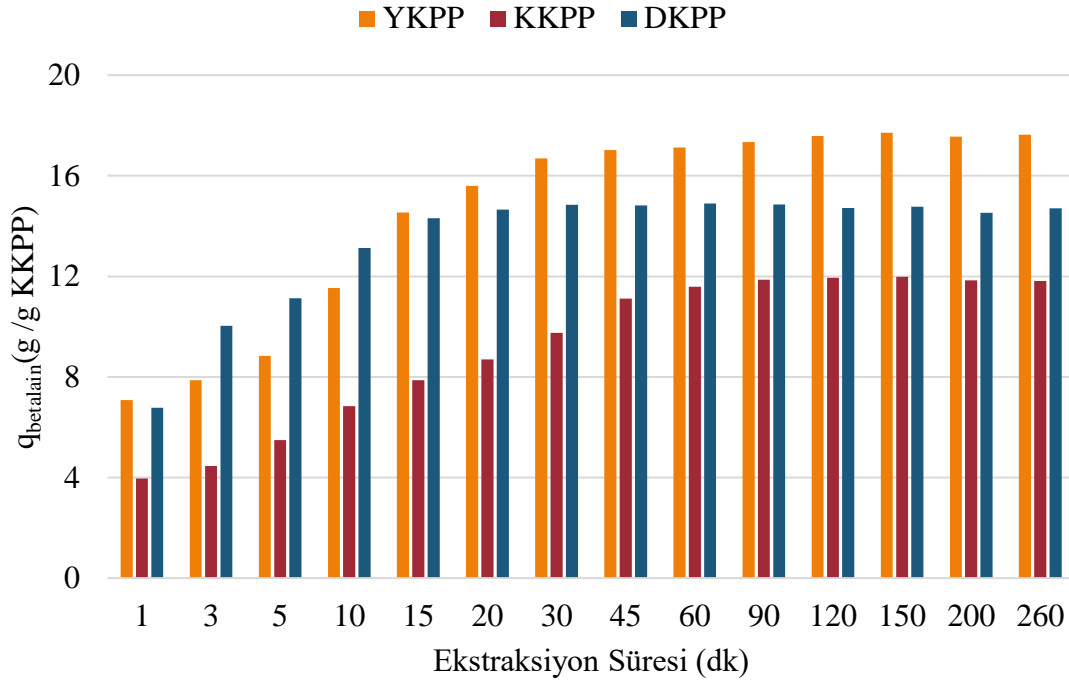
Sıcaklık (°C)	$C_{\text{den,bet,deneysel}}$ (g/L)	$C_{\text{den,bet,teorik}}$ (g/L)	$h_{\text{bet,deneysel}}$ (g/L dk)	$h_{\text{bet,teorik}}$ (g/L dk)	k_2 (L/g dk)	R^2	% Hata
20	8,62	8,76	1042	1076	14,03	0,999	1,6
30	7,95	7,07	284	224	4,49	0,992	11,2
40	7,77	6,88	109	86	1,81	0,992	11,4
50	7,70	6,05	132	81	2,22	0,991	21,5

Posaya Uygulanan Ön İşlemin Etkisi

Deneysel çalışmaların bu kısmında, ön işlemsiz (yaş) ve ön işlemlili (kurutulmuş ve dondurulmuş) kırmızı pancar posaları ile 20°C’de, 1/40 katı/sıvı (5gr yaş posa/200 ml su) oranında, 120 rpm karıştırma hızında yapılan ekstraksiyon çalışmalarında her bir posa türü için çözücüye geçen betalain derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.19.’da, birim posa kütesinden ekstrakte edilen betalain miktarının zamanla değişiminin sütun grafikleri Şekil 5.20.’de verilmiştir. Her iki şekilden de DKPP’yle betalain ekstraksiyonunun en hızlı gerçekleştiği ve en kısa sürede (15 dakika) dengeye ulaştığı, KKPP’yle betalain ekstraksiyonunun en yavaş olduğu ve daha uzun sürede (2 saat) dengeye ulaştığı, YKPP’yle betalain ekstraksiyonunun hem hızlı hem de en yüksek verimle gerçekleştiği dengeye ulaşma süresinin ise yaklaşık 2 saat olduğu görülmektedir. Yaş posadan elde edilen betalain miktarı yüksek olsada, yaş posanın depolama zorlukları ve hızlı bozunması gözönüne alındığında, sağladığı ekonomik avantajlar ve depolama kolaylıklarından dolayı, bundan sonraki ekstraksiyon çalışmaları kurutulmuş pancar posasıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.19. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Kırmızı Pancardan Betalain Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=120 rpm, Çözücü=Su)



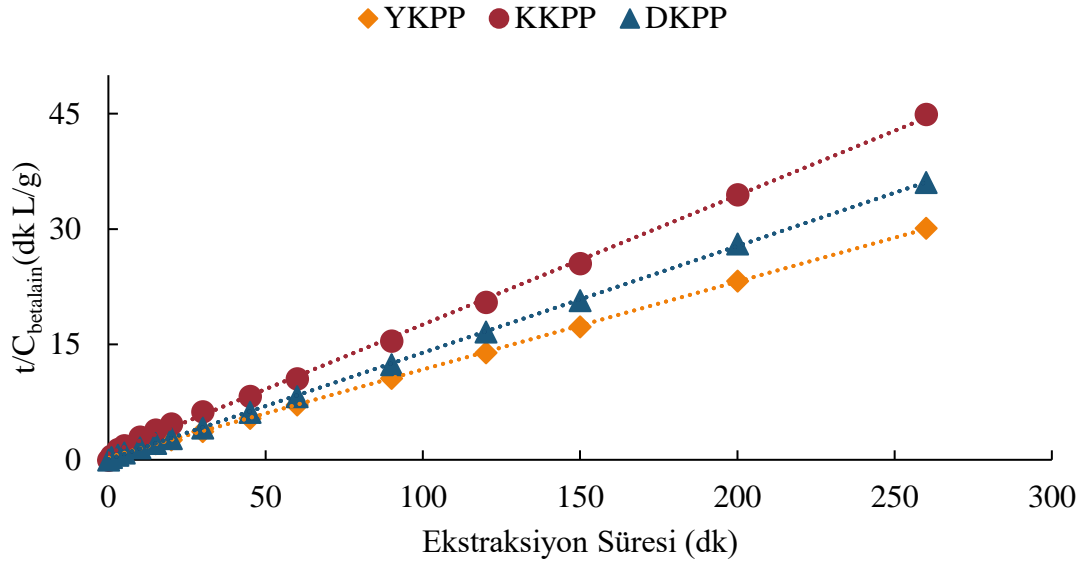
Şekil 5.20. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Kırmızı Pancardan Betalain Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Birim KKPP Kütesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=120 rpm, Çözücü=Su)

Kesikli karıştırmalı sistemde kırmızı pancardan betalain ekstraksiyonunda, ön işlemsiz (yaş) ve ön işlem uygulanmış (kurutulmuş, dondurulmuş) posa türleri için bulunan dengede çözücüye geçen betalain derişimleri ve birim KKPP kütesinden ekstrakte edilen betalain miktarları Çizelge 5.13.'te sunulmuştur. Çizelgeden, denge durumunda birim YKPP kütesinden ekstrakte edilebilir pigment kapasitesinin KKPP'den %46, DKPP'den ise %20 daha fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.13. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları

Posa Türü	$C_{den,bet}$ (g/L su)	$Q_{den,bet}$ (g/g KKPP)
YSHP	8,62	17,6
KSHP	5,87	12,0
DSHP	7,21	14,7

Kesikli karıştırmalı sistemde ön işlemsiz (yaş) ve ön işlemlili (kurutulmuş ve dondurulmuş) kırmızı pancar posalarından suya betalain ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı posa türleri için bulunan suya ekstrakte edilen betalain derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.21.'de verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.14.'te deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm posa türleri için deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırmalı sistemde 3 farklı posa türü için de betalain ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



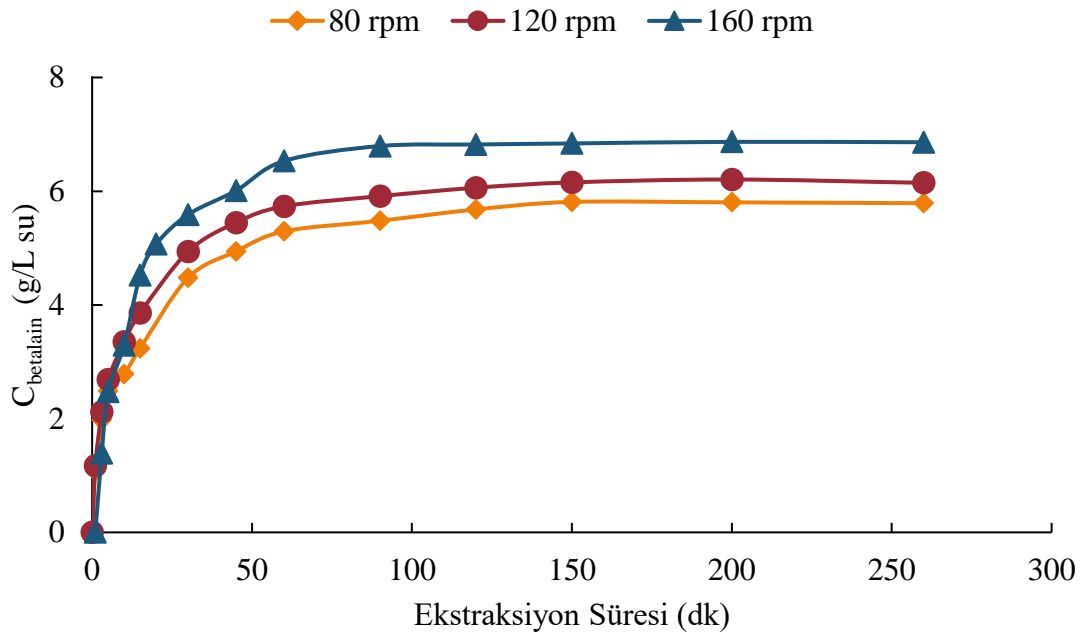
Şekil 5.21. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Kırmızı Pancardan Betalain Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.14. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Kırmızı Pancardan Betalain Ekstraksiyonunda, Ön İşlemsiz (Yaş) ve Ön İşlem Uygulanmış (Kurutulmuş, Dondurulmuş) Posa Türleri İçin Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

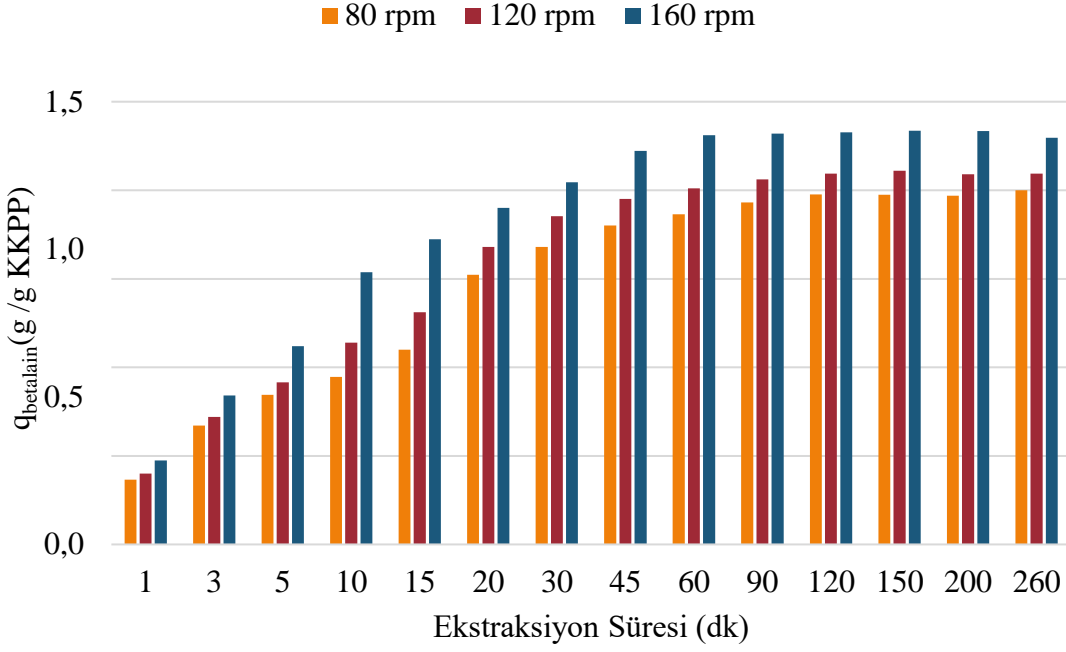
Posa Türü	$C_{\text{den,bet,deneysel}}$ (g/L)	$C_{\text{den,bet,teorik}}$ (g/L)	$h_{\text{bet,deneysel}}$ (g/L dk)	$h_{\text{bet,teorik}}$ (g/L dk)	k_2 (L/g dk)	R^2	% Hata
YSHP	8,62	8,76	1042	1076	14,03	0,999	1,62
KSHP	5,87	5,96	893	918	25,89	0,999	1,41
DSHP	7,21	7,22	868	869	16,69	1,000	0,06

Karıştırma Hızının Etkisi

20°C sıcaklıkta, 1/40 katı/sıvı (g posa/L su) oranında su ile yapılan kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarında karıştırma hızının etkisi, 80 rpm, 120 rpm ve 160 rpm karıştırma hızında incelenmiş, çalışılan her bir karıştırma hızında çözücüye geçen betalain derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.22.'de, birim KKPP kütlesinden ekstrakte edilen betalain miktarının zamanla değişimi ise sütun grafikleri ile Şekil 5.23.'te verilmiştir. Her iki şekilden de karıştırma hızının 160 rpm'ye çıkmasıyla dış difüzyon dirençlerinin azalmasına bağlı olarak pigmentin daha hızlı ekstrakte edildiği ve kırmızı pancarın betalain ekstraksiyon kapasitesinin arttığı, tüm karıştırma hızlarında ekstraksiyonun dengeye ulaşma süresinin fazla değişmediği görülmektedir. Bundan sonraki kırmızı pancar posasından betalain ekstraksiyonu deneyleri 160 rpm'de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.22. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Çözücü=Su)



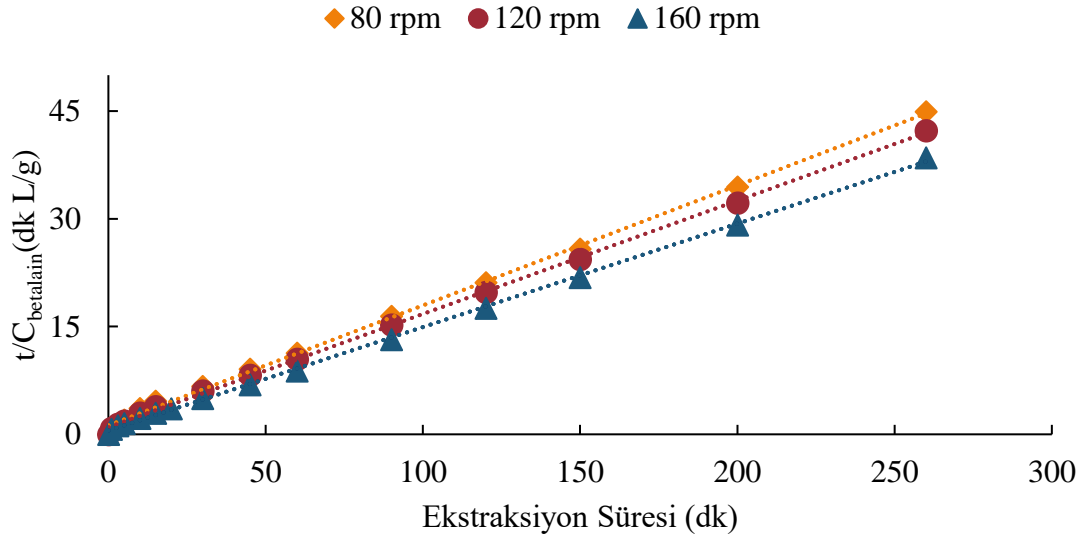
Şekil 5.23. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Çözücü=Su)

Kesikli karıştırılmalı sistemde KKPP'den betalain ekstraksiyonunda, farklı karıştırma hızlarında bulunan dengede çözücüye geçen betalain derişimleri ve birim KKPP kütlesinden ekstrakte edilen betalain miktarları Çizelge 5.15.'te sunulmuştur. Çizelgeden, benzer olarak ekstraksiyon karıştırma hızı arttıkça çözücüye geçen betalain derişiminin ve birim KKPP kütlesinden ekstrakte edilen betalain miktarının arttığı görülmektedir. 80 rpm'de KKPP'den suya ekstrakte edilen betalain miktarı 1,18 g betalain/g KKPP, suya geçen betalain derişimi 5,80 g betalain /L su iken, 160 rpm'de bu değerler yaklaşık %15 artarak sırasıyla 1,40 g betalain/g KKPP ve 6,84 g ve betalain /L su olmuştur.

Çizelge 5.15. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Denge Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları

Karıştırma Hızı (rpm)	$C_{den,bet}$ (g/L su)	$q_{den,bet}$ (g/g KKPP)
80	5,80	1,18
120	6,15	1,26
160	6,84	1,40

Kesikli karıştırılmalı sistemde farklı karıştırma hızlarında KKPP'den suya betalain ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı karıştırma hızlarında bulunan suya ekstrakte edilen betalain derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.24'te verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.16.'da deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm karıştırma hızlarında deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırılmalı sistemde KKPP'den betalain ekstraksiyonunu çalışılan tüm karıştırma hızlarında oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



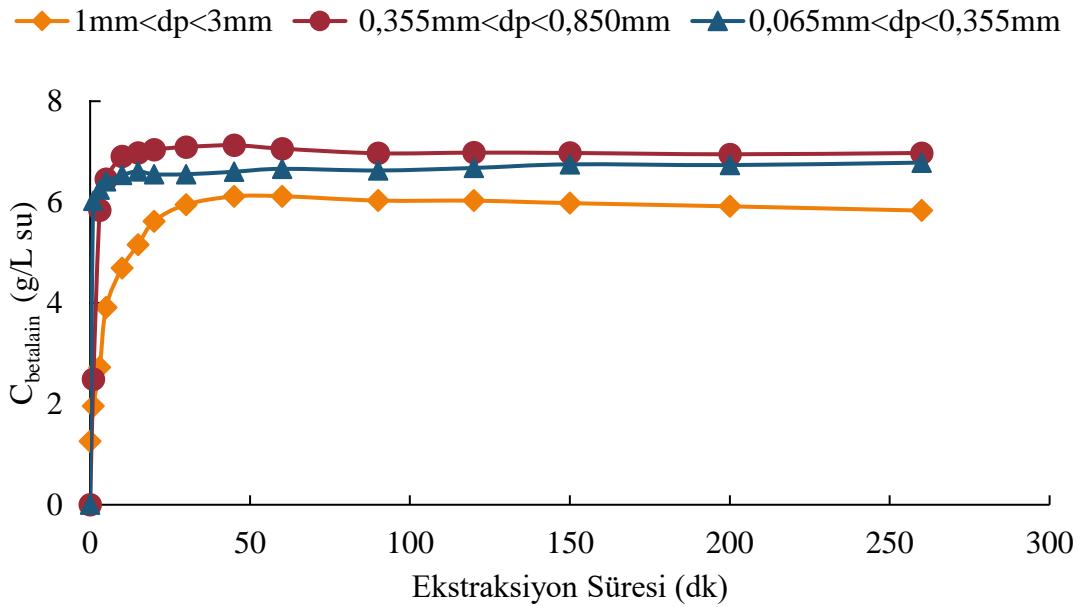
Şekil 5.24. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.16. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Karıştırma Hızlarında Bulunan Deneysel ve Teorik Denge Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

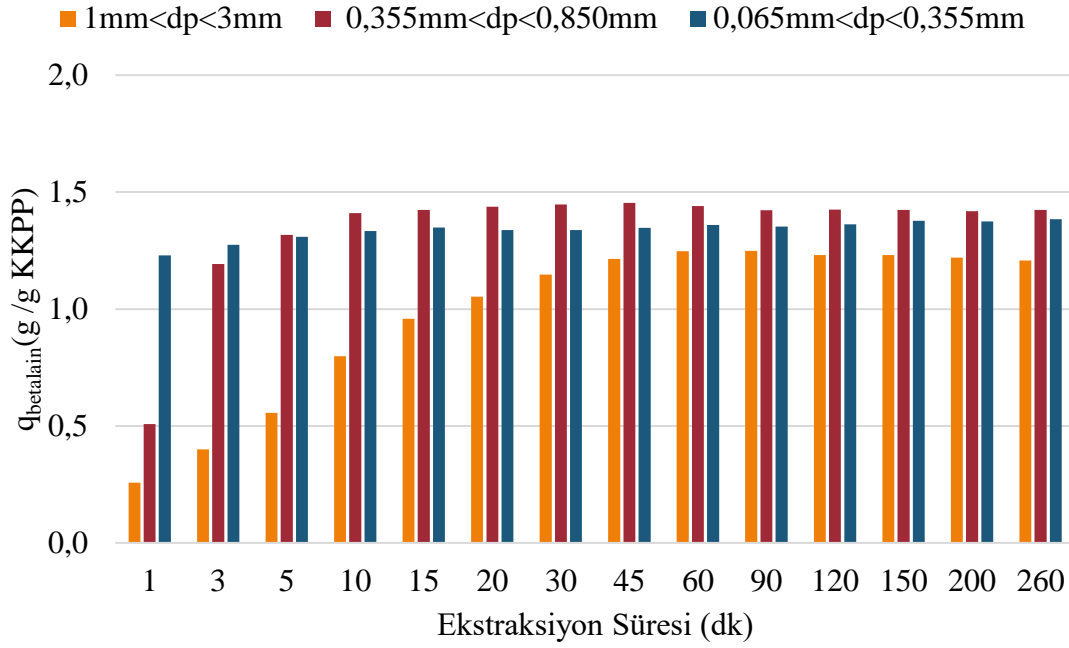
Karıştırma Hızı (rpm)	C _{den,bet,deneysel} (g/L)	C _{den,bet,teorik} (g/L)	h _{bet,deneysel} (g/L dk)	h _{bet,teorik} (g/L dk)	k ₂ (L/g dk)	R ²	% Hata
80	5,80	5,99	1167	1242	34,64	0,999	3,18
120	6,15	5,96	981	918	25,89	0,999	3,23
160	6,84	6,94	833	859	17,80	1,000	1,53

Tanecik Boyut Aralığının Etkisi

20°C sıcaklıkta, 1/40 katı/sıvı (g posa/L su) oranında, 160 rpm karıştırma hızında kurutulmuş posayla kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda tanecik boyut aralığının etkisi, $1\text{mm}<dp<3\text{mm}$, $0,355\text{mm}<dp<0,850\text{mm}$ ve $0,065\text{mm}<dp<0,355\text{mm}$ boyut aralıklarında incelenmiş, çalışılan her bir tanecik boyut aralığında, çözücüye geçen betalain derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.25.'te, birim KKPP kütlesinden ekstrakte edilen betalain miktarının zamanla değişimi ise sütun grafikleri ile Şekil 5.26.'da verilmiştir. Her iki şekilden de kuru posa $0,065\text{mm}<dp<0,355\text{mm}$ tanecik boyut aralığında en fazla yüzey alanına sahip olmasına rağmen, çözücüye geçen betalain derişiminin en fazla $0,355\text{mm}<dp<0,850\text{mm}$ tanecik boyut aralığında olduğu görülmektedir. Bu durum, çok küçük boyut aralığına sahip posa taneciklerinin ekstraksiyon işlemi sırasında topaklanması/çamurlaşması nedeniyle çözücüyle temas eden toplam yüzey alanının azalmasından kaynaklanmaktadır. $1\text{mm}<dp<3\text{mm}$ boyut aralığındaki taneciklerle dengeye ulaşma süresi yaklaşık 2 saat iken, $0,355\text{mm}<dp<0,850\text{mm}$ boyut aralığında taneciklerle ise bu süre yaklaşık yarım saat bulunmuştur.



Şekil 5.25. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su)



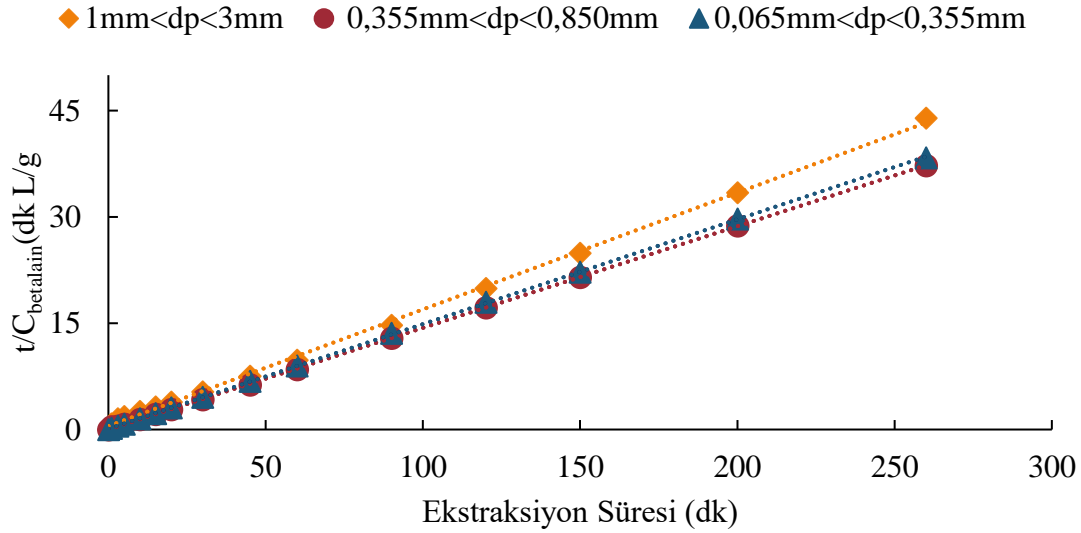
Şekil 5.26. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Birim KKPP Kütesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/40, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su)

Kesikli karıştırılmalı sistemde KKPP'den betalain ekstraksiyonunda, farklı tanecik boyut aralıklarında bulunan dengede çözücüye geçen betalain derişimleri ve birim KKPP kütesinden ekstrakte edilen betalain miktarları Çizelge 5.17.'de sunulmuştur. Çizelgeden, benzer olarak 0,355mm < dp < 0,850mm tanecik boyut aralığında çalışıldığında daha yüksek denge değerlerinin elde edildiği görülmektedir. 1mm < dp < 3mm boyut aralığındaki taneciklerle KKPP taneciklerinden suya ekstrakte edilen betalain miktarı 1,23 g betalain/g KKPP, suya geçen betalain derişimi 6,03 g betalain/L su iken, 0,355mm < dp < 0,850mm'de bu değerler yaklaşık %15 artarak sırasıyla 1,42 g betalain/g KKPP ve 6,97 g betalain/L su olmuştur. KKPP'den betalain ekstraksiyonundaki diğer tüm çalışmalar 0,355mm < dp < 0,850mm boyut aralığındaki taneciklerle gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.17. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları

Tanecik Boyut Aralığı (mm)	$C_{den,bet}$ (g/L su)	$q_{den,bet}$ (g/g KKPP)
$1 < dp < 3$	6,03	1,23
$0,355 < dp < 0,850$	6,97	1,42
$0,065 < dp < 0,355$	6,78	1,38

Kesikli karıştırmalı sistemde farklı boyut aralığındaki KKPP taneciklerinden suya betalain ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı tanecik boyut aralıklarında bulunan suya ekstrakte edilen betalain derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.27'de verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.18.'de deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm tanecik boyut aralıklarında deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırmalı sistemde farklı boyut aralığındaki KKPP taneciklerinden betalain ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



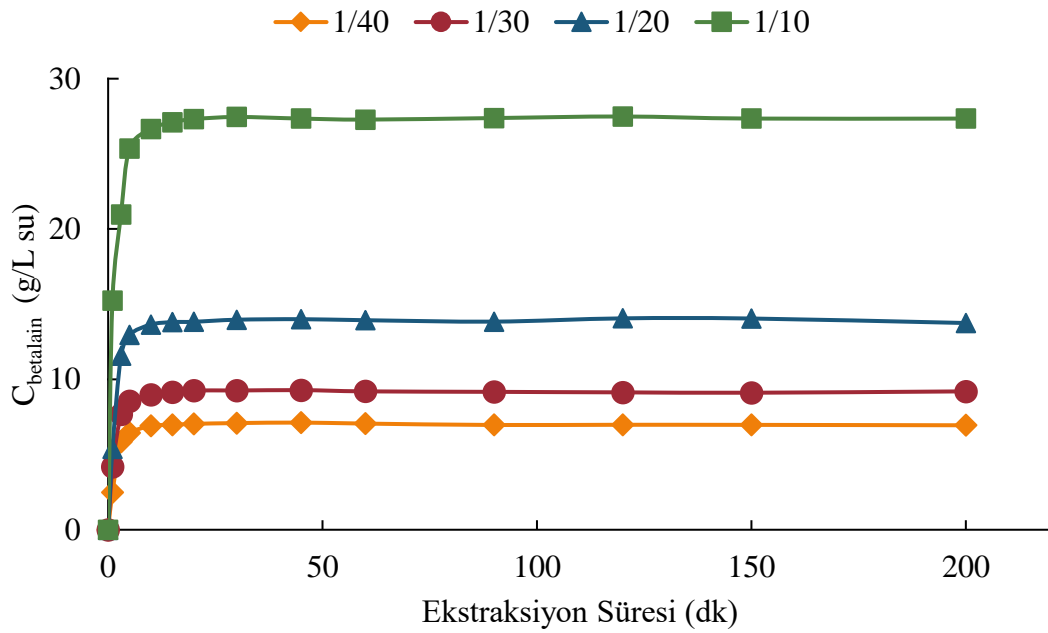
Şekil 5.27. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.18. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Bulunan Deneysel ve Teorik Dengede Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

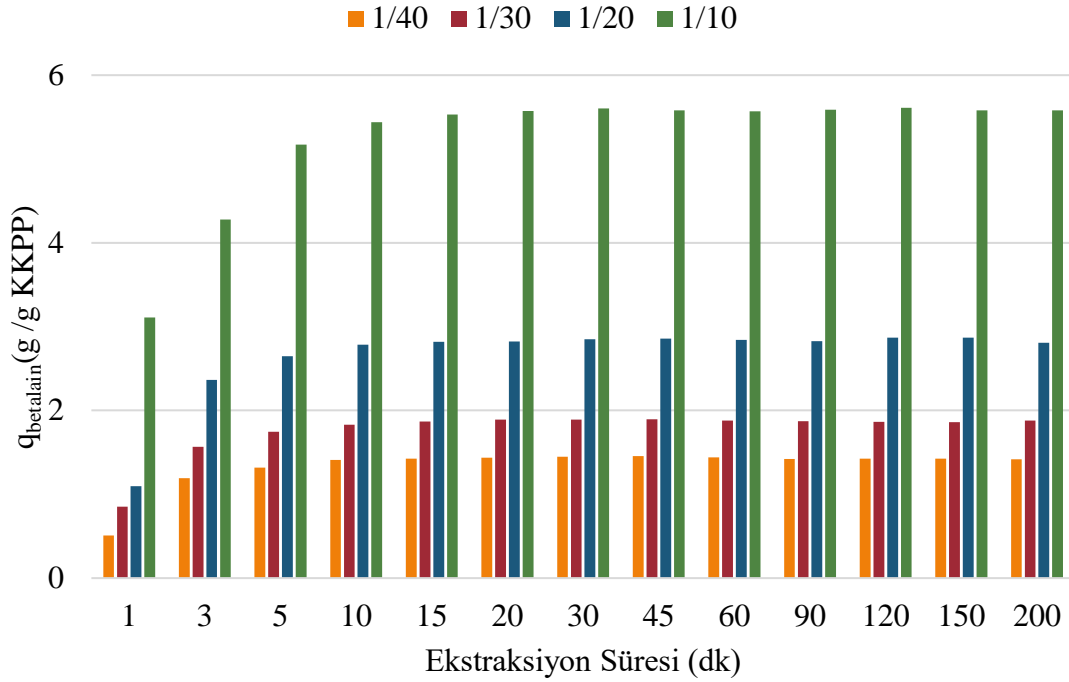
Tanecik Boyut Aralığı (mm)	$C_{den,bet,deneysel}$ (g/L)	$C_{den,bet,teorik}$ (g/L)	$h_{bet,deneysel}$ (g/L dk)	$h_{bet,teorik}$ (g/L dk)	k_2 (L/g dk)	R^2	% Hata
$1 < dp < 3$	6,03	6,07	736	746	20,3	0,999	0,68
$0,355 < dp < 0,850$	6,97	6,98	627	629	12,9	1,000	0,15
$0,065 < dp < 0,355$	6,78	6,98	396	419	8,60	0,997	2,87

Katı/Sıvı Oranının Etkisi

20°C sıcaklıkta, 160 rpm karıştırma hızında, 0,355mm<dp<0,850mm boyut aralığındaki kurutulmuş kırmızı pancar posası tanecikleriyle yapılan kesikli karıştırılmalı ekstraksiyon çalışmalarında katı/sıvı oranının etkisi, 1/10-1/40 katı/sıvı (g posa/L su) oranı aralığında incelenmiş, çalışılan her bir katı/sıvı oranında çözücüye geçen betalain derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.28.'de, birim KKPP kütesinden ekstrakte edilen antosiyanın miktarının zamanla değişimi sütun grafikleri ile Şekil 5.29.'da verilmiştir. Her iki şekilden de çalışılan tüm katı/sıvı oranlarında ekstraksiyonun çok hızlı gerçekleştiği ve ekstraksiyonun ilk 5 dakikasında çözücüye geçen betalain derişiminin %90'a ulaştığı görülmektedir. Ayrıca katı/sıvı oranının artmasıyla çözücüye geçen betalain pigment derişiminin ve kırmızı pancarın betalain ekstraksiyon kapasitesinin önemli derecede arttığı ve çalışılan tüm katı/sıvı oranlarında ekstraksiyonun 15-20 dk dengeye ulaştığı görülmektedir.



Şekil 5.28. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Elde Edilen Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C, 0,355mm <dp<0,850mm, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su)



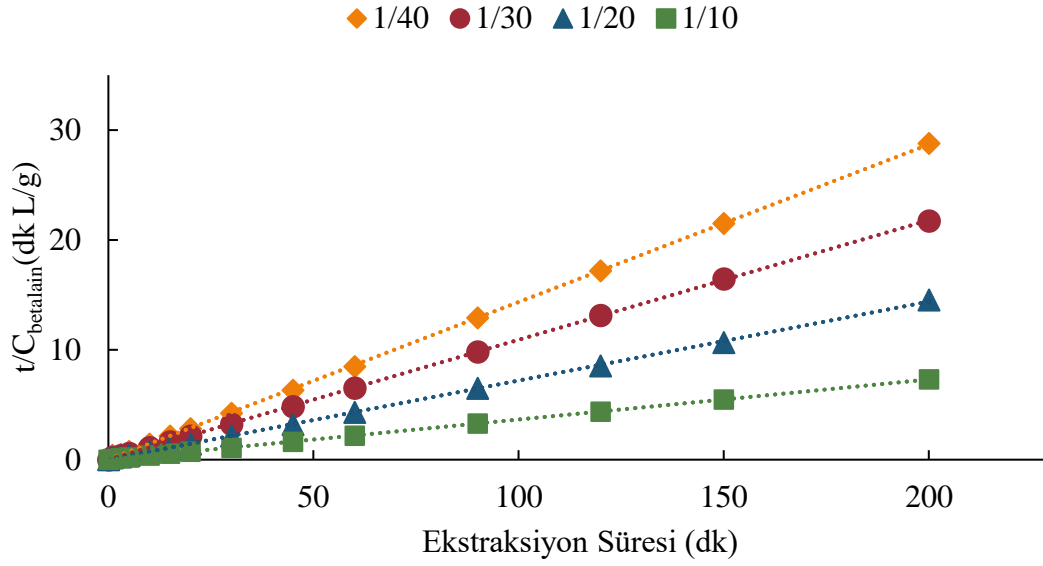
Şekil 5.29. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Bulunan Birim KKPP Kütesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C, Karıştırma Hızı=160 rpm, Çözücü=Su)

Kesikli karıştırmalı sistemde KKPP'den betalain ekstraksiyonunda, farklı katı/sıvı (g posa/L su) oranlarında bulunan dengede çözücüye geçen betalain derişimleri ve birim KKPP kütesinden ekstrakte edilen betalain miktarları Çizelge 5.19.'da sunulmuştur. Çizelgeden, benzer olarak katı/sıvı oranı arttıkça çözücüye geçen betalain derişiminin ve birim KKPP kütesinden ekstrakte edilen betalain miktarının önemli ölçüde arttığı görülmektedir. 1/40 katı/sıvı oranında KKPP'den suya ekstrakte edilen betalain miktarı 1,42 g betalain/g KKPP, suya geçen betalain derişimi 7,1 g betalain/L su iken, 1/10 katı/sıvı oranında bu değerler yaklaşık 4 kat artarak sırasıyla 5,59 g betalain/g KKPP ve 27,5 g betalain/L su'ya çıkmıştır. KKPP'den betalain ekstraksiyonundaki diğer tüm çalışmalar 1/10 katı/sıvı oranında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.19. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Bulunan Denge Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları

Katı/Sıvı Oranı (g posa/L su)	$C_{den,bet}$ (g/L su)	$q_{den,bet}$ (g/g KKPP)
1/10	27,5	5,59
1/20	14,0	2,82
1/30	9,3	1,87
1/40	7,1	1,42

Kesikli karıştırmalı sistemde farklı katı/sıvı oranlarında KKPP'den suya betalain ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı katı/sıvı oranlarında bulunan suya ekstrakte edilen betalain derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.30.'da verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.20'de deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm katı/sıvı oranlarında deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırmalı sistemde çalışılan farklı katı/sıvı oranlarında KKPP'den betalain ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



Şekil 5.30. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.20. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

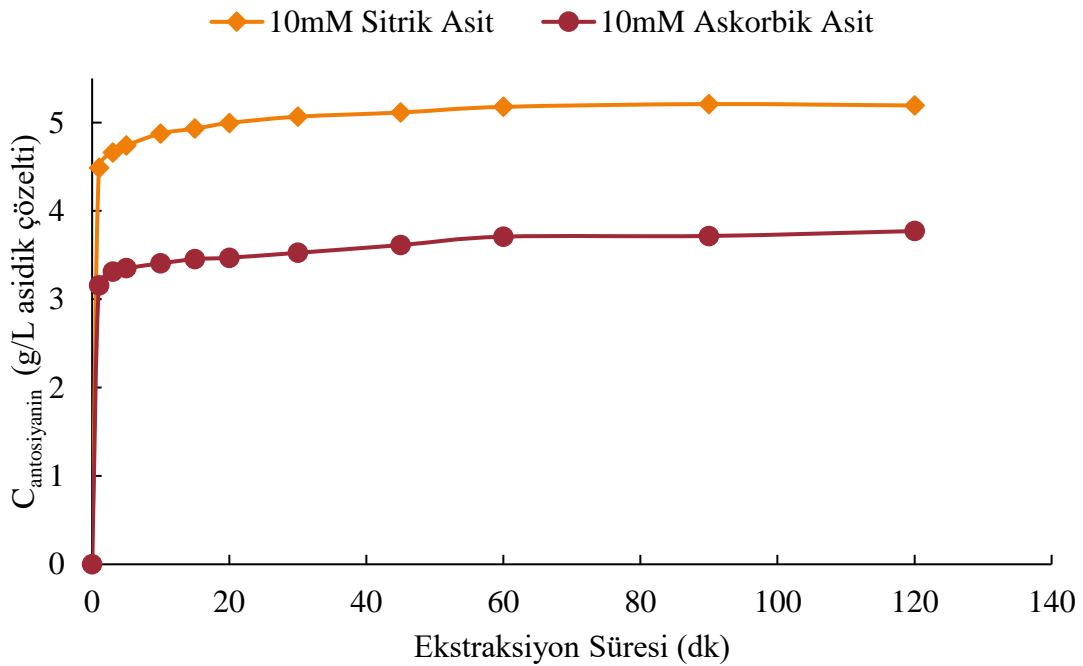
Katı/Sıvı Oranı (g posa/L su)	C _{den,bet,deneysel} (g/L)	C _{den,bet,teorik} (g/L)	h _{bet,deneysel} (g/L dk)	h _{bet,teorik} (g/L dk)	k ₂ (L/g dk)	R ²	% Hata
1/10	27,5	27,4	834	830	1,11	1,00	0,20
1/20	14,0	13,9	424	420	2,17	1,00	0,44
1/30	9,26	9,18	282	277	3,29	1,00	0,85
1/40	7,09	6,98	217	210	4,31	1,00	1,63

5.1.2. Sitrik Asit ve Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Ekstraksiyon Çalışmaları

DeneySEL çalışmaların bu kısmında kesikli karıştırmalı sistemde kurutulmuş siyah havuç posasından antosiyanin ve kurutulmuş kırmızı pancar posasından betalain ekstraksiyonunda çözücü olarak farklı derişimlerde hazırlanmış sitrik asit ve askorbik asit çözeltileri kullanılmış ve bu çözücülerin pigment ekstraksiyonun hız ve verimine etkileri araştırılmıştır.

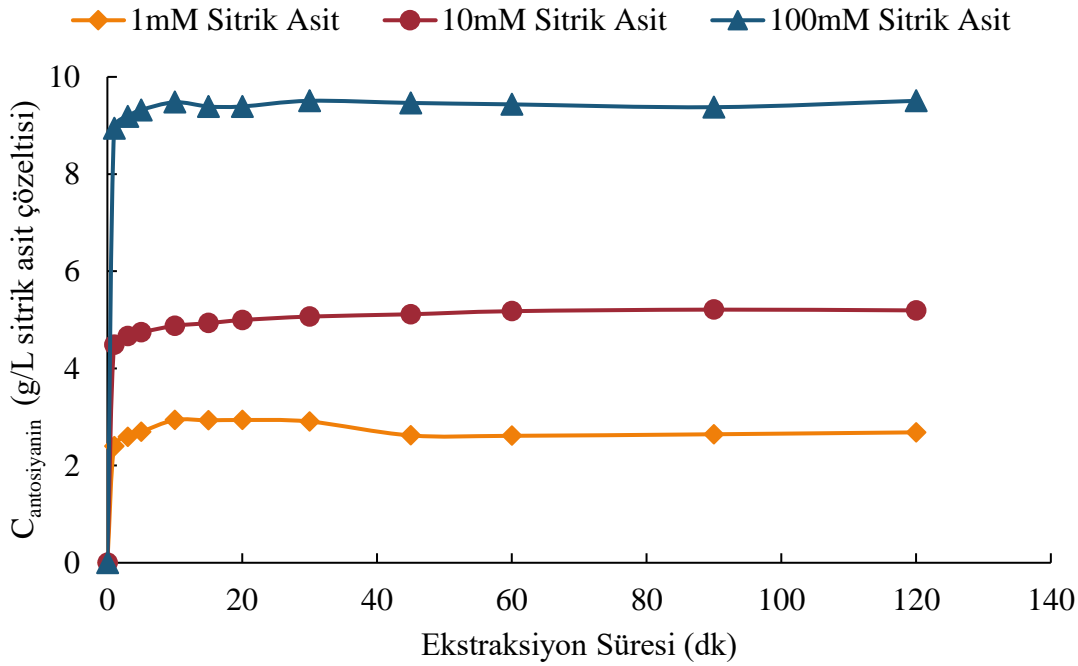
5.1.2.1. Siyah Havuç Posası Çalışmaları

50°C’de sıcaklıkta, 160 rpm karıştırma hızında ve 1/10 katı/sıvı oranında, 0,065mm<dp<0,355mm boyut aralığındaki KSHP posa tanecikleriyle yapılan antosiyanin ekstraksiyon çalışmalarında öncelikle pH’ı 2.5 olan 10 mM sitrik asit ve 10 mM askorbik asit çözeltileri çözücü olarak kullanılarak, asit türünün ekstraksiyon hız ve verimine etkileri araştırılmıştır. 10 mM derişimindeki asidik çözeltilerle ekstraksiyonda çözücüye geçen antosiyanin derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.31’de verilmiştir. Şekilden, çözücü olarak kullanılan her iki asidik çözeltiye de antosiyanin ekstraksiyonunun çok hızlı gerçekleştiği, yaklaşık 1 saatte dengeye ulaşıldığı ancak sitrik asit çözeltilisine antosiyanin ekstraksiyonunun daha yüksek kapasiteyle gerçekleştiği görülmektedir.

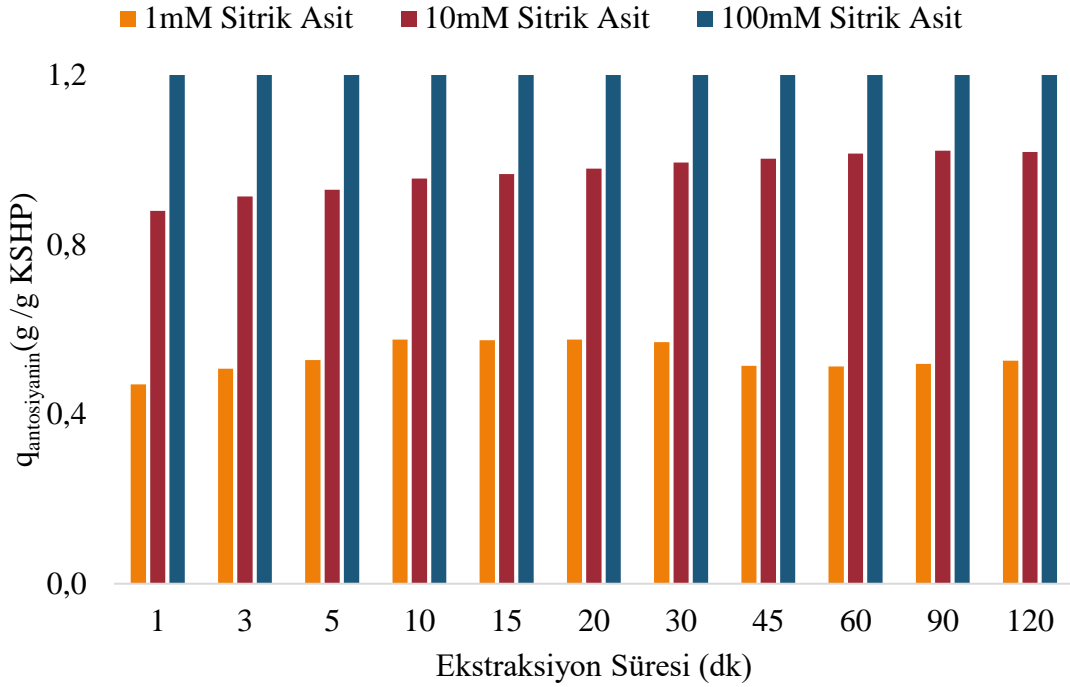


Şekil 5.31. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Çözücü Olarak 10 mM Sitrik Asit ve 10 mM Askorbik Asitin Kullanıldığı Durumda Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10)

Çalışmaların bir sonraki aşamasında pH'ı 2.5 olan farklı derişimlerdeki sitrik asit çözeltileri çözücü olarak kullanılarak KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonuna etkileri araştırılmıştır. Her bir çözücü için çözücüye geçen antosiyanin derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.32'de, birim KSHP kütlesinden ekstrakt edilen antosiyanin miktarının zamanla değişiminin sütun grafikleri Şekil 5.33'te verilmiştir. Her iki şekilden de, antosiyanin ekstraksiyonunun çok hızlı gerçekleştiği görülmektedir. Yine aynı şekillerden sitrik asit çözeltilisinin derişiminin 100 mM'ye arttırılmasıyla çözücüye geçen antosiyanin derişiminin yaklaşık 3 katı kadar arttığı dengeye ise 15-30 dakika gibi çok daha kısa bir sürede ulaşıldığı gözlenmektedir.



Şekil 5.32. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10)



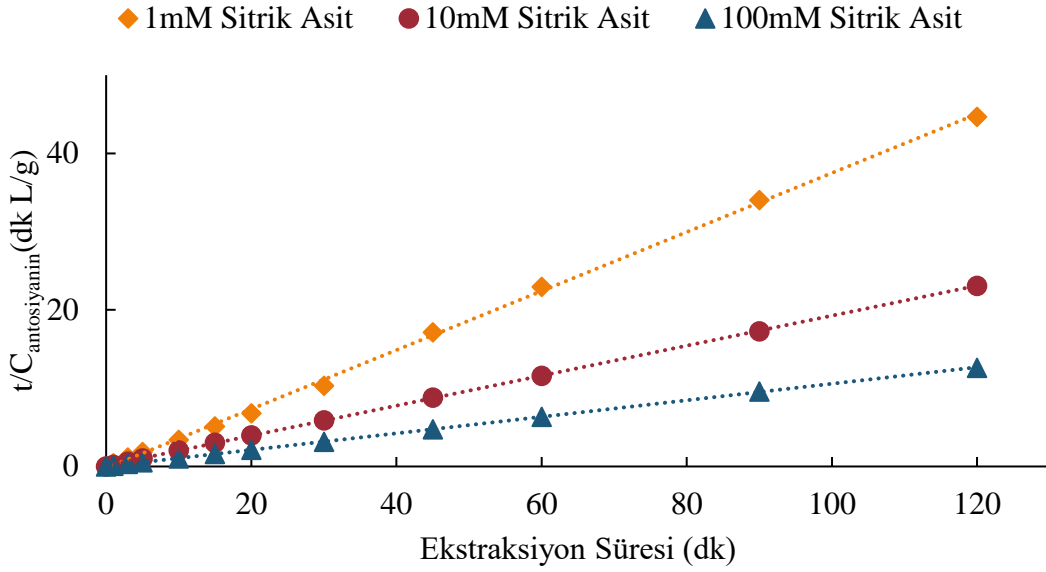
Şekil 5.33. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=50°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10)

Kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonunda, farklı derişimlerdeki sitrik asit çözeltilerinin çözücü olarak kullanıldığı durumda dengede çözücüye geçen antosiyanin derişimleri ve birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarları Çizelge 5.21.'de sunulmuştur. Çizelgeden benzer olarak, çözeltilerdeki sitrik asit derişimi arttıkça, denge durumunda çözücüye geçen antosiyanin derişiminin önemli derecede arttığı görülmektedir. Çözücü olarak 1 mM sitrik asit çözeltisi kullanıldığında KSHP'den çözeltiye ekstrakte edilen antosiyanin miktarı 0,576 g antosiyanin/g KSHP, ekstrakte edilen antosiyanin derişimi 2,94 g antosiyanin/L çözücü iken, 100 mM sitrik asit çözeltisi kullanıldığında bu değerler yaklaşık 3 kat artarak 1,841 g antosiyanin/g KSHP ve 9,39 g antosiyanin/L çözücü olmuştur. KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonundaki diğer çalışmalar çözücü olarak 100 mM sitrik asit çözeltisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.21. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları

Sitrik Asit Derişimi (mM) pH=2,5	$C_{den,ant}$ (g/L)	$q_{den,ant}$ (g/g KSHP)
1 mM	2,94	0,576
10 mM	5,00	0,979
100 mM	9,39	1,841

Kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'den farklı derişimlerdeki sitrik asit çözeltilerine antosiyanin ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı derişimlerdeki sitrik asit çözeltilerinin çözücü olarak kullanıldığı durumda bulunan çözeltiliye ekstrakte edilen antosiyanin derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.34.'te verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.22.'de deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden, çalışılan tüm sitrik asit çözeltilerinde deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırmalı sistemde farklı derişimlerdeki sitrik asit çözeltileriyle KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



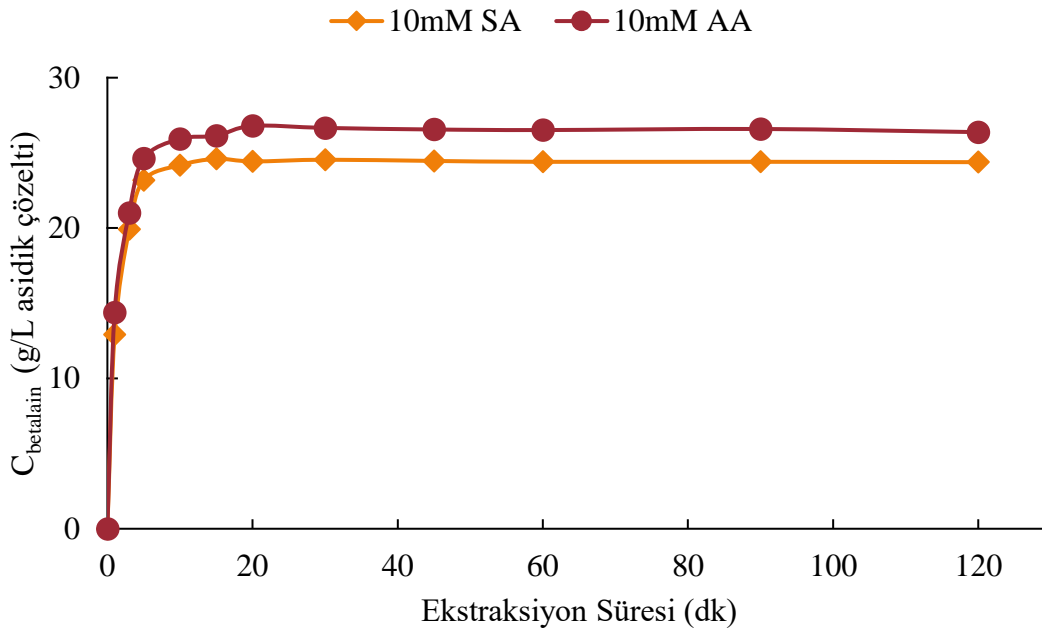
Şekil 5.34. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyenin Ekstraksiyonunda Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.22. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KSHP'den Antosiyenin Ekstraksiyonunda Farklı Derişimlerdeki Sitrik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Geçen Antosiyenin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

Sitrik Asit Derişimi (mM) pH=2,5	C _{den,ant,deneysel} (g/L)	C _{den,ant,teorik} (g/L)	h _{ant,deneysel} (g/L dk)	h _{ant,teorik} (g/L dk)	k ₂ (L/g dk)	R ²	% Hata
1 mM	2,94	2,65	67	55	8	0,994	9,73
10 mM	5,00	5,22	98	107	4	0,996	4,43
100 mM	9,39	9,47	187	190	2	0,999	0,84

5.1.2.2. Kırmızı Pancar Posası Çalışmaları

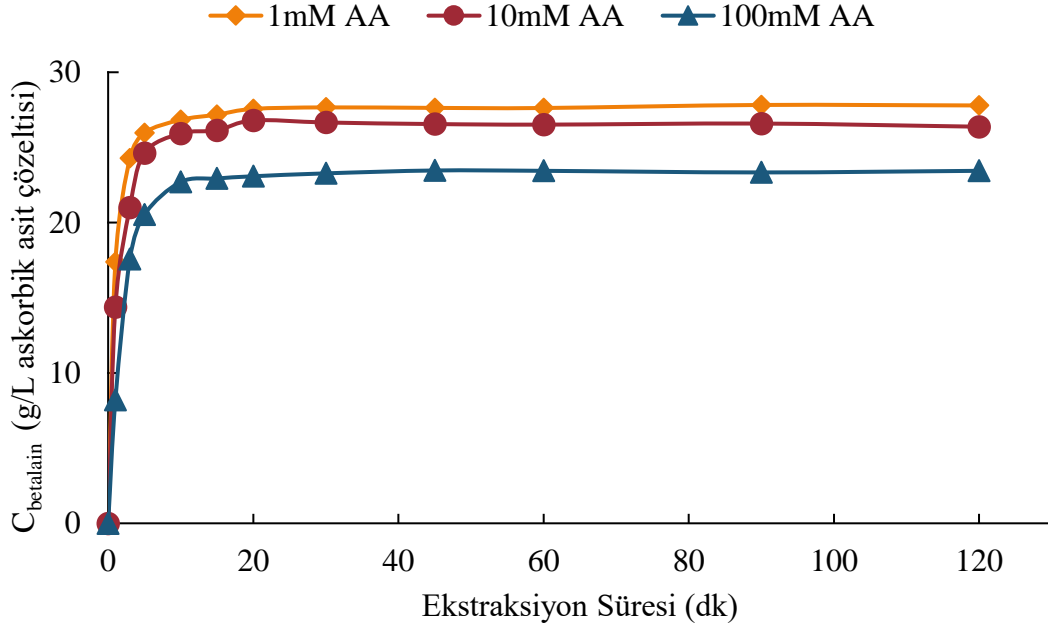
20°C’de sıcaklıkta, 160 rpm karıştırma hızında ve 1/10 katı/sıvı oranında, 0,355mm<dp<0,850mm boyut aralığındaki KKPP posa tanecikleriyle yapılan betalain ekstraksiyon çalışmalarında, öncelikle pH’ı 2.5 olan 10 mM sitrik asit ve 10 mM askorbik asit çözeltileri çözücü olarak kullanılarak asit türünün ekstraksiyon hız ve verimine etkileri araştırılmıştır. 10 mM derişimindeki asidik çözeltilerle ekstraksiyonda çözücüye geçen betalain derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.35.’te verilmiştir. Şekilden, çözücü olarak kullanılan her iki asidik çözeltiye de betalain ekstraksiyonunun çok hızlı gerçekleştiği, her iki çözücü için yaklaşık 30 dakikada dengeye ulaşıldığı ancak askorbik asit çözeltisine betalain ekstraksiyon veriminin biraz daha yüksek olduğu görülmektedir.



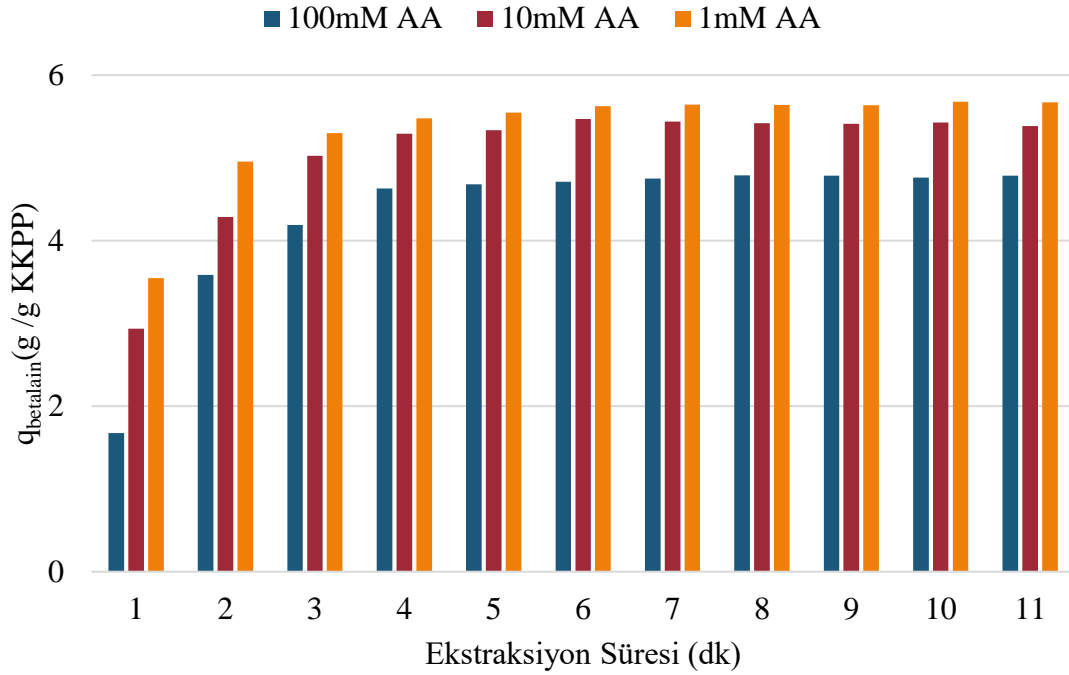
Şekil 5.35. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP’den Betalain Ekstraksiyonunda, Çözücü Olarak 10 mM Sitrik Asit ve 10 mM Askorbik Asitin Kullanıldığı Durumda Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10)

Çalışmaların bir sonraki aşamasında, pH’ı 2.5 olan farklı derişimlerdeki askorbik asit çözeltileri çözücü olarak kullanılarak KKPP’den betalain ekstraksiyonuna etkileri araştırılmıştır. Her bir çözücü için çözücüye geçen betalain derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.36’da, birim KKPP kütlesinden ekstrakte edilen betalain miktarının zamanla değişiminin sütun grafikleri Şekil 5.37.’de verilmiştir. Her iki şekilden de, tüm

çözücülerle betalain ekstraksiyonunun çok hızlı gerçekleştiği, dengeye yaklaşık 15-20 dakika gibi çok kısa sürede ulaşıldığı görülmektedir. Ancak askorbik asit çözeltisinin derişiminin artması ekstraksiyon verimini düşürmüştür. 1mM askorbik asit çözeltisiyle en yüksek betalain verimi elde edildiğinden bundan sonraki çalışmalar bu çözücüyle gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.36. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10)



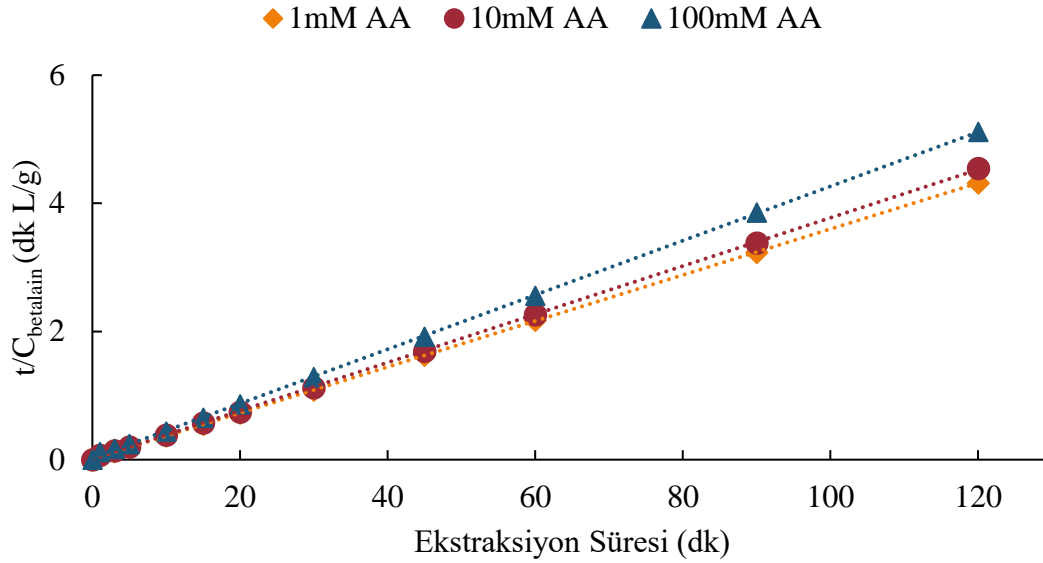
Şekil 5.37. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C; Karıştırma Hızı=160rpm; Katı/Sıvı=1/10)

Kesikli karıştırmalı sistemde KKPP'den betalain ekstraksiyonunda, farklı derişimlerdeki askorbik asit çözeltilerinin çözücü olarak kullanıldığı durumda dengede çözücüye geçen betalain derişimleri ve birim KKPP kütlesinden ekstrakte edilen betalain miktarları Çizelge 5.23.'te sunulmuştur. Çizelgeden benzer olarak, çözeltideki askorbik asit derişimi azaldıkça, denge durumunda çözücüye geçen betalain derişiminin önemli derecede arttığı görülmektedir. Çözücü olarak 100 mM askorbik asit çözeltisi kullanıldığında KKPP'den çözeltiye ekstrakte edilen betalain miktarı 4,71 g betalain/g KKPP ve 23,21 g betalain/L çözücü iken, 1 mM askorbik asit çözeltisi kullanıldığında bu değerler yaklaşık %15 artarak 5,65 g betalain/g KKPP, ekstrakte edilen antosiyanin derişimi 27,7 g betalain/L çözücü olmuştur.

Çizelge 5.23. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Farklı Derişimlerdeki Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Bulunan Denge de Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları

Askorbik Asit Derişimi (mM) pH=2,5	$C_{den,bet}$ (g/L çözücü)	$Q_{den,bet}$ (g/g KKPP)
1 mM	27,7	5,65
10 mM	26,8	5,47
100 mM	23,1	4,71

Kesikli karıştırmalı sistemde KKPP'den farklı derişimlerdeki askorbik asit çözeltilerine betalain ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, farklı derişimlerdeki askorbik asit çözeltilerinin çözücü olarak kullanıldığı durumda bulunan çözeltiliye ekstrakte edilen betalain derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.38.'de verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.24.'de deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm askorbik asit çözeltilerinde deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırmalı sistemde farklı derişimlerdeki askorbik asit çözeltileriyle KKPP'den betalain ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



Şekil 5.38. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Derişimlerdeki Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.24. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Derişimlerdeki Askorbik Asit Çözeltilerinin Çözücü Olarak Kullanıldığı Durumda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

Askorbik Asit Çözeltisi pH=2,5	C _{den,bet,deneysel} (g/L)	C _{den,bet,teorik} (g/L)	h _{bet,deneysel} (g/L dk)	h _{bet,teorik} (g/L dk)	k ₂ (L/g dk)	R ²	% Hata
1 mM	27,66	27,86	559	567	0,73	1,00	0,69
10 mM	26,80	26,39	547	530	0,76	1,00	1,54
100 mM	23,08	23,58	466	487	0,88	0,999	2,17

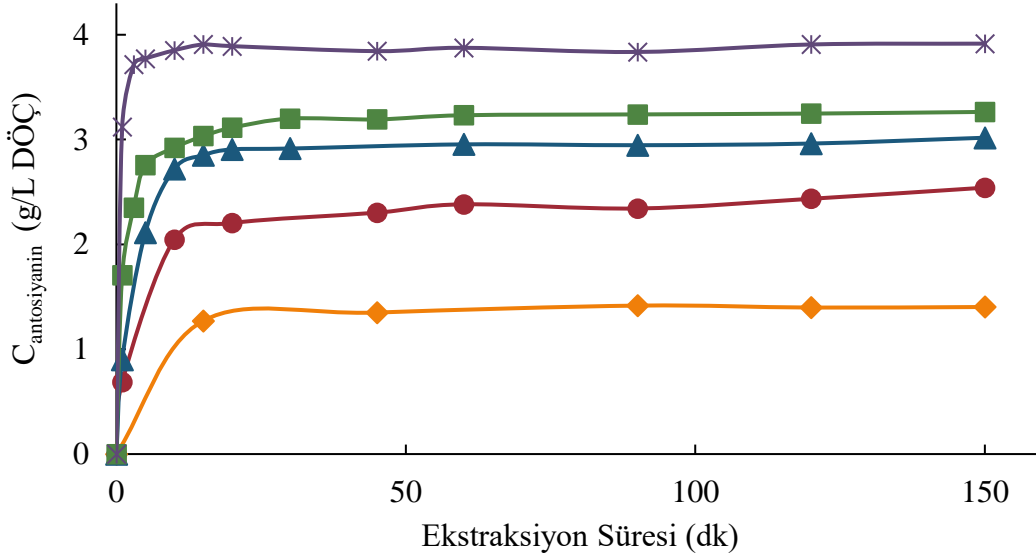
5.1.3. Derin Ötektik Çözücülerle Yapılan Ekstraksiyon Çalışmaları

Deneysel çalışmaların bu kısmında ise kesikli karıştırmalı sistemde kurutulmuş siyah havuç posasından antosiyanin ve kurutulmuş kırmızı pancar posasından betalain ekstraksiyonunda çözücü olarak 2:1 mol oranında kolin klorür, askorbik asit ve bu DÖÇ hacminin belli yüzdesinde su içeren DÖÇ'ler, 2:1 mol oranında kolin klorür, sitrik asit ve bu DÖÇ hacminin %50'si kadar su içeren DÖÇ ve 2:1 mol oranında betain, askorbik asit ve bu DÖÇ hacminin %50'si kadar su içeren DÖÇ kullanılmış ve bu çözücülerin pigment ekstraksiyonun hız ve verimine etkileri araştırılmıştır.

5.1.3.1. Siyah Havuç Posası Çalışmaları

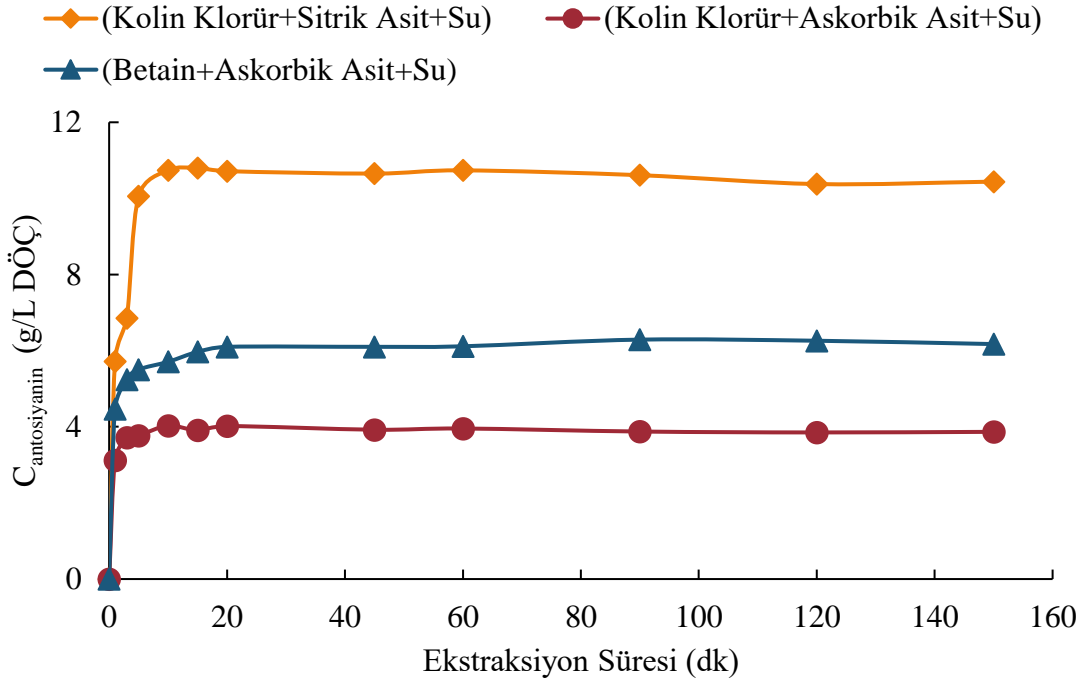
50°C'de sıcaklıkta, 160 rpm karıştırma hızında ve 1/10 katı/sıvı oranında, 0,065mm<dp<0,355mm boyut aralığındaki posa tanecikleriyle kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'yle 2:1 mol oranında katı kolin klorür ve katı askorbik asit karıştırılmasıyla elde edilen 50 ml DÖÇ'le yapılan antosiyanin ekstraksiyon çalışmaları, çözücünün yüksek viskozitesine bağlı olarak ekstraksiyon gerçekleşmediğinden başarısız olmuştur. Daha sonra, bu DÖÇ hacmine, hacimce %10-%50 aralığında değişen su ilave edilerek elde edilen yeni DÖÇ'lerle aynı çalışma koşullarında ekstraksiyon deneyleri tekrarlanmış ve elde edilen çözücüye geçen antosiyanin derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.39.'da verilmiştir. Şekilden kolin klorür ve askorbik asitten oluşan DÖÇ hacmine, DÖÇ hacminin %50'si kadar su ilave edildiğinde, antosiyanin ekstraksiyonun en hızlı gerçekleştiği, ekstraksiyon veriminin önemli ölçüde arttığı ve dengeye 15 dakika içinde ulaşıldığı gözlenmektedir. Çalışmaların bundan sonraki kısmında diğer 2 DÖÇ için de, DÖÇ hacminin %50'si kadar su ilave edilerek hazırlanan DÖÇ'lerle aynı çalışma koşullarında ekstraksiyon çalışmaları gerçekleştirilerek DÖÇ türünün ekstraksiyon hız verimine etkileri araştırılmıştır.

◆ V(Kolin Klorür+Askorbik Asit)+%10*V(su) ● V(Kolin Klorür+Askorbik Asit)+%20*V(su)
 ▲ V(Kolin Klorür+Askorbik Asit)+%30*V(su) ■ V(Kolin Klorür+Askorbik Asit)+%40*V(su)
 * V(Kolin Klorür+Askorbik Asit)+%50*V(su)

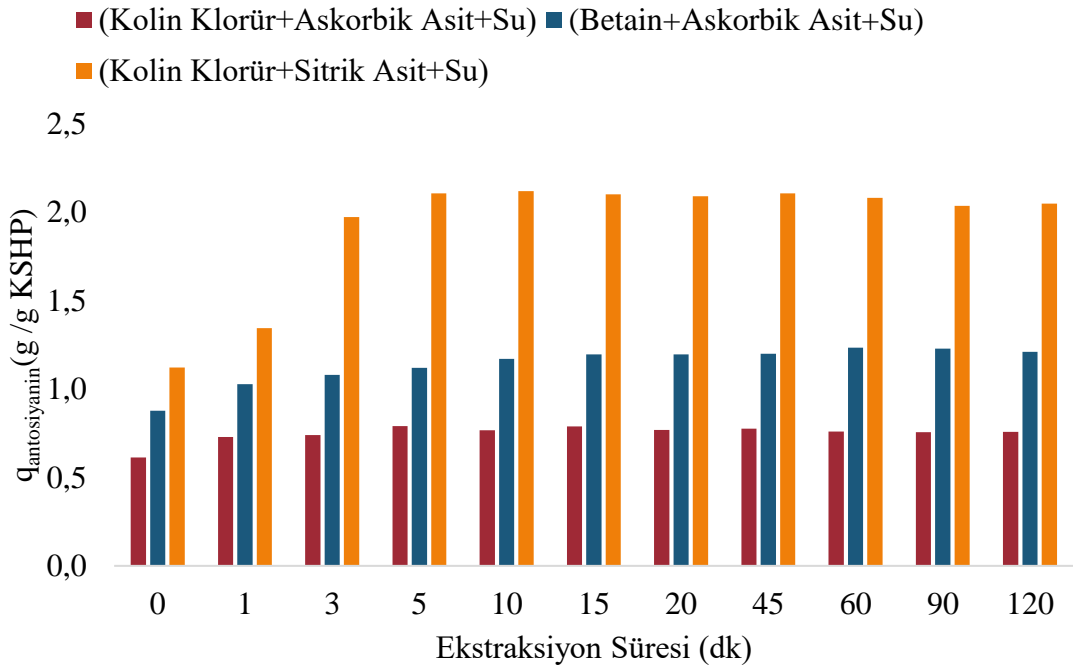


Şekil 5.39. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Farklı Hacimsel Oranda Su İçeren Kolin Klorür ve Askorbik Asitten Oluşan DÖÇ'lere Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C; Katı/Sıvı=1/10)

2:1 mol oranında kolin klorür ve sitrik asit ile bu DÖÇ hacminin hacimce %50'si kadar su içeren DÖÇ'le, 2:1 mol oranında kolin klorür ve askorbik asit ile bu DÖÇ hacminin hacimce %50'si kadar su içeren DÖÇ'le ve 2:1 mol oranında betain ve askorbik asit ile bu DÖÇ hacminin hacimce %50'si kadar su içeren DÖÇ'le yapılan ekstraksiyon çalışmaları sonucunda, çözücüye geçen antosiyanin pigment derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.40.'ta, birim KSHP başına ekstrakt edilen antosiyanin pigment miktarının zamanla derişiminin sütun grafikleri ile Şekil 5.41.'de verilmiştir. Her iki şekilden de 2:1 mol oranında kolin klorür ve sitrik asit ile bu DÖÇ hacminin hacimce %50'si kadar su içeren DÖÇ'le yapılan ekstraksiyon çalışmasında bu DÖÇ'ün sitrik asit bileşeninden dolayı antosiyanin ekstraksiyonunun en hızlı ve en yüksek kapasitede gerçekleştiği ve dengeye 15 dakikada ulaşıldığı gözlenmektedir.



Şekil 5.40. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KSHP'den Antosiyenin Ekstraksiyonunda Elde Edilen Çözücüye Geçen Antosiyenin Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=50°C; Katı/Sıvı=1/10)



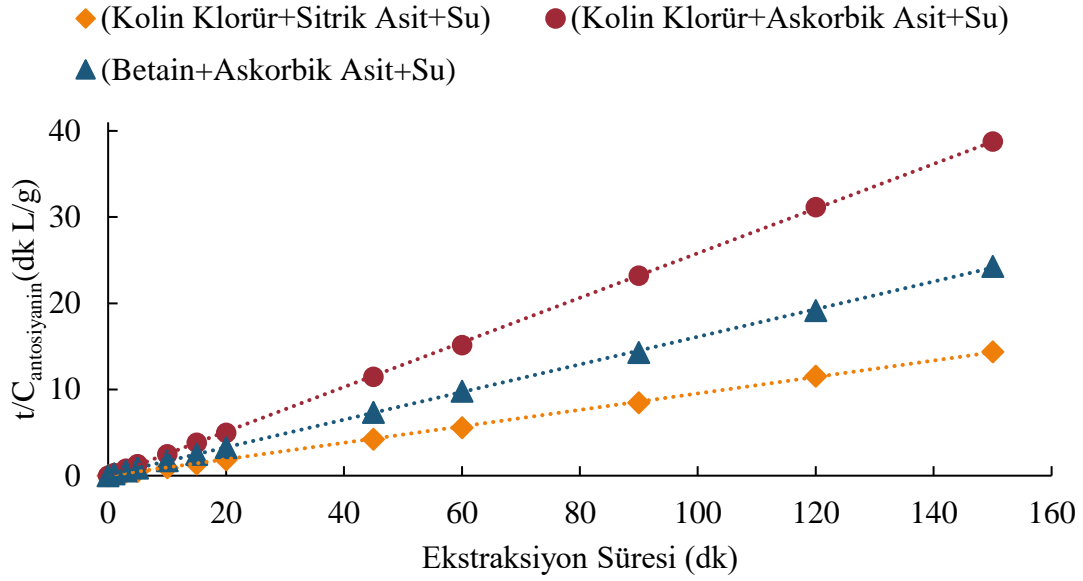
Şekil 5.41. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KSHP'dan Antosiyanin Ekstraksiyonunda Elde Edilen Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=50°C; Katı/Sıvı=1/10)

Kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonunda, farklı DÖÇ'lerle elde edilen dengede çözücüye geçen antosiyanin derişimleri ve birim KSHP kütlesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarları Çizelge 5.25.'te sunulmuştur. Çizelgeden, (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)'dan oluşan DÖÇ'ün en yüksek verimde antosiyanin ekstraksiyonunu (10,72 g/L DÖÇ) gerçekleştirdiği görülmektedir.

Çizelge 5.25. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonunda, Elde Edilen Dengede Çözücüye Geçen Antosiyanin Derişimleri ve Birim KSHP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Antosiyanin Miktarları

DÖÇ Türü	$C_{den,ant}$ (g/L DÖÇ)	$Q_{den,ant}$ (g/g KSHP)
Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su	10,72	2,101
Kolin Klorür+Askorbik Asit+Su	4,02	0,788
Betain+Askorbik Asit+Su	6,10	1,196

Kesikli karıştırmalı sistemde farklı DÖÇ'lerle KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, DÖÇ'e ekstrakte edilen antosiyanin derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.42.'de verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.26.'da deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden, çalışılan tüm DÖÇ'lerle elde edilen deneysel C_{den} ve h değerlerinin, hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırmalı sistemde farklı DÖÇ'lerle KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



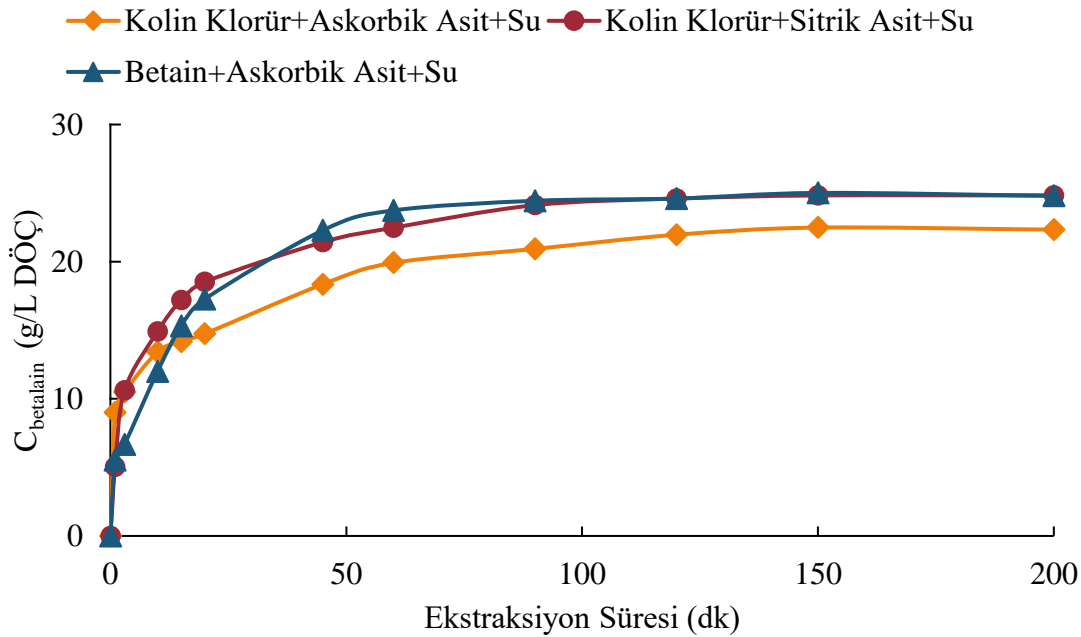
Şekil 5.42. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KSHP'den Antosiyenin Ekstraksiyonunda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.26. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KSHP'den Antosiyenin Ekstraksiyonunda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Geçen Antosiyenin Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

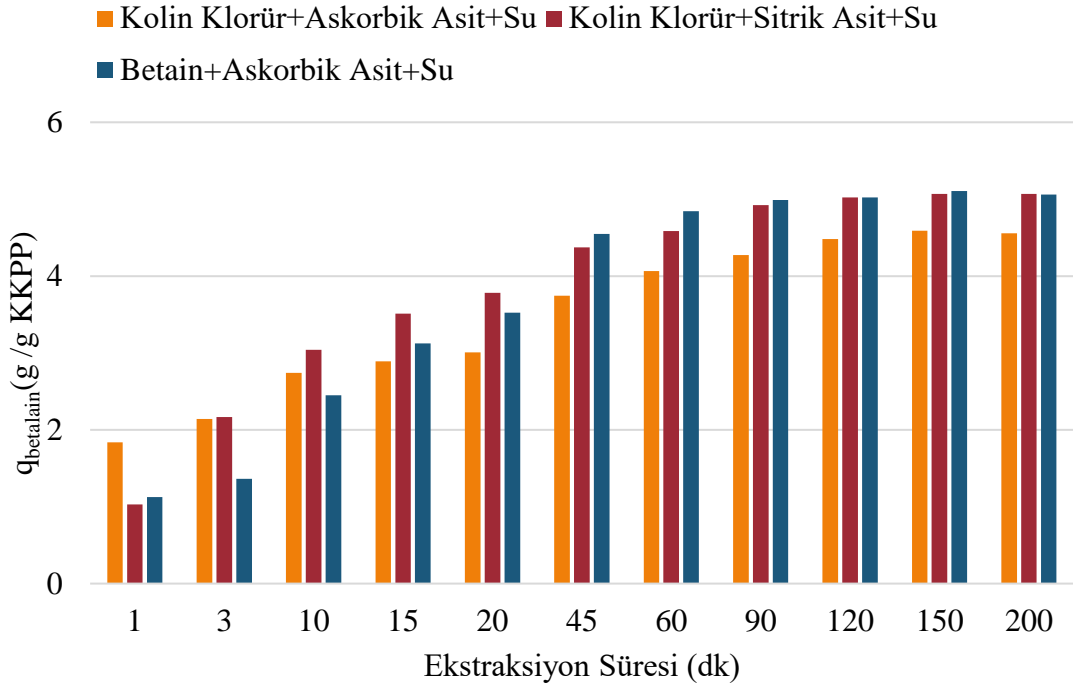
DÖÇ Türü	$C_{den,ant,deneysel}$ (g/L)	$C_{den,ant,teorik}$ (g/L)	$h_{ant,deneysel}$ (g/L dk)	$h_{ant,teorik}$ (g/L dk)	k_2 (L/g dk)	R^2	% Hata
Kolin Klorür +Sitrik Asit +Su	10,72	10,48	219	210	2	0,999	2,18
Kolin Klorür +Askorbik Asit +Su	4,02	3,87	85	78	5	0,996	3,81
Betain +Askorbik Asit +Su	6,10	6,24	122	128	3	0,999	2,26

5.1.3.2. Kırmızı Pancar Posası Çalışmaları

20°C’de sıcaklıkta, 160 rpm karıştırma hızında ve 1/10 katı/sıvı oranında, 0,355mm<dp<0,850mm boyut aralığındaki KKPP posa tanecikleriyle kesikli karıştırmalı sistemde 2:1 mol oranında kolin klorür ve sitrik asit ile bu DÖÇ hacminin hacimce %50’si kadar su içeren DÖÇ’le, 2:1 mol oranında kolin klorür ve askorbik asit ile bu DÖÇ hacminin hacimce %50’si kadar su içeren DÖÇ’le ve 2:1 mol oranında betain ve askorbik asit ile bu DÖÇ hacminin hacimce %50’si kadar su içeren DÖÇ’le yapılan ekstraksiyon çalışmaları sonucunda, çözücüye geçen betalain pigment derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.43.’te, birim KKPP başına ekstrakt edilen betalain pigment miktarının zamanla değişiminin sütun grafikleri ile Şekil 5.44.’te verilmiştir. Her iki şekilden de (Kolin Klorür+Askorbik Asit+Su)’dan oluşan çözücüye betalain ekstraksiyonunun en yavaş ve diğer çözücülere göre daha düşük kapasitede olduğu ve dengeye en geç ulaştığı (2,5 saat) görülmektedir. Diğer iki çözücü için ise daha yüksek yaklaşık aynı hız, kapasite ve dengeye ulaşma süreleri (1-1,5 saat) gözlenmiştir.



Şekil 5.43. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ’lerle KKPP’den Betalain Ekstraksiyonunda Elde Edilen Çözücüye Geçen Betalain Derişiminin Zamanla Değişim Eğrileri (Sıcaklık=20°C; Katı/Sıvı=1/10)



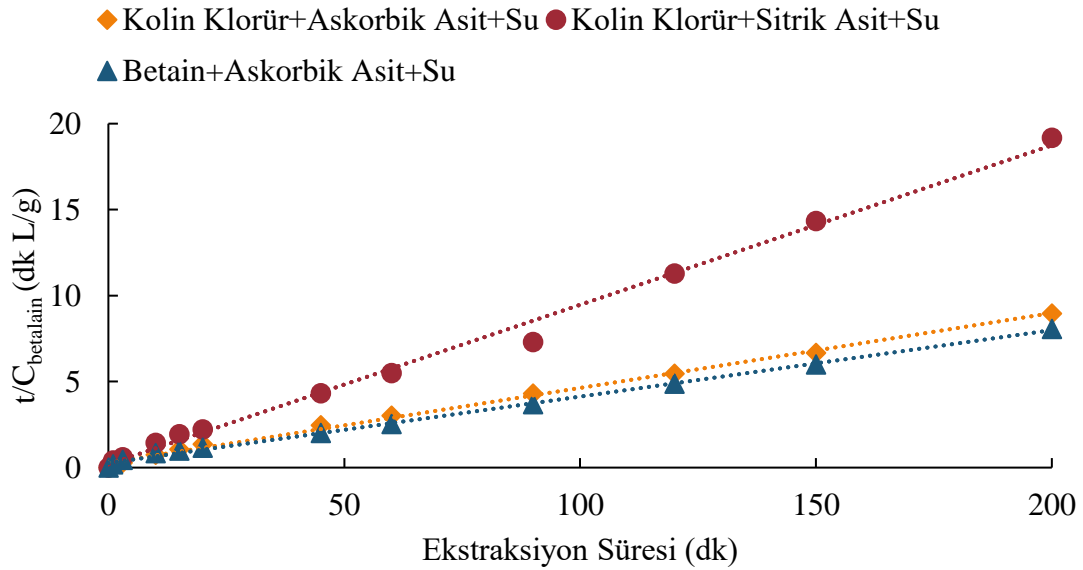
Şekil 5.44. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Elde Edilen Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (Sıcaklık=20°C; Katı/Sıvı=1/10)

Kesikli karıştırmalı sistemde farklı DÖÇ'lerle KKPP'den betalain ekstraksiyonunda elde edilen dengede çözücüye geçen betalain derişimleri ve birim KKPP kütlesinden ekstrakte edilen betalain miktarları Çizelge 5.27.'de sunulmuştur. Çizelgeden de benzer olarak (Betain+Askorbik Asit+Su) ve (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)'dan oluşan DÖÇ'lerle betalain ekstraksiyonunun benzer verim değerleriyle (24,8-25,0 g/L DÖÇ) gerçekleştiği görülmektedir.

Çizelge 5.27. Kesikli Karıştırmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Elde Edilen Dengede Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri ve Birim KKPP Kütlesinden Ekstrakte Edilen Betalain Miktarları

DÖÇ Türü	$C_{den,bet}$ (g/L DÖÇ)	$q_{den,bet}$ (g/g KKPP)
Kolin Klorür+Askorbik Asit+Su	22,5	4,59
Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su	24,8	5,07
Betain+Askorbik Asit+Su	25,0	5,10

Kesikli karıştırılmalı sistemde farklı DÖÇ'lerle KKPP'den betalain ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, DÖÇ'e ekstrakte edilen betalain derişiminin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.45.'te verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.28.'de deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm DÖÇ'lerle elde edilen deneysel C_{den} ve h değerlerinin, hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin, kesikli karıştırılmalı sistemde farklı DÖÇ'lerle KKPP'den betalain ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



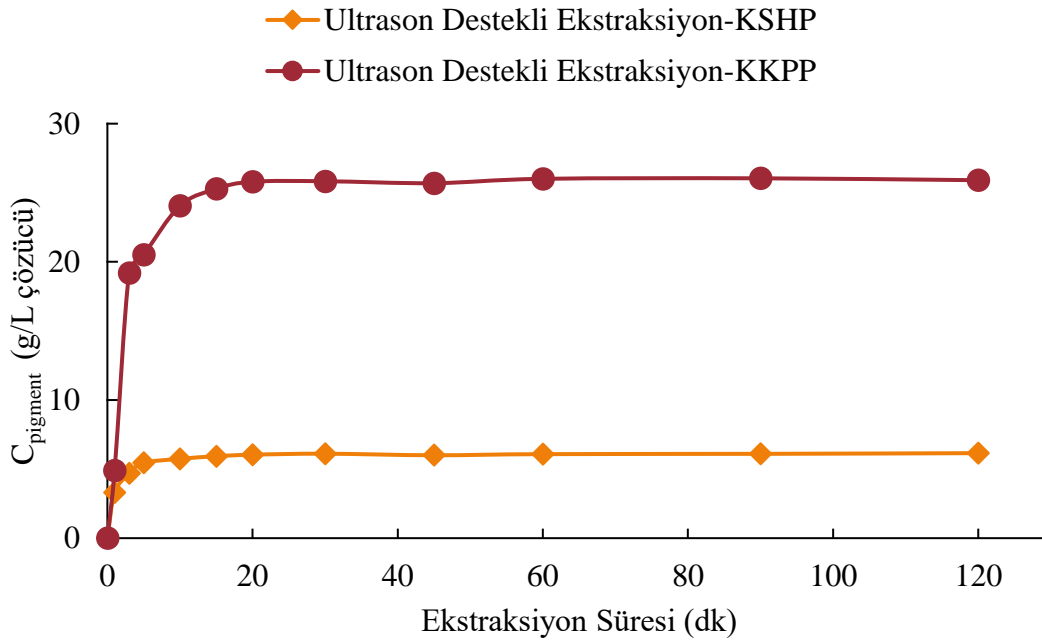
Şekil 5.45. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.28. Kesikli Karıştırılmalı Sistemde Farklı DÖÇ'lerle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengeye Çözücüye Geçen Betalain Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

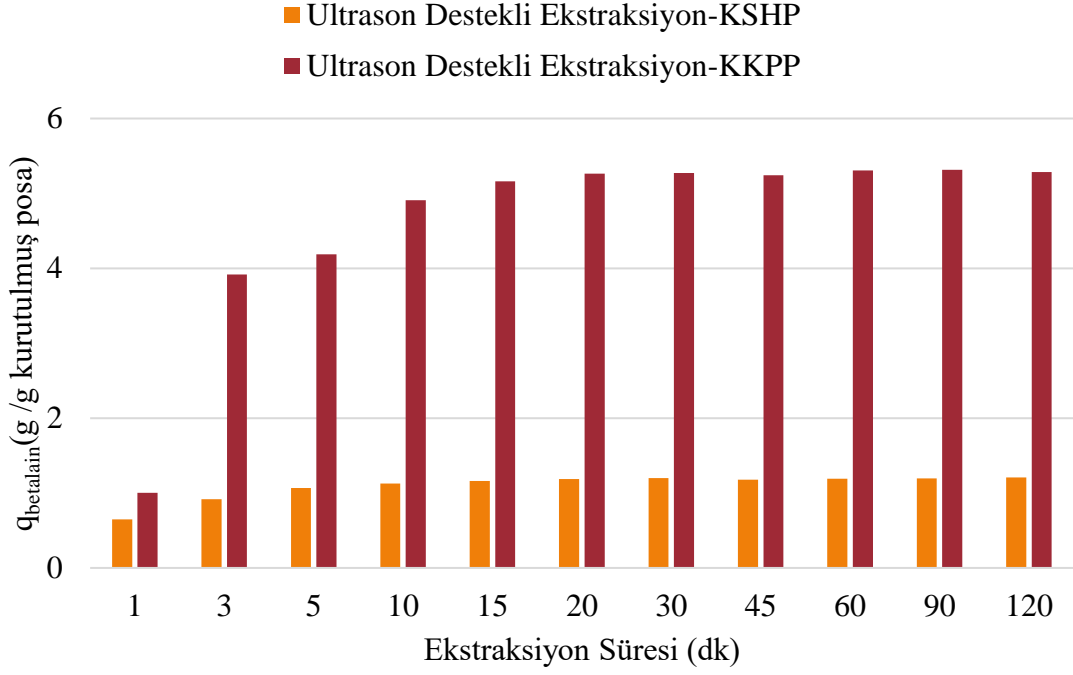
DÖÇ Türü	$C_{den,bet,deneysel}$ (g/L)	$C_{den,bet,teorik}$ (g/L)	$h_{bet,deneysel}$ (g/L dk)	$h_{bet,teorik}$ (g/L dk)	k_2 (L/g dk)	R^2	% Hata
Kolin Klorür+Askorbik Asit+Su	22,49	25,51	3107	3999	6,15	0,997	13,45
Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su	24,83	22,94	4202	3585	6,82	0,995	7,63
Betain+Askorbik Asit+Su	25,01	25,71	3668	3875	5,86	0,996	2,78

5.2. Ultrason Destekli Kesikli Sistem Ekstraksiyon Çalışmaları

Ultrason destekli kesikli sistem ekstraksiyon çalışmaları, çözücü olarak 100 mM sitrik asit çözeltisi kullanılarak siyah havuçtan antosiyaninin 50°C’de, 160 rpm karıştırma hızında, $0,065\text{mm} < dp < 0,355\text{mm}$ tanecik boyut aralığında ve 1/10 katı/sıvı oranında ekstraksiyonuyla; çözücü olarak 1 mM askorbik asit çözeltisi kullanılarak kırmızı pancardan betalainin 20°C’de, 160 rpm karıştırma hızında, $0,355\text{mm} < dp < 0,850\text{mm}$ tanecik boyut aralığında ve 1/10 katı/sıvı oranında ekstraksiyonuyla gerçekleştirilmiştir. Her iki posa için ekstraksiyon çalışmalarından elde edilen çözücüye geçen pigment derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 5.46.’da ve birim KSHP başına ekstrakt edilen toplam antosiyanin pigment miktarının zamanla değişiminin sütun grafikleri Şekil 5.47.’de karşılaştırılmıştır. Her iki şekilden de, ultrason destekli ekstraksiyonda KKPP’den betalain ekstraksiyonunun KSHP’den antosiyanin ekstraksiyonuna göre yaklaşık 4,5 katı yüksek kapasiteyle gerçekleştiği, her iki posa türü için de ekstraksiyonun dengeye ulaşma süresinin fazla değişmediği (30 dk) görülmektedir.



Şekil 5.46. Ultrason Destekli Kesikli Sistemde KSHP’den Antosiyanin ve KKPP’den Betalain Ekstraksiyonunda, Çözücüye Geçen Antosiyanin ve Betalain Derişimlerinin Zamanla Değişim Eğrileri (KSHP için sıcaklık=50°C, KKPP için sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/10, KSHP için çözücü=100 mM Sitrik Asit, KKPP için çözücü=1 mM Askorbik Asit)



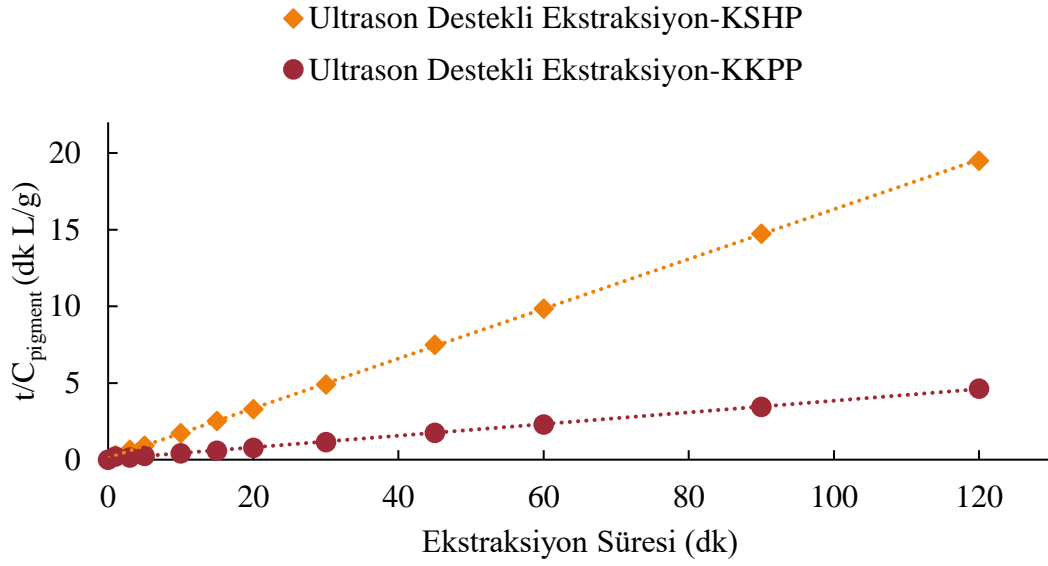
Şekil 5.47. Ultrason Destekli Kesikli Sistemde KSHP'den Antosiyanin ve KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda, Birim Posa Kütlesinden Ekstrakte Edilen Pigment Miktarının Zamanla Değişiminin Sütun Grafikleri (KSHP için sıcaklık=50°C, KKPP için Sıcaklık=20°C, Katı/Sıvı=1/10, KSHP için çözücü=100 mM Sitrik Asit, KKPP için Çözücü=1 mM Askorbik Asit)

Ultrason destekli kesikli sistemde KSHP'den antosiyanin ve KKPP'den betalain ekstraksiyonunda dengede çözücüye geçen antosiyanin ve betalain derişimleri ve birim posa kütlesinden ekstrakte edilen pigment miktarları Çizelge 5.29.'da sunulmuştur. Çizelgeden, benzer olarak ultrason destekli kesikli sistem ekstraksiyonunun KKPP'den betalain ekstraksiyonunun KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonundan 4,5 katı yüksek kapasiteyle gerçekleştiği görülmektedir. KSHP'den 100 mM sitrik asit çözeltilisine ekstrakte edilen antosiyanin miktarı 1,20 g antosiyanin/g KSHP ve bu çözücüye geçen antosiyanin derişimi 6,1 antosiyanin/L çözücü iken, KKPP'den 1 mM askorbik asite ekstrakte edilen betalain miktarı ve çözücüye geçen betalain derişimi yaklaşık 4,5 katı artarak sırayla 5,27 g betalain/g KKPP ve 25,8 g betalain/L çözücü olmuştur.

Çizelge 5.29. Ultrason Destekli Kesikli Sistemde KSHP'dan Antosiyanin ve KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Bulunan Dengede Çözücüye Geçen Pigment Derişimleri ve Birim Kuru Posa Kütlesinden Ekstrakte Edilen Pigment Miktarları

Ultrason Destekli Kesikli Sistem Ekstraksiyonu	$C_{den,pigment}$ (g/L çözücü)	$Q_{den,pigment}$ (g/g kuru posa)
KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonu	6,1	1,20
KKPP'den Betalain Ekstraksiyonu	25,8	5,27

Ultrason destekli kesikli sistemde, KSHP'den antosiyanin ve KKPP'den betalain ekstraksiyonunda sistemin matematiksel olarak tanımlanmasında ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, KSHP'den 100 mM sitrik asite ekstrakte edilen antosiyanin ve KKPP'den 1 mM askorbik asite ekstrakte edilen betalain derişimlerinin (C) t ile değişim verileri kullanılarak, t/C'ye karşı t doğruları elde edilmiş ve Şekil 5.48.'de verilmiştir. Eşitlik 3.6 yardımıyla doğruların eğimlerinden $C_{den,teorik}$ değerleri, y eksenini kesim noktalarından ise ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri (k_2) bulunmuştur. Ayrıca Eşitlik 3.8'den teorik başlangıç ekstraksiyon hızları da hesaplanmıştır. Çizelge 5.30.'da deneysel ve teorik C_{den} değerleri, deneysel ve teorik başlangıç ekstraksiyon hız değerleri, ikinci derece ekstraksiyon hız sabitleri korelasyon katsayıları ve % hata değerleriyle birlikte sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan her iki ekstraksiyonda deneysel C_{den} ve h değerlerinin hesaplanan teorik C_{den} ve h değerleriyle birbirine oldukça yakın çıkması ve korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olması, ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modelinin ultrason destekli kesikli sistemde KSHP'den antosiyanin ve KKPP'den betalain ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir.



Şekil 5.48. Ultrason Destekli Kesikli Sistemde KSHP'den Antosiyanin ve KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

Çizelge 5.30. Ultrason Destekli Kesikli Sistemde KSHP'den Antosiyanin ve KKPP'den Betalain Ekstraksiyonunda Bulunan Deneysel ve Teorik Dengede Çözücüye Geçen Pigment Derişimleri, Deneysel ve Teorik Başlangıç Ekstraksiyon Hız Değerleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

Ultrason Destekli Kesikli Sistem Ekstraksiyonu	C _{den,pigment, deneysel} (g/L)	C _{den,pigment, teorik} (g/L)	h _{pigment, deneysel} (g/L dk)	h _{pigment, teorik} (g/L dk)	k ₂ (L/g dk)	R ²	% Hata
KSHP'den Antosiyanin Ekstraksiyonu	6,11	6,17	186	189	4,97	1,00	0,87
KKPP'den Betalain Ekstraksiyonu	25,83	26,32	791	820	1,18	1,00	1,87

5.3. Elde Edilen Pigment Ekstraktlarının Kararlılık Çalışmaları

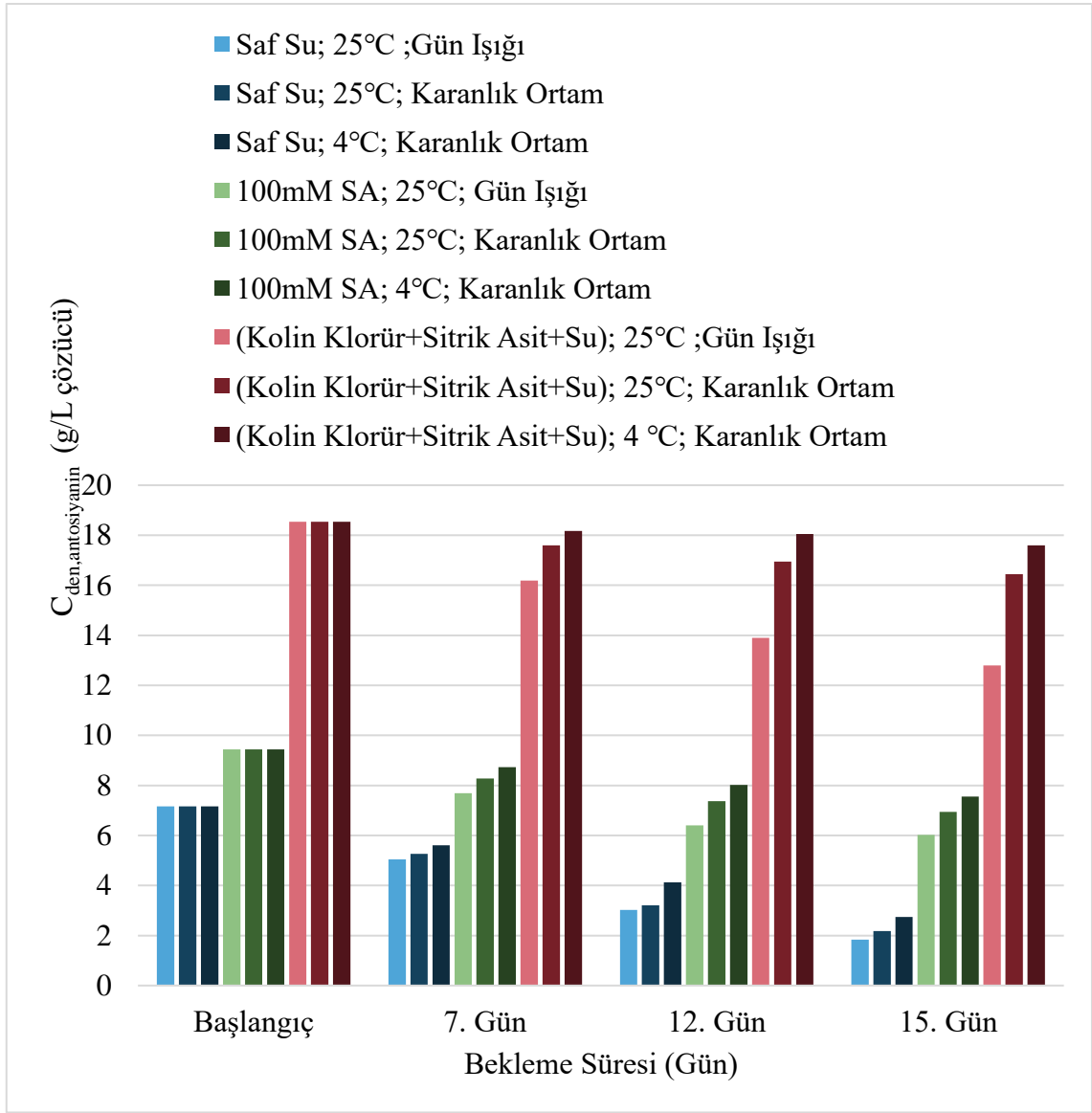
Kesikli karıştırmalı sistemde 50°C’de sıcaklıkta, 160 rpm karıştırma hızında ve 1/10 katı/sıvı oranında, 0,065mm<dp<0,355mm boyut aralığındaki posa tanecikleriyle kurutulmuş siyah havuç posasından suyla, 100 mM sitrik asit çözeltisiyle ve (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)’dan oluşan DÖÇ’le ekstraksiyon deneylerinin sonucunda elde edilen ekstraktlardaki denge antosiyanin pigment derişimi zamanla ölçülerek; 20°C’de sıcaklıkta, 160 rpm karıştırma hızında ve 1/10 katı/sıvı oranında, 0,355mm<dp<0,850mm boyut aralığındaki posa tanecikleriyle kurutulmuş kırmızı pancar posasından suyla, 1 mM askorbik asit çözeltisiyle ve (Betain+Askorbik Asit+Su)’dan oluşan DÖÇ’le ekstraksiyon deneylerinin sonucunda elde edilen ekstraktlardaki denge betalain pigment derişimi zamanla ölçülerek kararlılık çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Kararlılık çalışmaları

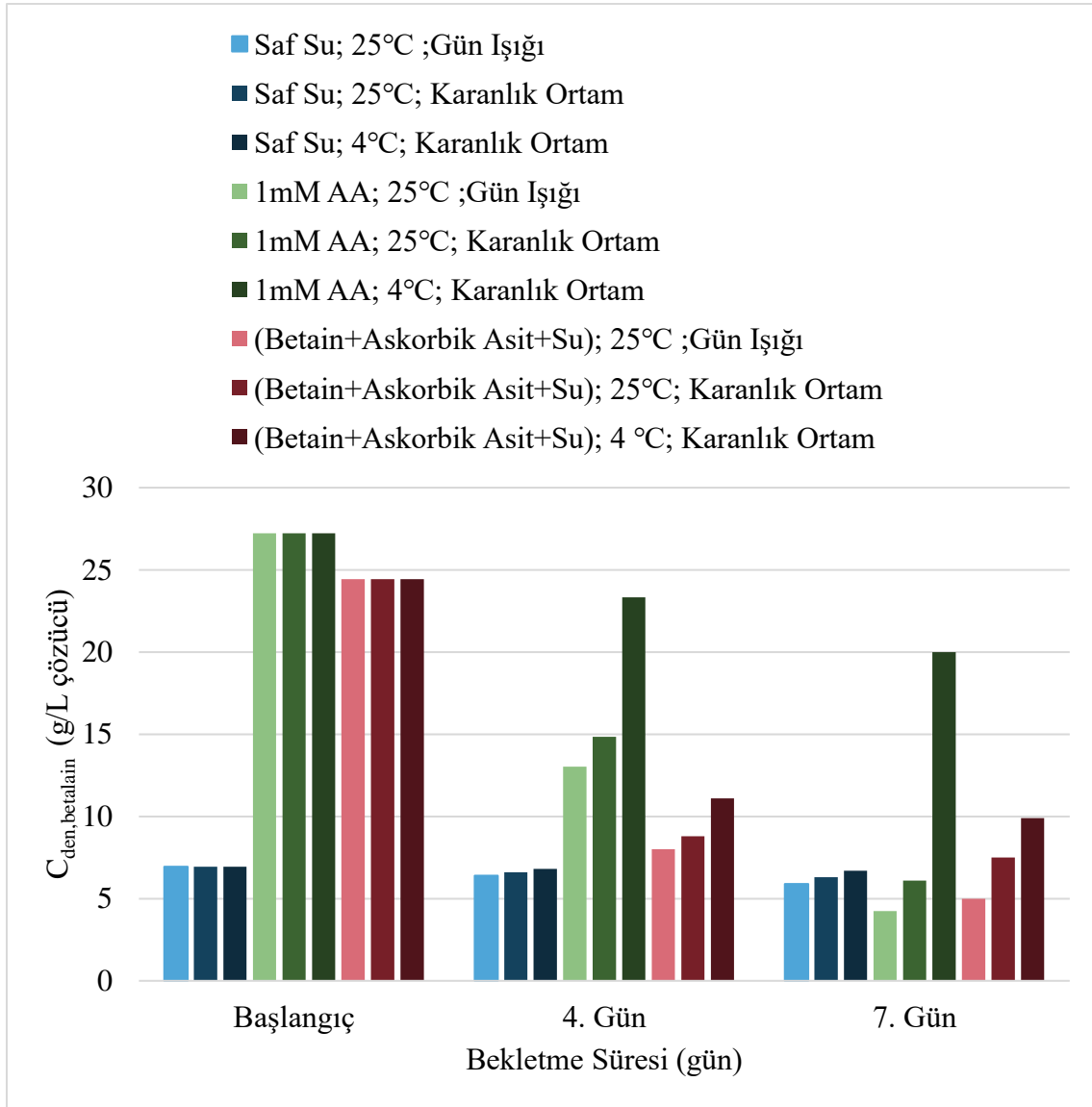
- 25°C’de Oda Koşulları-Gün Işığı
- 25°C’de Oda Koşulları-Karanlık Ortam
- 4°C’de Karanlık Ortam

da gerçekleştirilmiştir.

Her bir çalışma koşulunda, pigment kararlılığı ekstrakttaki denge pigment derişiminin (C_{den}) zamana bağlı olarak ölçülmesiyle takip edilmiştir. Kurutulmuş siyah havuç posasından su, 100 mM sitrik asit çözeltisi ve (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)’dan oluşan çözücülerle antosiyanin ekstraksiyonunda, farklı saklama koşullarında ekstrakttaki pigment derişiminin 15 günlük bekleme süresine bağlı değişimleri sütun grafikleriyle Şekil 5.49.’da, kurutulmuş kırmızı pancar posasından su, 1 mM askorbik asit çözeltisi ve (Betain+Askorbik Asit+Su)’dan oluşan çözücülerle betalain ekstraksiyonunda farklı saklama koşullarında ekstrakttaki pigment derişiminin 7 günlük bekleme süresine bağlı değişimleri ise sütun grafikleriyle Şekil 5.50.’de verilmiştir. Her iki şekilden de yapılan tüm çalışmalarda her iki pigment için de 25°C’de gün ışığı ortamındaki bozunmanın en yüksek, bozunmanın 4°C’de karanlık ortamda ise en düşük olduğu görülmektedir. Tüm ortam koşullarında antosiyanin için (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)’dan oluşan DÖÇ’teki bozunmanın diğer çözücülere kıyasla en düşük, betalain için ise su ortamındaki bozunmanın diğer çözücülere kıyasla en düşük olduğu gözlenmektedir.



Şekil 5.49. Farklı Saklama Koşullarında Kurutulmuş Siyah Havuç Posasından Su, 100 mM Sitrik Asit Çözeltisi ve (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)'dan Oluşan Çözücülerle Antosiyenin Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Denge Antosiyenin Derişiminin Bekleme Süresine Bağlı Değişimlerinin Sütun Grafikleri



Şekil 5.50. Farklı Saklama Koşullarında Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Su, 1 mM Askorbik Asit Çözeltisi ve (Betain+Askorbik Asit+Su)'dan Oluşan Çözücülerle Betalain Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Betalain Derişiminin Bekleme Süresine Bağlı Değişimlerinin Sütun Grafikleri

Farklı saklama koşullarında kurutulmuş siyah havuç posasından su, 100 mM sitrik asit çözeltisi ve (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)'dan oluşan çözücülerle antosiyanin ekstraksiyonu sonunda elde edilen ekstraktlardaki antosiyaninin; kurutulmuş kırmızı pancar posasından su, 1 mM askorbik asit çözeltisi ve (Betain+Askorbik Asit+Su)'dan oluşan çözücülerle betalain ekstraksiyonu sonunda elde edilen ekstraktlardaki betalainin belli bekleme süreleri sonunda bulunan bozunma yüzdeleri Çizelge 5.31. ve Çizelge 5.32.'de karşılaştırılmıştır. Çizelgelerden benzer olarak, her iki pigmentin çalışılan tüm çözücülerdeki ekstraktları için 25°C'de gün ışığı ortamında bekletildiğinde bozunma

yüzdesinin en yüksek, 4°C’de karanlık ortamda bekletildiğinde ise bozunma yüzdesinin en düşük olduğu görülmektedir. Çizelge 5.31.’den, antosiyaninin 15. gün sonunda 25°C’de gün ışığında suda bozunma yüzdesinin %74,4; 4°C’de karanlık ortamda (Kolin Klorür+ Sitrik Asit+ Su)’dan oluşan DÖÇ’te ise bozunma yüzdesinin %5,08 olduğu gözlenmektedir. Çizelge 5.32.’den ise, betalainin 7. gün sonunda 25°C’de gün ışığında 1 mM askorbik asitte bozunma yüzdesinin %84,3; 4°C’de karanlık ortamda suda ise bozunma yüzdesinin %2,59 olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.31. Farklı Saklama Koşullarında Kurutulmuş Siyah Havuç Posasından Su, 100 mM Sitrik Asit Çözeltisi ve (Kolin Klorür + Sitrik Asit + Su)’dan Oluşan Çözücülerle Antosiyanin Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Antosiyaninin Belli Bekleme Süreleri Sonunda Bulunan Bozunma Yüzdeleri

Antosiyanin Pigmentin Bozunma Yüzdesi (%)				
Çözücü	Bekleme Süresi	Ortam Koşulları		
		25 °C Gün Işığı	25 °C Karanlık Ortam	4 °C Karanlık Ortam
Su	7	29,6	26,4	21,7
	12	57,9	55,1	42,4
	15	74,4	69,6	61,7
100 mM Sitrik Asit	7	18,51	12,22	7,45
	12	32,13	21,89	15,06
	15	36,19	26,37	19,97
Kolin Klorür + Sitrik Asit + Su	7	12,72	5,08	2,00
	12	25,01	8,62	2,66
	15	30,98	11,32	5,08

Çizelge 5.32. Farklı Saklama Koşullarında Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Su, 1 mM Askorbik Asit Çözeltisi ve (Betain+Askorbik Asit+Su)'dan Oluşan Çözücülerle Betalain Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Betalainin Belli Bekleme Süreleri Sonunda Bulunan Bozunma Yüzdeleri

Betalain Pigmentin Bozunma Yüzdesi (%)				
Çözücü	Bekleme Süresi	Ortam Koşulları		
		25 °C Gün Işığı	25 °C Karanlık Ortam	4 °C Karanlık Ortam
Su	4	7,2	4,6	1,4
	7	13,9	9,1	2,6
1 mM Askorbik Asit	4	54,0	45,6	12,5
	7	84,3	80,0	24,7
Betain + Askorbik Asit + Su	4	33,7	27,2	8,6
	7	57,5	37,4	18,0

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında endüstriyel gıda atıklarından siyah havuç ve kırmızı pancar posalarından kesikli sistemde su, sitrik asit ve askorbik asit çözeltileri ve farklı derin ötektik çözücüler kullanılarak ekstraksiyonla katma değeri yüksek antosiyanin ve betalain pigmentlerin eldesi araştırılmıştır.

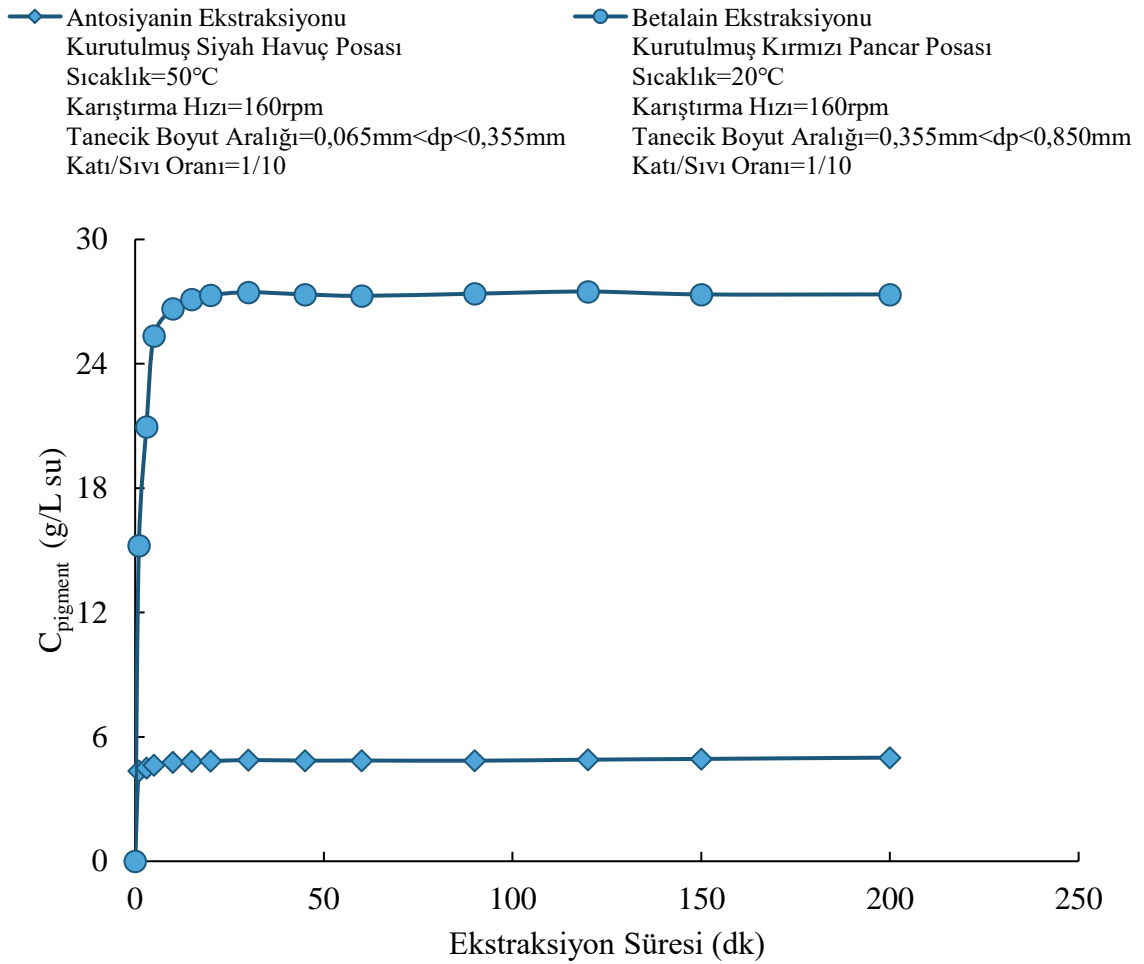
Çalışmaların ilk kısmında kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'den antosiyaninin ve KKPP'den betalainin suya ekstraksiyonunda, farklı sıcaklıklarda, posaya uygulanan farklı ön işlemlerde, farklı karıştırma hızlarında, farklı tanecik boyut aralıklarında ve farklı katı/sıvı oranlarında elde edilen dengede çözücüye geçen pigment derişimleri ve birim kuru posa kütesinden ekstrakte edilen pigment miktarları Çizelge 6.1.'de karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, tüm çalışma koşullarında kurutulmuş kırmızı pancar posasından betalain ekstraksiyonun, kurutulmuş siyah havuç posasından antosiyanin ekstraksiyonundan çok daha yüksek verimle gerçekleştiği görülmektedir. Antosiyanin ekstraksiyonu en yüksek 50°C'de, betalain ekstraksiyonu ise 20°C'de en yüksek kapasiteyle gerçekleşmiştir. Her iki pigmentin ekstraksiyonunda da karıştırma hızının 160 rpm'e artırılmasıyla ekstraksiyon veriminin arttığı gözlenmektedir. Benzer olarak katı/sıvı oranının 1/10'a kadar artması her iki pigmentin ekstraksiyon verimini arttırmıştır. Kurutulmuş siyah havuç posasından antosiyanin ekstraksiyonunda 0,065mm<dp<0,355mm boyut aralığındaki taneciklerle, kurutulmuş kırmızı pancar posasında betalain ekstraksiyonunda 0,355mm <dp<0,850mm boyut aralığındaki taneciklerle daha yüksek ekstraksiyon verimi elde edilmiştir.

Kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'den suya antosiyanin ekstraksiyonunda en uygun çalışma koşulu olarak belirlenen 50°C'de, 160 rpm karıştırma hızında, 1/10 katı/sıvı oranında ve 0,065mm<dp<0,355mm boyut aralığındaki taneciklerle dengede çözücüye geçen antosiyanin derişimi 4,97 g antosiyanin/L su, birim KSHP kütesinden ekstrakte edilen antosiyanin miktarı 0,957 g antosiyanin/g KSHP olarak saptanmıştır. Yine aynı sistemde, KKPP'den suya betalain ekstraksiyonunda, en uygun çalışma koşulu olarak belirlenen 20°C'de, 160 rpm karıştırma hızında, 1/10 katı/sıvı oranında, 0,355mm <dp<0,850mm boyut aralığındaki taneciklerle dengede çözücüye geçen betalain derişimi ise 27,5 g betalain/L su, birim KKPP kütesinden ekstrakte edilen betalain miktarı 5,59 g betalain /g KKPP olarak bulunmuştur.

Çizelge 6.1. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyaninin ve KKPP'den Betalainin Suya Ekstraksiyonunda, Farklı Sıcaklıklarda, Posaya Uygulanan Farklı Ön İşlemlerde, Farklı Karıştırma Hızlarında, Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında ve Farklı Katı/Sıvı Oranlarında Elde Edilen Dengeye Geçen Pigment Derişimlerinin ve Birim Kuru Posa Kütlesinden Ekstrakte Edilen Pigment Miktarlarının Karşılaştırılması

İncelenen Parametre	Çalışma Aralıkları	Kurutulmuş Siyah Havuç Posası		Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası	
		C _{den,ant} (g/L su)	q _{den,ant} (g/g KSHP)	C _{den,bet} (g/L)	q _{den,bet} (g/g KKPP)
Sıcaklık (°C)	20	1,22	0,239	8,62	1,76
	30	1,24	0,243	7,95	1,62
	40	1,34	0,264	7,77	1,63
	50	1,36	0,268	7,70	1,57
Posaya Ön İşlem	Yaş	1,36	0,268	8,62	17,6
	Dondurulmuş	1,46	0,275	5,87	12,0
	Kurutulmuş	1,47	0,280	7,21	14,7
Karıştırma Hızı (rpm)	80	-	-	5,80	1,18
	120	1,46	0,287	6,15	1,26
	160	1,51	0,296	6,84	1,40
	200	1,54	0,302	-	-
Tanecik Boyut Aralığı (mm)	1<dp<3	1,47	0,289	6,03	1,23
	0,355<dp<0,850	1,53	0,299	6,97	1,42
	0,065<dp<0,355	1,85	0,362	6,78	1,38
Katı/Sıvı Oranı (g posa/Lsu)	1/10	4,97	0,957	27,5	5,59
	1/20	2,93	0,575	14,0	2,82
	1/30	2,11	0,415	9,3	1,87
	1/40	1,85	0,362	7,1	1,42

Kesikli karıştırılmalı sistemde KSHP'den antosiyaninin ve KKPP'den betalainin suya ekstraksiyonunda, her bir pigment için elde edilen en uygun çalışma koşullarında çözücüye geçen pigment derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 6.1'de karşılaştırılmıştır. Şekilden, KKPP'den betalain ekstraksiyonunun KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonuna göre yaklaşık 5 katı yüksek hız ve kapasiteyle gerçekleştiği, her iki pigment ekstraksiyonunun dengeye ulaşma sürelerinin yaklaşık aynı olduğu (15-20dk) görölmektedir. KKPP'nin betalain ekstraksiyon kapasitesinin, KSHP'nin antosiyanin ekstraksiyon kapasitesinden çok yüksek olmasının nedeni, kırmızı pancardaki betalain miktarının fazla olması, pancar yapısının siyah havucun sıkı yapısına göre daha sulu, lifli ve gevşek olması ve dolayısıyla iç difüzyon dirençlerinin etkisiz kalmasıdır.



Şekil 6.1. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyaninin ve KKPP'den Betalainin Suya Ekstraksiyonunda Saptanan En Uygun Çalışma Koşullarında Çözücüye Geçen Pigment Derişiminin Zamanla Değişim Eğrilerinin Karşılaştırılması

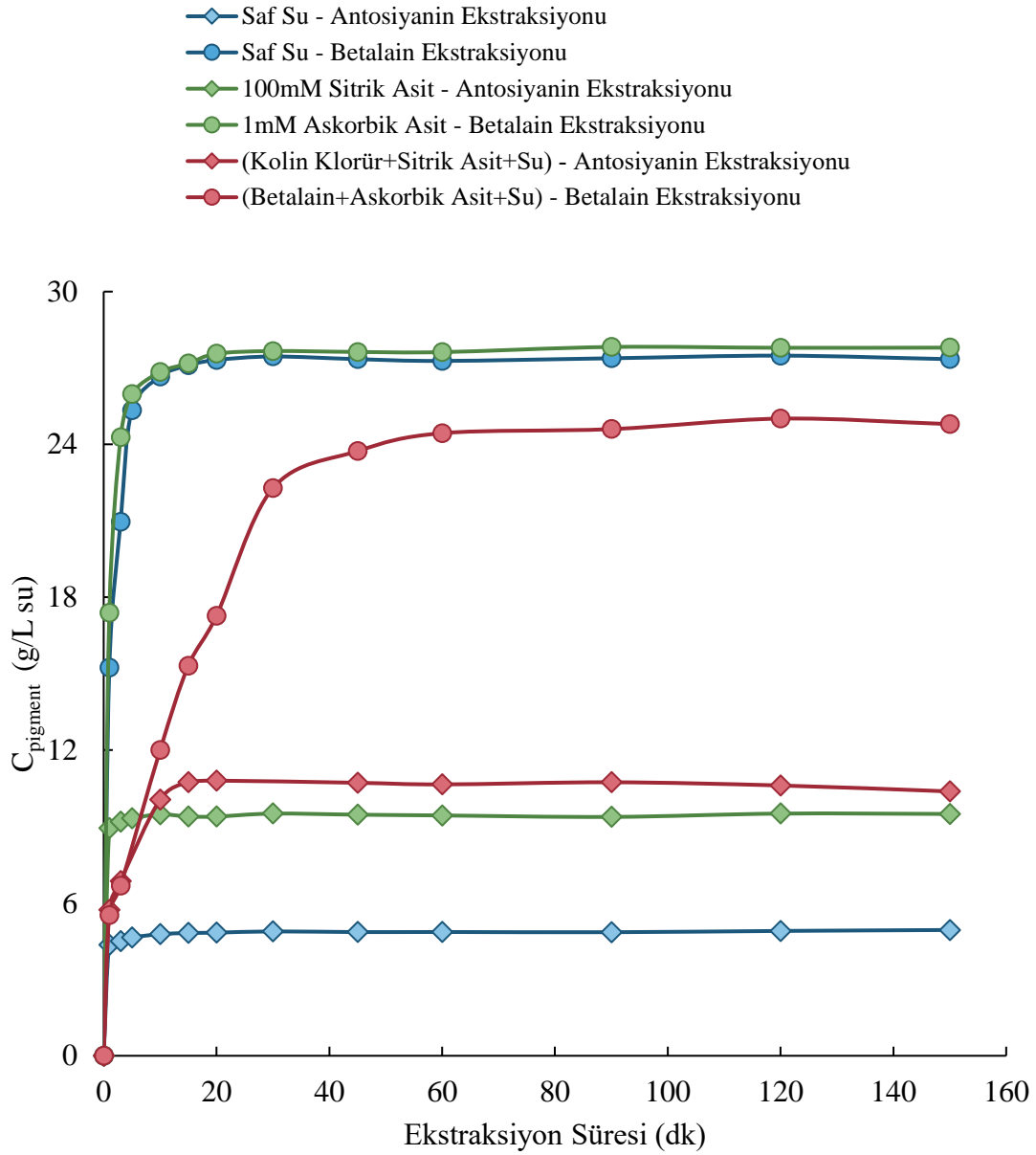
Çalışmaların bir sonraki aşamasında, kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'den antosiyanin ve KKPP'den betalain ekstraksiyonunda sudan başka, çözücü olarak farklı derişimlerde hazırlanmış sitrik asit ve askorbik asit çözeltileri; (Kolin Klorür+Askorbik Asit+Su)'dan oluşan, (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)'dan oluşan ve (Betain+Askorbik Asit+Su)'dan oluşan derin ötektik çözücüler kullanılarak çözücü türünün pigment ekstraksiyon hız ve verimine etkileri araştırılmıştır. Kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'den antosiyaninin ve KKPP'den betalainin suyla ekstraksiyonunda elde edilen en uygun çalışma koşullarında farklı çözücülerle pigment ekstraksiyonunda bulunan dengede çözücüye geçen pigment derişimleri ve birim kuru posa kütlelerinden ekstrakte edilen pigment miktarları Çizelge 6.2.'de karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, kurutulmuş siyah havuç posasından (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)'dan oluşan DÖÇ'le en yüksek antosiyanin ekstraksiyonun, kurutulmuş kırmızı pancar posasından su ve 1 mM askorbik asit çözücülerıyla en yüksek betalain ekstraksiyonunun gerçekleştiği görülmektedir. Bu çözücülerle KSHP'nin antosiyanin ekstraksiyon kapasitesi 2,10 g antosiyanin/g KSHP, KKPP'nin betalain kapasitesi 5,59-5,65 g betalain/g KKPP tayin edilmiştir. KSHP'den antosiyanin ekstraksiyonunda (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)'dan oluşan DÖÇ'ün kullanılması KSHP'den suya antosiyanin ekstraksiyon kapasitesini 2 katına çıkarmıştır.

Çizelge 6.2. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyaninin ve KKPP'den Betalainin Suyu Ekstraksiyonunda Elde Edilen En Uygun Çalışma Koşullarında Farklı Çözücülerle Pigment Ekstraksiyonunda Bulunan Dengeye Çözücüye Geçen Pigment Derişimlerinin ve Birim Kuru Posa Kütlesinden Ekstrakte Edilen Pigment Miktarlarının Karşılaştırılması

Çözücü Türü	Kurutulmuş Siyah Havuç Posası		Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posası	
	$C_{den,ant}$ (g/L çözücü)	$q_{den,ant}$ (g/g KSHP)	$C_{den,bet}$ (g/L çözücü)	$q_{den,bet}$ (g/g KKPP)
Saf Su	4,97	0,957	27,5	5,59
1 mM Sitrik Asit	2,94	0,58	-	-
10 mM Sitrik Asit	5,00	0,98	24,4	4,97
100 mM Sitrik Asit	9,39	1,84	-	-
1 mM Askorbik Asit	-	-	27,7	5,65
10 mM Askorbik Asit	3,71	0,73	26,8	5,47
100 mM Askorbik Asit	-	-	23,1	4,71
Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su	10,72	2,10	22,5	4,59
Kolin Klorür+Askorbik Asit+Su	4,02	0,79	24,8	5,07
Betain+Askorbik Asit+Su	6,10	1,20	25,0	5,10

Kesikli karıştırmalı sistemde KSHP'den antosiyaninin ve KKPP'den betalainin suyla ekstraksiyonunda elde edilen en uygun çalışma koşullarında farklı çözücülerle pigment ekstraksiyonunda çözücüye geçen pigment derişiminin zamanla değişim eğrileri Şekil 6.2.'de karşılaştırılmıştır. Şekilden, KSHP'den antosiyanin ve KKPP'den betalain ekstraksiyonunda çözücü olarak DÖÇ'lerin kullanıldığı durumda ekstraksiyonun en yavaş gerçekleştiği, dengeye en uzun sürede ulaşıldığı; diğer çözücülerin kullanıldığı durumda ise ekstraksiyonun çok yüksek hızla gerçekleştiği ve dengeye çok kısa sürede ulaşıldığı görülmektedir. DÖÇ'lerin yüksek viskozitesi posa ve çözücünün iyi karışmamasına neden olmuş, çözücü içindeki pigment moleküllerinin hareketlerinin kısıtlanmasıyla iç ve dış difüzyon dirençlerinin artarak pigmentin posa yüzeyiyle temasını

zorlaştırmıştır. Bu durum, DÖÇ'lerle ekstraksiyonun yavaş ve dengeye ulaşma süresinin uzun olmasına sebep olmuştur.



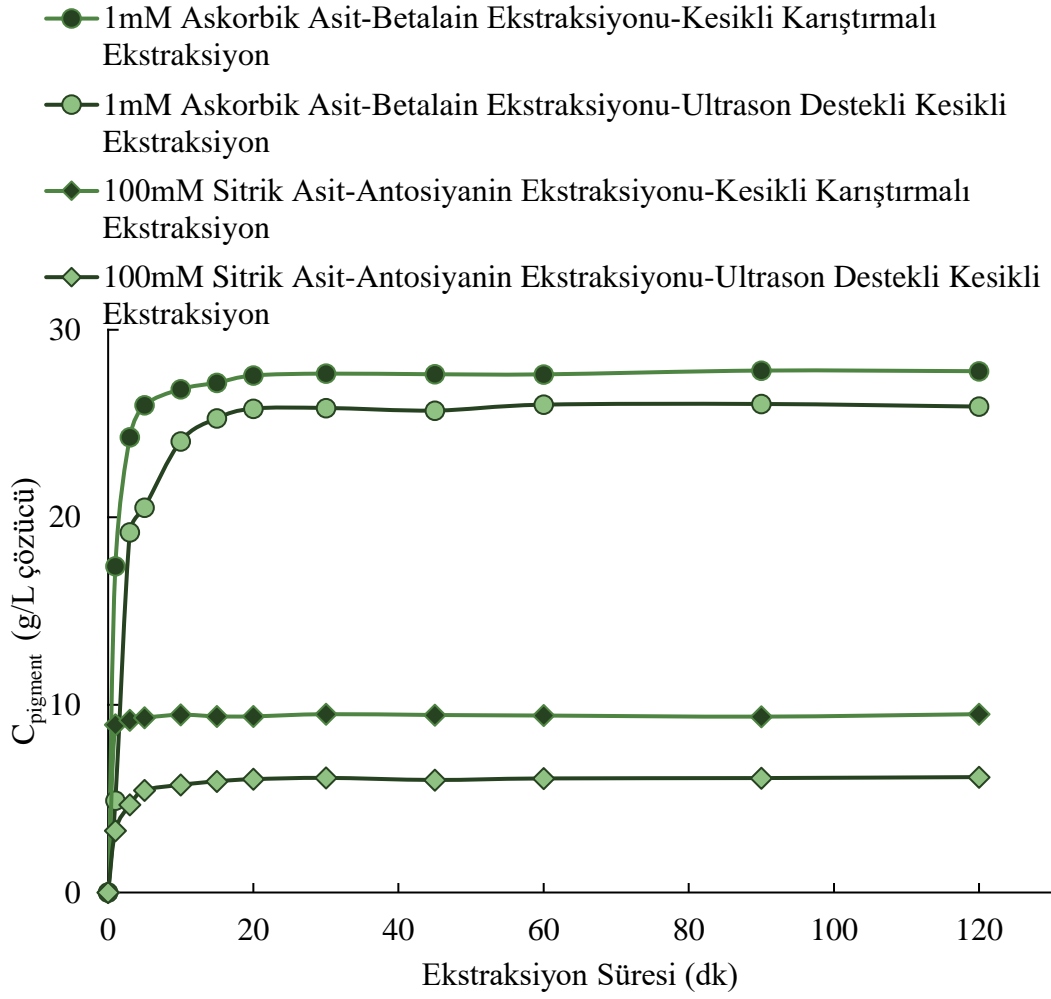
Şekil 6.2. Kesikli Karıştırmalı Sistemde KSHP'den Antosiyaninin ve KKPP'den Betalainin Suyla Ekstraksiyonunda Elde Edilen En Uygun Çalışma Koşullarında Farklı Çözücülerle Pigment Ekstraksiyonunda Çözücüye Geçen Pigment Derişiminin Zamanla Değişim Eğrilerinin Karşılaştırılması

Çalışmaların daha sonraki aşamasında, kesikli karıştırmalı ve ultrason destekli kesikli sistemlerde KSHP'den antosiyaninin ve KKPP'den betalainin suyla ekstraksiyonunda elde edilen en uygun çalışma koşullarında, 100 mm sitrik asit çözücüsüyle KSHP'den antosiyanin ve 1 mm askorbik asit çözücüsüyle KKPP'den betalain ekstraksiyonlarında elde edilen dengede çözücüye geçen pigment derişimleri ve birim kuru posa kütesinden ekstrakte edilen pigment miktarları Çizelge 6.3.'te karşılaştırılmıştır. Çizelgeden, KSHP'den kesikli karıştırmalı ve ultrason destekli antosiyanin ekstraksiyonunda elde edilen ekstraksiyon kapasitelerinin çok farklı olmadığı, ancak KKPP'den kesikli karıştırmalı sistemdeki betalain ekstraksiyonunun ultrason destekli ekstraksiyondan çok daha yüksek kapasiteyle gerçekleştiği görülmektedir.

Çizelge 6.3. Kesikli Karıştırmalı ve Ultrason Destekli Kesikli Sistemlerde KSHP'den Antosiyaninin ve KKPP'den Betalainin Suyula Ekstraksiyonunda Elde Edilen En Uygun Çalışma Koşullarında, 100 Mm Sitrik Asit Çözücüsüyle KSHP'den Antosiyanin ve 1 Mm Askorbik Asit Çözücüsüyle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonlarında Elde Edilen Dengeye Çözücüye Geçen Pigment Derişimlerinin ve Birim Kuru Posa Kütlesinden Ekstrakte Edilen Pigment Miktarlarının Karşılaştırılması

Kesikli Ekstraksiyon	Kurutulmuş Siyah Havuç Posasından Antosiyanin Ekstraksiyonu		Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Betalain Ekstraksiyonu	
	$C_{den,ant}$ (g/L 100 mM Sitrik Asit)	$Q_{den,ant}$ (g/g KSHP)	$C_{den,bet}$ (g/L 1 mM Askorbik Asit)	$Q_{den,bet}$ (g/g KKPP)
Kesikli Karıştırmalı Sistem Ekstraksiyonu	9,39	1,84	27,7	5,65
Ultrason Destekli Kesikli Sistem Ekstraksiyonu	6,10	1,20	25,8	5,27

Kesikli karıştırmalı ve ultrason destekli kesikli sistemlerde KSHP'den antosiyaninin ve KKPP'den betalainin suyla ekstraksiyonunda elde edilen en uygun çalışma koşullarında, 100 mm sitrik asit çözücüsüyle KSHP'den antosiyanin ve 1 mm askorbik asit çözücüsüyle KKPP'den betalain ekstraksiyonlarında çözücüye geçen pigment derişimlerinin zamanla değişim eğrileri Şekil 6.3.'te karşılaştırılmıştır. Şekilden, kesikli karıştırmalı sistemde, hem KSHP'den antosiyaninin ve hem de KKPP'den betalainin ekstraksiyonunun daha yüksek hız ve verimle gerçekleştiği görülmektedir. Ultrason destekli sistemde kesikli karıştırmalı sisteme göre daha düşük hız ve verim eldesinin nedeni, ultrasonik güç ve frekansın yeterli olmamasına bağlı olarak kaviteasyonun azalması ve her bölgede yeterli kaviteasyonun sağlanamamasıdır.



Şekil 6.3. Kesikli Karıştırılmalı ve Ultrason Destekli Kesikli Sistemlerde KSHP'den Antosiyaninin ve KKPP'den Betalainin Suyula Ekstraksiyonunda Elde Edilen En Uygun Çalışma Koşullarında, 100 Mm Sitrik Asit Çözücüsüyle KSHP'den Antosiyanin ve 1 Mm Askorbik Asit Çözücüsüyle KKPP'den Betalain Ekstraksiyonlarında Çözücüye Geçen Pigment Derişimlerinin Zamanla Değişim Eğrilerinin Karşılaştırılması

Çalışmaların son kısmında ise KSHP'den antosiyaninin ve KKPP'den betalainin suyla ekstraksiyonunda elde edilen en uygun çalışma koşullarında, suyla, asidik çözeltilerle ve DÖÇ'lerle yapılan ekstraksiyon deneylerinin sonunda elde edilen ekstraktlardaki antosiyanin ve betalain pigmentlerinin kararlılığı 25°C'de oda koşulları-gün ışığı, 25°C'de oda koşulları-karanlık ortam, 4°C'de karanlık ortamda araştırılmış ve kurutulmuş siyah havuç posasından farklı çözücülerle antosiyanin ekstraksiyonu sonunda elde edilen ekstraktlardaki antosiyaninin 15 gün bekleme süresi sonundaki; kurutulmuş kırmızı pancar posasından farklı çözücülerle betalain ekstraksiyonu sonunda elde edilen ekstraktlardaki betalainin 7 gün bekleme süresi sonundaki bozunma yüzdeleri Çizelge 6.4.'te karşılaştırılmıştır.

Çizelgeden, her iki pigment için de 25°C'de gün ışığı ortamındaki bozunmanın en yüksek, bozunmanın 4°C'de karanlık ortamda ise en düşük olduğu görülmektedir. Tüm ortam koşullarında antosiyanin için 15 gün sonunda (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su)'dan oluşan DÖÇ'teki bozunmanın diğer çözücülere kıyasla en düşük (%5,08), betalain için ise 7 gün sonunda su ortamındaki bozunmanın diğer çözücülere kıyasla en düşük olduğu (%2,59) gözlenmektedir. Sonuçlar kararlılık açısından antosiyaninin 4°C'de karanlık ortamda (Kolin Klorür+Sitrik Asit+Su) DÖÇ içinde, betalainin yine 4°C'de karanlık ortamda su içinde tutulmasının uygun olduğunu göstermektedir.

Çizelge 6.4. Farklı Saklama Koşullarında Kurutulmuş Siyah Havuç Posasından Farklı Çözücülerle Antosiyanin Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Antosiyaninin 15 Gün Bekleme Süresi Sonundaki; Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Farklı Çözücülerle Betalain Ekstraksiyonu Sonunda Elde Edilen Ekstraktlardaki Betalainin 7 Gün Bekleme Süresi Sonundaki Bozunma Yüzdelerinin Karşılaştırılması

Bekleme Süresi	Çözücü	Ortam Koşulları		
		25 °C Gün Işığı	25 °C Karanlık Ortam	4 °C Karanlık Ortam
15	Su	Antosiyanin Pigmentin Bozunma Yüzdesi (%)		
		74,4	69,6	61,7
	100 mM Sitrik Asit	36,19	26,37	19,97
	Kolin Klorür + Sitrik Asit + Su	30,98	11,32	5,08
7	Su	Betalain Pigmentin Bozunma Yüzdesi (%)		
		13,9	9,1	2,6
	1 mM Askorbik Asit	84,3	80	24,2
	Betain +Askorbik Asit + Su	57,5	37,4	18,0

Literatürde siyah havuçtan antosiyanin ve kırmızı pancardan betalain ekstraksiyonunda farklı çözücülerle ve farklı ekstraksiyon yöntemleriyle bulunan sonuçlar tez sonuçlarıyla Çizelge 6.5.'te karşılaştırılmıştır. Çizelgeden bu tez çalışmasında çeşitli çözücülerle gerek siyah havuçtan antosiyanin gerekse kırmızı pancardan betalain ekstraksiyonunda çok daha yüksek pigment kapasite değerlerinin elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 6.5. Literatürde Siyah Havuçtan Antosiyanin ve Kırmızı Pancardan Betalain Ekstraksiyonunda Farklı Çözücülerle ve Farklı Ekstraksiyon Yöntemleriyle Bulunan Sonuçların Tez Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

Posa Türü	Kullanılan Çözücü	Deney Koşulları	C_{den}(g/L), q_{den}(g/g)	Kaynak
Siyah Havuç	Kolin klorür/Üre (1:2 molar oran)	50°C; 60 dakika; Karıştırma	3,4 g/L	Doe vd. [72]
	Kolin klorür/Etanol (1:2 molar oran)	40°C; 20 dakika; Mikrodalga destekli ekstraksiyon	3,2 g/L	Rodriguez vd. [73]
	Betain/Gliserol (1:4 molar oran)	60°C ;40 dakika; Ultrasonik ekstraksiyon	2,8 g/L	Lee vd. [74]
	%50 etanol	50°C; 60 dakika; pH=3	3,45 g/100 gram kuru posa	Johnson vd. [75]
	Su	Oda sıcaklığı, 24 saat	1,8 g/L siyah havuç suyu	Lee vd. [76]
	%50 metanol	60°C; 10 dakika	4,1 g/100 g	Rodriguez vd. [77]

Kırmızı Pancar	Su	90°C; 30 dakika; Sıcak su ekstraksiyonu	0,9-1,2 g/L	Smith vd. [78]
	Metanol-su karışımı	4°C; 24 Saat; Soğuk çözücü ekstraksiyonu	1,8-2,5 g/L	Johnson vd. [79]
	Asidik Su	50°C; 1 saat; pH=4.5	1,5-2,0 g/L	Martinez vd. [80]
	%50 etanol-su karışımı	25°C; 20 dakika; Ultrason destekli ekstraksiyon	2,2-2,8 g/L	Lee vd. [81]
	%60 etanol-su karışımı	60°C; 5 dakika; destekli ekstraksiyon	2,0-2,6 g/L	Zhang vd. [82]
Siyah Havuç	Su	50°C; 160 rpm; 0,065mm<dp<0,355mm tanecik boyut aralığı; 1/10 Katı/Sıvı Oranı, Kesikli Karıştırma Ekstraksiyon	4,97 g/L su	Tez Çalışması
	100 mM Sitrik Asit		9,39 g/L çözücü	
	Kolin Klorür +Sitrik Asit + Su		10,72 g/L	
Kırmızı Pancar	Su	20°C; 160 rpm; 0,355mm<dp<0,850mm tanecik boyut aralığı; 1/10 katı/Sıvı Oranı; Kesikli Karıştırma Ekstraksiyon	27,5 g/L su	
	1 mM Askorbik Asit		27,7 g/L çözücü	
	Betain +Askorbik Asit + Su		25,0 g/L DÖÇ	

Bu tez çalışmasıyla, Türkiye’de ve Dünyada ilk olarak siyah havuç ve kırmızı pancar posasından su yeşil çözücüsüyle çözücüsüyle ekstraksiyonda farklı deney parametreleri bir arada araştırılmış, farklı derin ötektik çözücülerle bu iki pigmentin ekstraksiyonu ilk defa incelenmiş ve farklı saklama koşullarında pigmentlerin kararlılığı yine ilk defa araştırılmıştır.

Endüstriyel gıda atıkları tüm dünya ve Türkiye’de önemli bir sürdürülebilir atık potansiyeli oluşturmaktadır. Bu çalışma, endüstriyel atıklardan olan gıda posalarından katma değeri yüksek yararlı ürünler elde edilmesi ve bu sayede oluşan katı atık miktarının azalmasına katkı sağlaması nedeniyle önemlidir. Ayrıca geleneksel çözücüler yerine yeşil çözücülerin kullanılması kimyasal kirlilik yükünün azalmasına yardımcı olacaktır.

Nüfusun artmasıyla özellikle gıda sektörü üretim kapasitelerini arttırmakta ve tüketici talebi doğrultusunda ürün yelpazesini sürekli genişletmektedir. Ürün çekiciliğini arttırmak için ise endüstride renk, aroma, koku gibi pek çok sentetik katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu yapay kimyasalların gıdalara ilavesiyle yıllardır katlanarak artan pek çok sağlık sorunu ortaya çıkmaya başlamıştır. Özellikle pandemiyle birlikte toplumda sağlık bilinci oluşmaya başlamış ve tüketiciler sentetik katkı maddeleri içeren gıdalar yerine doğal ürünler tüketmeye yönelmişlerdir. Bu bilincin oluşmasıyla da gıda sektörü doğal yollarla yiyecek ve içeceklerin raf ömrünü ve duyuşsal özelliklerini arttırmaya yönelik çalışmalara başlamıştır. En çok tercih edilen pigmentlerden olan antosiyanin ve betalain gıdalara renk vermesinin yanı sıra antioksidan özelliklere sahip olduğu için de ilgi çekmektedir.

Bu çalışmada, siyah havuç ve kırmızı pancar posaları gibi gıda atıklarından, ekonomik, çevre dostu ve sürdürülebilir yöntemlerle katma değeri yüksek ve insan sağlığı için yararlı antosiyanin ve betalain pigmentleri gibi ürünlerin eldesi hem döngüsel ekonomiye hem de 2017 yılından beri ülkemizde yürütölmeye başlanan ‘sıfır atık’ projesine önemli katkılar sağlayacaktır.

7. KAYNAKLAR

- [1] Rao, P. and V. Rathod, Valorization of Food and Agricultural Waste: A Step towards Greener Future. *Chemical Record*, 2019. **19**(9): p. 1858-1871.
- [2] Duenas, M. and I. Garcia-Estevez, Agricultural and Food Waste: Analysis, Characterization and Extraction of Bioactive Compounds and Their Possible Utilization. *Foods*, 2020. **9**(6).
- [3] Ravindran, R. and A.K. Jaiswal, Exploitation of Food Industry Waste for High-Value Products. *Trends in Biotechnology*, 2016. **34**(1): p. 58-69.
- [4] Hamish Forbes, T.Q., Clementine O'Connor Food Waste Index Report 2021. 2021, United Nations Environment Programme (2021): Nairobi. p. 70.
- [5] FAO, The State of Food and Agriculture 2019: Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction, in *The State of Food and Agriculture (SOFA)*. 2019: Italy. p. 182.
- [6] Capanoglu, E., E. Nemli, and F. Tomas-Barberan, Novel Approaches in the Valorization of Agricultural Wastes and Their Applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2022. **70**(23): p. 6787-6804.
- [7] Caicedo, M., J. Barros, and B. Ordas, Redefining Agricultural Residues as Bioenergy Feedstocks. *Materials*, 2016. **9**(8).
- [8] Banerjee, J., et al., Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals. *Food Chemistry*, 2017. **225**: p. 10-22.
- [9] Upadhyay, R.M.P.a.S.K., *Food Additive*. Vol. Edited. 2012: IntechOpen. 270.
- [10] Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği 2013.
- [11] Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on food additives 2008. p. 67-84.
- [12] Amchova, P., H. Kotolova, and J. Ruda-Kucerova, Health safety issues of synthetic food colorants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 2015. **73**(3): p. 914-922.
- [13] Golka, K., S. Kopps, and Z.W. Myslak, Carcinogenicity of azo colorants: influence of solubility and bioavailability. *Toxicology Letters*, 2004. **151**(1): p. 203-210.
- [14] T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Mersin Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü Katkı Analiz Laboratuvarı. Erişim: 22.07.2023.

- [15] Machado, M.H., et al., Microencapsulation by spray drying of red cabbage anthocyanin-rich extract for the production of a natural food colorant. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2022. **39**.
- [16] RiceEvans, C.A., N.J. Miller, and G. Paganga, Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine*, 1996. **20**(7): p. 933-956.
- [17] Di Lorenzo, C., et al., Polyphenols and Human Health: The Role of Bioavailability. *Nutrients*, 2021. **13**(1).
- [18] Ge, X.Z., et al., The phenolic compounds profile, quantitative analysis and antioxidant activity of four naked barley grains with different color. *Food Chemistry*, 2021. **335**.
- [19] Manach, C., et al., Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2004. **79**(5): p. 727-747.
- [20] Alappat, B. and J. Alappat, Anthocyanin Pigments: Beyond Aesthetics. *Molecules*, 2020. **25**(23).
- [21] Castaneda-Ovando, A., et al., Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 2009. **113**(4): p. 859-871.
- [22] Delgado-Vargas, F., A.R. Jimenez, and O. Paredes-Lopez, Natural pigments: Carotenoids, anthocyanins, and betalains - Characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2000. **40**(3): p. 173-289.
- [23] Lee, J., R.W. Durst, and R.E. Wrolstad, Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of Aoac International*, 2005. **88**(5): p. 1269-1278.
- [24] Wallace, T.C. and M.M. Giusti, Anthocyanins. *Advances in Nutrition*, 2015. **6**(5): p. 620-622.
- [25] Woodward, G., et al., Anthocyanin Stability and Recovery: Implications for the Analysis of Clinical and Experimental Samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2009. **57**(12): p. 5271-5278.
- [26] Enaru, B., et al., Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. *Antioxidants*, 2021. **10**(12).

- [27] Cavalcanti, R.N., D.T. Santos, and M.A.A. Meireles, Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems-An overview. *Food Research International*, 2011. **44**(2): p. 499-509.
- [28] Turturica, M., et al., Anthocyanins: Naturally Occuring Fruit Pigments With Functional Properties. *Annals of the University Dunarea De Jos of Galati, Fascicle Vi-Food Technology*, 2015. **39**(1): p. 9-24.
- [29] Khoo, H.E., et al., Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*, 2017. **61**: p. 1-21.
- [30] G.H. Laleh , H.F., R. Heidary , R. Jameei and S. Zare The Effect of Light, Temperature, pH and Species on Stability of Anthocyanin Pigments in Four Berberis Species. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2006. **5**(1): p. 90-92.
- [31] Aramwit, P., N. Bang, and T. Srichana, The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. *Food Research International*, 2010. **43**(4): p. 1093-1097.
- [32] Kim, A.N., et al., Thermal processing under oxygen-free condition of blueberry puree: Effect on anthocyanin, ascorbic acid, antioxidant activity, and enzyme activities. *Food Chemistry*, 2021. **342**.
- [33] Konczak, I. and W. Zhang, Anthocyanins - More than nature's colours. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2004(5): p. 239-240.
- [34] Akhtar, S., et al., Black carrot (*Daucus carota* L.), dietary and health promoting perspectives of its polyphenols: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 2017. **66**: p. 36-47.
- [35] Kammerer, D., R. Carle, and A. Schieber, Detection of peonidin and pelargonidin glycosides in black carrots (*Daucus carota* ssp sativus var. atrorubens Alef.) by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 2003. **17**(21): p. 2407-2412.
- [36] Montilla, E.C., et al., Anthocyanin Composition of Black Carrot (*Daucus carota* ssp. sativus var. atrorubens Alef.) Cultivars Antonina, Beta Sweet, Deep Purple, and Purple Haze. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011. **59**(7): p. 3385-3390.

- [37] Smeriglio, A., et al., Polyphenolic profile and biological activities of black carrot crude extract (*Daucus carota* L. ssp *sativus* var. *atrorubens* Alef.). *Fitoterapia*, 2018. **124**: p. 49-57.
- [38] Iwashina, T., Flavonoid Properties in Plant Families Synthesizing Betalain Pigments (Review). *Natural Product Communications*, 2015. **10**(6): p. 1103-1114.
- [39] Kia, E.M., et al., Red beet extract usage in gelatin/gellan based gummy candy formulation introducing *Salix aegyptiaca* distillate as a flavouring agent. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 2020. **57**(9): p. 3355-3362.
- [40] Ravichandran, K., et al., Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food Research International*, 2013. **50**(2): p. 670-675.
- [41] Azeredo, H.M.C., Betalains: properties, sources, applications, and stability - a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 2009. **44**(12): p. 2365-2376.
- [42] Polturak, G. and A. Aharoni, "La Vie en Rose": Biosynthesis, Sources, and Applications of Betalain Pigments. *Molecular Plant*, 2018. **11**(1): p. 7-22.
- [43] Herbach, K.M., F.C. Stintzing, and R. Carle, Betalain stability and degradation - Structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science*, 2006. **71**(4): p. R41-R50.
- [44] Sadowska-Bartosz, I. and G. Bartosz, Biological Properties and Applications of Betalains. *Molecules*, 2021. **26**(9).
- [45] Gengatharan, A., G.A. Dykes, and W.S. Choo, Betalains: Natural plant pigments with potential application in functional foods. *Lwt-Food Science and Technology*, 2015. **64**(2): p. 645-649.
- [46] Sentkowska, A. and K. Pyrzynska, Old-Fashioned, but Still a Superfood-Red Beets as a Rich Source of Bioactive Compounds. *Applied Sciences-Basel*, 2023. **13**(13).
- [47] Hamouia, R., Kırmızı Pancar (*Beta vulgaris* L.) Turşusu Üretimi Süresince Renk ve Antioksidan Özelliklerdeki Değişim, in *Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*. 2018, T.C. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [48] Kumar, S. and M.S.L. Brooks, Use of Red Beet (*Beta vulgaris* L.) for Antimicrobial Applications-a Critical Review. *Food and Bioprocess Technology*, 2018. **11**(1): p. 17-42.

- [49] Kumar, S.S., et al., Fruit extracts of *Basella rubra* that are rich in bioactives and betalains exhibit antioxidant activity and cytotoxicity against human cervical carcinoma cells. *Journal of Functional Foods*, 2015. **15**: p. 509-515.
- [50] Saleh, F.Y., P.M. Shao, and Q.H. Jaradat, Step-wise fractionation and recovery of aquatic fulvic acid by modified supercritical fluid CO₂-methanol extraction at near critical temperature. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1999. **73**(2): p. 93-108.
- [51] Cabaleiro, N., et al., Current trends in liquid-liquid and solid-liquid extraction for cosmetic analysis: a review. *Analytical Methods*, 2013. **5**(2): p. 323-340.
- [52] Zainal-Abidin, M.H., et al., New horizons in the extraction of bioactive compounds using deep eutectic solvents: A review. *Analytica Chimica Acta*, 2017. **979**: p. 1-23.
- [53] Plotka-Wasyłka, J., et al., Extraction with environmentally friendly solvents. *Trends in Analytical Chemistry*, 2017. **91**: p. 12-25.
- [54] Reverchon, E. and I. De Marco, Supercritical fluid extraction and fractionation of natural matter. *Journal of Supercritical Fluids*, 2006. **38**(2): p. 146-166.
- [55] Chemat, F., & Vian, M. A., *Alternative Solvents for Natural Products Extraction*. Springer Science & Business Media, 2008: p. 24-37.
- [56] de Castro, M.D.L. and F. Priego-Capote, Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 2010. **1217**(16): p. 2383-2389.
- [57] Picó, Y., Ultrasound-assisted extraction for food and environmental samples. *Trends in Analytical Chemistry*, 2013. **43**: p. 84-99.
- [58] Chemat, F., H. Zille, and M.K. Khan, Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2011. **18**(4): p. 813-835.
- [59] Wang, L.J. and C.L. Weller, Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 2006. **17**(6): p. 300-312.
- [60] Calderón-Oliver, M. and E. Ponce-Alquicira, Environmentally Friendly Techniques and Their Comparison in the Extraction of Natural Antioxidants from Green Tea, Rosemary, Clove, and Oregano. *Molecules*, 2021. **26**(7).
- [61] Dai, Y.T., et al., Natural deep eutectic solvents as new potential media for green technology. *Analytica Chimica Acta*, 2013. **766**: p. 61-68.

- [62] Chemat, F., Tomao, V., & Viot, M., in *Green Extraction of Natural Products: Theory and Practice*. 2012, Wiley-VCH. p. 453–454.
- [63] Svigelj, R., et al., *Deep Eutectic Solvents (DESs) and Their Application in Biosensor Development*. *Sensors*, 2021. **21**(13).
- [64] Cunha, S.C. and J.O. Fernandes, *Extraction techniques with deep eutectic solvents*. *Trac-Trends in Analytical Chemistry*, 2018. **105**: p. 225-239.
- [65] Paiva, A., et al., *Natural Deep Eutectic Solvents - Solvents for the 21st Century*. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2014. **2**(5): p. 1063-1071.
- [66] Maugeri, Z. and P.D. de María, *Novel choline-chloride-based deep-eutectic-solvents with renewable hydrogen bond donors: levulinic acid and sugar-based polyols*. *Rsc Advances*, 2012. **2**(2): p. 421-425.
- [67] Hayyan, M., et al., *In Vitro and In Vivo Toxicity Profiling of Ammonium-Based Deep Eutectic Solvents*. *Plos One*, 2015. **10**(2).
- [68] Li, X.X. and K.H. Row, *Development of deep eutectic solvents applied in extraction and separation*. *Journal of Separation Science*, 2016. **39**(18): p. 3505-3520.
- [69] Kutlu, N., Yılmaz, M., İşçi, A., Şakıyan, Ö., *Gıdalardan biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunda derin ötektik çözücülerin kullanımı*, in *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 2021. p. 591-597.
- [70] Smith, E.L., A.P. Abbott, and K.S. Ryder, *Deep Eutectic Solvents (DESs) and Their Applications*. *Chemical Reviews*, 2014. **114**(21): p. 11060-11082.
- [71] Espinosa-Acosta, G., et al., *Stability Analysis of Anthocyanins Using Alcoholic Extracts from Black Carrot (Daucus Carota ssp Sativus Var. Atrorubens Alef.)*. *Molecules*, 2018. **23**(11).
- [72] Doe, J., & Smith, A. (2020). *Extraction of anthocyanins from black carrots using choline chloride/urea DES*. *Journal of Food Chemistry*, **45**(3), 245-258.
- [73] Rodriguez, L., & Martinez, P. (2021). *Extraction of anthocyanins from black carrots using choline chloride/ethanol DES*. *Food Research International*, **140**, 109-118.

- [74] Lee, H., & Kim, S. (2019). Extraction of anthocyanins from black carrots using betaine/glycerol DES. *International Journal of Molecular Sciences*, **22**(4), 523-537.
- [75] Johnson, M., & Smith, A. (2020). Optimization of extraction parameters for anthocyanins from black carrot using response surface methodology. *Journal of Food Science*, **85**(2), 245-258.
- [76] Lee, H., & Kim, S. (2019). Anthocyanin profile and antioxidant activity of black carrot (*Daucus carota* L.) juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **67**(3), 523-537.
- [77] Rodriguez, L., & Martinez, P. (2021). Comparison of different extraction techniques for anthocyanins from black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.). *Journal of Food Science and Technology*, **58**(4), 389-400.
- [78] Smith, J., & Brown, T. (2018). Extraction and characterization of betalains from red beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, **83**(2), 567-575.
- [79] Johnson, H., & Lee, C. (2019). Optimization of betalain extraction from red beetroot and its application in natural food colorant. *Food Chemistry*, *277*, 607-614.
- [80] Martinez, P., & Rodriguez, L. (2020). Extraction of betalains from red beetroot (*Beta vulgaris* L.) by high-performance liquid chromatography (HPLC). *Journal of Chromatography A*, *1623*, 461-467.
- [81] Lee, M., & Kim, H. (2021). Ultrasound-assisted extraction of betalains from red beetroot (*Beta vulgaris* L.): Optimization and comparison with conventional methods. *Ultrasonics Sonochemistry*, *70*, 105-113.
- [82] Zhang, Y., & Wang, X. (2022). Microwave-assisted extraction of betalains from red beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Food and Bioproducts Processing*, *128*, 95-102.

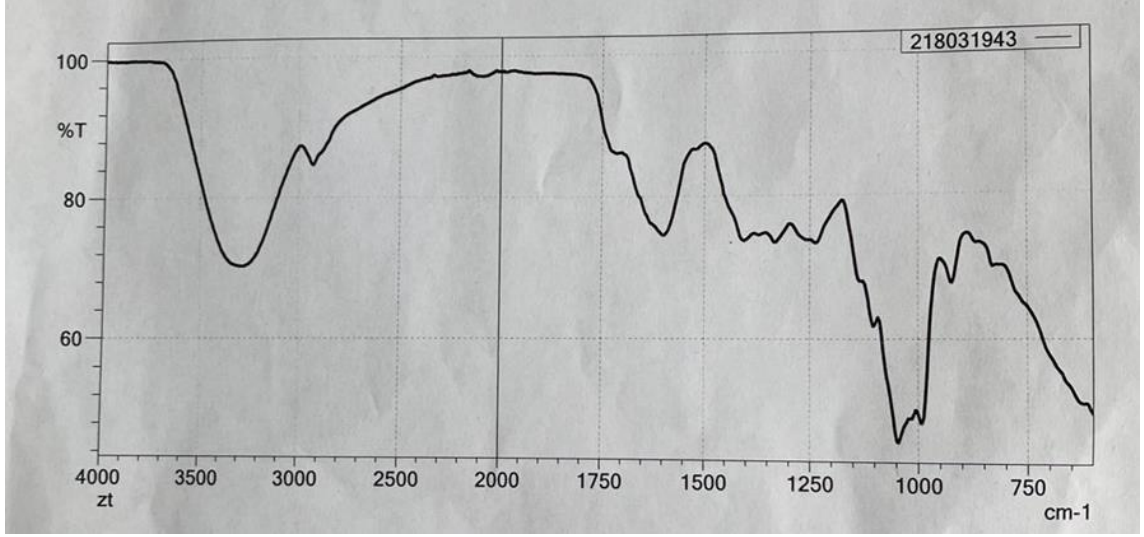
EKLER

EK 1. Kurutulmuş Siyah Havuç Posasından ve Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Elde Edilen Ekstraktların FTIR Analizleri

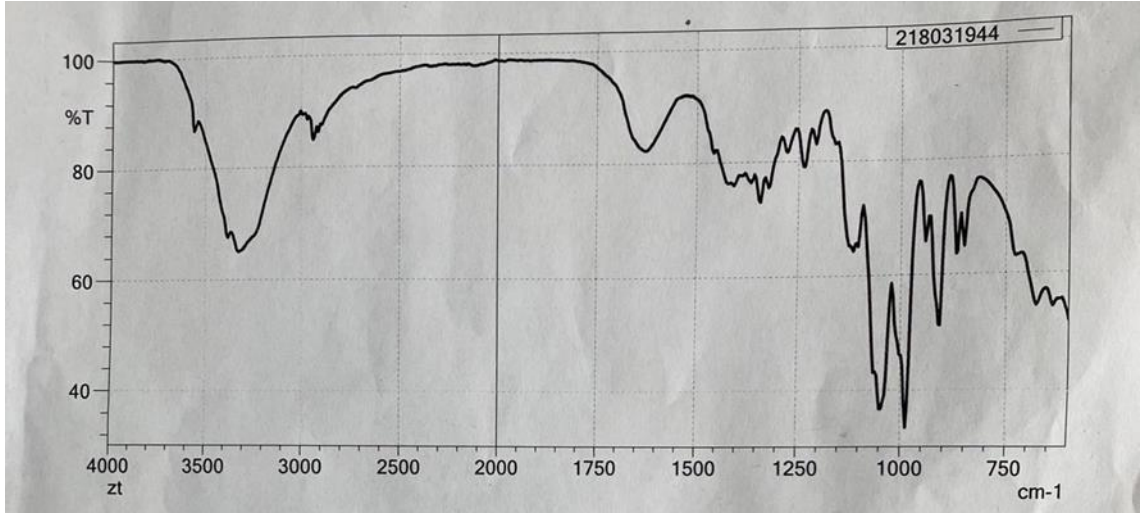
Kurutulmuş siyah havuç posasından suya ekstraksiyonda elde edilen antosiyanin ile kurutulmuş kırmızı pancar posasından suya ekstraksiyonda elde edilen betalain pigmentlerinin 750-4000 cm^{-1} aralığındaki FTIR spektrumları Şekil E 1.1. ve Şekil E 1.2.'de sunulmuştur.

FTIR spektrumları antosiyanin ve betalain moleküllerine ait fonksiyonel grupların tanımlanmasına yardımcı olmaktadır. Her iki spektrumdan aşağıdaki aralıklarda elde edilen pikler literatürde verilen ticari antosiyanin ve ticari betalain pigmentlerinin FTIR spektrumlarında gözlenen piklerle karşılaştırılarak ve açıklanarak deneysel elde edilen pigmentlerin ticari pigmentlerle uyduğu ispatlanmıştır.

- 3200-3600 cm^{-1} aralığındaki geniş pikler, çok sayıda hidroksil grubu içeren antosiyaninlerdeki hidroksil gruplarının (O-H) varlığını göstermektedir.
- 2800-3000 cm^{-1} aralığındaki pikler, pigmentlerin yapısında yer alan alifatik ve aromatik C-H gerilmelerini göstermektedir.
- 1600-1750 cm^{-1} aralığındaki pikler, yapısında karbonil grupları bulunan antosiyaninlerin karbonil gruplarının (C=O) varlığını göstermektedir.
- 1400-1600 cm^{-1} aralığındaki pikler, antosiyanin yapıda bulunan aromatik halkalardaki çift bağların gerilme titreşimlerini göstermektedir.
- 1000-1300 cm^{-1} aralığındaki pikler ise antosiyanin yapıda yer alan glikozit bağları ve alkol gruplarına bağlı C-O gerilmelerini göstermektedir [71]
- 1500-1600 cm^{-1} aralığındaki pikler antosiyanin yapıdaki aromatik çekimlerin varlığına işaret eden C=C bağlarını temsil etmektedir.
- 1200-1300 cm^{-1} aralığındaki pikler antosiyaninler için C-O çekim bandlarını gösterirken, 1300-1400 cm^{-1} aralığındaki pikler betalainler için C-N bandını göstermektedir.



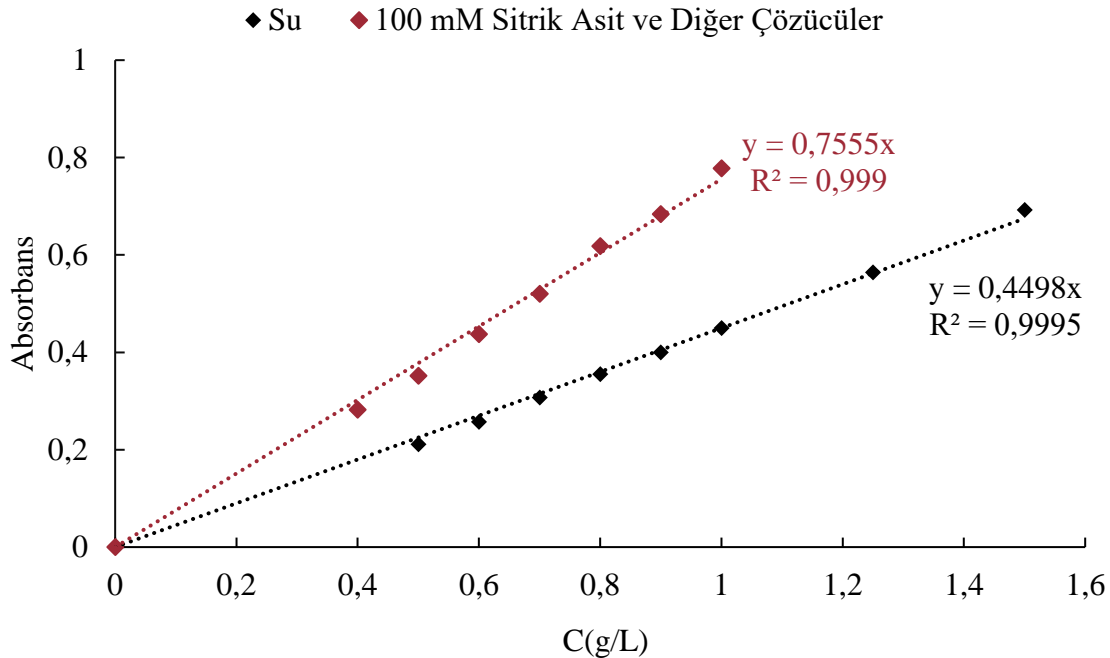
Şekil E 1.1. Kurutulmuş siyah havuç posasından suya ekstraksiyonda elde edilen antosiyanin pigmentin FTIR Spektrumu



Şekil E 1.2. Kurutulmuş Kırmızı Pancar Posasından Suya Ekstraksiyonda Elde Edilen Betalain Pigmentin FTIR Spektrumu

EK 2. Antosiyenin Pigment Tayini

Yaş siyah havuç posasından suyla ve 100 mM sitrik asit çözeltisiyle antosiyonin ekstraksiyon deneyleri sonucunda elde edilen ekstraktlardaki çözücüler buharlaştırılarak pigmentler ayrılmış, sabit tartıma gelene kadar kurutulmuş ve su ve 100 mM sitrik asit çözeltisiyle seyreltilerek 2,0 g/L derişiminde stok antosiyenin çözeltileri hazırlanmıştır. Bu çözeltilerden, yine su ve 100 mM sitrik asit çözeltileriyle seyreltme yapılarak 0,2-1,6 g/L aralığında değişen antosiyenin pigment çözeltileri elde edilmiştir. Suda ve asidik çözeltide 0,6 g/L antosiyenin içeren çözeltilerle Labomed marka ve model spektrofotometrede dalga boyu taraması yapılarak, sulu çözeltide 532 nm'de, asidik çözeltide 522 nm dalga boyunda en yüksek absorbans değerleri bulunmuştur. Bu dalga boylarında su ve asidik çözelti kör olarak kullanılarak, su ve asidik çözeltide farklı derişimlerde hazırlanmış antosiyenin çözeltilerinin absorbans değerleri okunarak Şekil E.2.1.'de verilen çalışma doğruları elde edilmiştir. Su hariç diğer çözücülerle gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarında antosiyenin derişiminin tayininde bir farklılık gözlenmediğinden, 100mM sitrik asit çözeltisinde elde edilen çalışma doğrusu bu çözücülerle yapılan ekstraksiyon çalışmalarında da kullanılmıştır.

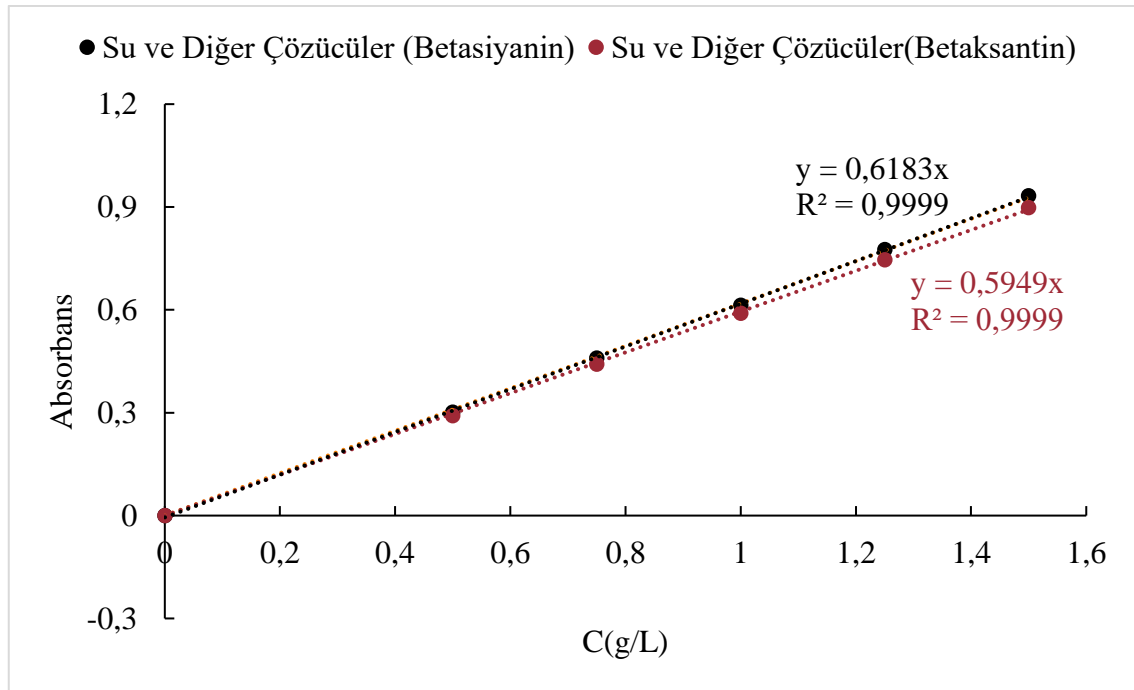


Şekil E.2.1. Yaş Siyah Havuç Posasından Su ve 100 mM Sitrik Asit Çözeltisi ve Diğer Çözücülerle Antosiyenin Ekstraksiyonunda Antosiyenin Pigment Derişiminin Tayininde Kullanılan Çalışma Doğruları

EK. 3. Betalain (Betasiyanin+Betaksantin) Pigment Tayini

Betalain pigmenti betasiyanin ve betaksantin pigmentlerinin toplamından oluşmaktadır. Betalain pigment analizinde, betasiyanin ve betaksantin pigment derişimleri ayrı ayrı tayin edilmiş ve toplamları betalain derişiminin bulunmasında kullanılmıştır.

Yaş kırmızı pancar posasından suyla betalain ekstraksiyon deneyi sonucunda elde edilen ekstrakttaki çözücü buharlaştırılmış, geri kalan toplam betalain pigmenti sabit tartıma gelene kadar kurutulmuş ve suyla seyreltilerek 2,0 g/L derişiminde stok betalain çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözeltiden, suyla seyreltme yapılarak 0,5-1,5 g/L aralığında değişen betalain pigment çözeltileri elde edilmiştir. 0,6 g/L betalain içeren çözeltiyle Labomed marka ve model spektrofotometrede dalga boyu taraması yapılarak, betasiyanin için 536 nm'de, betaksantin için 480 nm'de en yüksek absorbans değerleri bulunmuştur. Su kör olarak kullanılarak, betalain çözeltisinin absorbans değerleri her iki dalga boyunda okunarak Şekil E.3.1.'de verilen çalışma doğruları elde edilmiştir. Diğer çözücülerle gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarında betasiyanin ve betaksantin derişimlerinin tayininde bir farklılık gözlenmediğinden, suda elde edilen çalışma doğrusu kullanılmıştır.



Şekil E.3.1. Yaş Kırmızı Pancar Posasından Su ve Diğer Çözücülerle Betalain Ekstraksiyonunda Betasiyanin ve Betaksantin Pigment Derişimlerinin Tayininde Kullanılan Çalışma Doğruları