



**GIDA SANAYİNDE KULLANILAN KAPYA BİBERİN  
ATIKLARINDAN LİKOPEN EKSTRAKSİYONU**

**LYCOPENE EXTRACTION FROM WASTE OF CAPIA  
PEPPERS USED IN FOOD INDUSTRY**

**GİZEM AKBULUT ALTUNAL**

**PROF. DR. ZÜMRİYE AKSU**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

GİZEM AKBULUT ALTUNAL'ın hazırladığı “Gıda Sanayiinde Kullanılan Kappa Biberin Atıklarından Likopen Ekstraksiyonu” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Nuray YILDIZ  
Başkan

  
.....

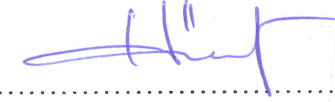
Prof. Dr. Zümriye AKSU  
Danışman

  
.....

Prof. Dr. Deniz TANYOLAÇ  
Üye

  
.....

Prof. Dr. Hülya Yavuz ERSAN  
Üye

  
.....

Prof. Dr. Ayşenur UĞURLU  
Üye

  
.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- Tezimin/Raporumun 10/01/2021 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin/Raporumun ..... tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

09/01/2018



GİZEM AKBULUT ALTUNAL

*Yaptığım her seçime saygı duyan ve beni hep destekleyen canım aileme,*

*Siz benim şanslısınız, iyikilerim sizinle güzel...*

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

09/01/2018



GİZEM AKBULUT ALTUNAL

## ÖZET

### GIDA SANAYİNDE KULLANILAN KAPYA BİBERİN ATIKLARINDAN LİKOPEN EKSTRAKSİYONU

**Gizem AKBULUT ALTUNAL**

**Yüksek Lisans, Kimya Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zümriye AKSU**

**Ocak 2018, 143 sayfa**

Bu tez çalışmasında kesikli karıştırmalı, soksalet ve ultrason destekli ekstraktörler kullanılarak ekonomik bir değeri olmayan kırmızı biber (kapyra biber) salçası fabrika atığından likopenin ekstraksiyonu incelenmiş ve sistemler hız ve verimlilik açısından karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda OLCA Salça Fabrikasından temin edilen kırmızı biber salçası fabrika atığı yaş, dondurulmuş ve kurutulmuş formlarda kullanılmıştır.

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda yaş, dondurulmuş ve kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonu araştırılarak, kurutulmuş atığın tüm deneylerde kullanılmasına karar verilmiştir. Kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda BHT (Bütül Hidroksi Toluen) varlığının, tanecik boyutu aralığının, karıştırma hızının, sıcaklığın, sıvı/katı oranının, ekstraksiyon süresinin ve çözücü türünün likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır. 15:1 sıvı/katı oranında, 60°C sıcaklıkta, 120 rpm karıştırma hızında ve etil asetatın çözücü olarak kullanıldığı koşullarda atıktan ekstrakte edilebilir en yüksek likopen

kapasitesi ve % likopen verimi değerleri sırasıyla 1634,16 mg likopen/kg kuru atık ve %0,16 olarak saptanmıştır.

Soksalet ekstraksiyonu çalışmalarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonuna BHT (Bütıl Hidroksi Toluen) varlığının, tanecik boyutu aralığının, sıvı/katı oranının, ekstraksiyon süresinin ve çözücü türünün likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır. 15:1 sıvı/katı oranında ve etil asetatın çözücü olarak kullanıldığı çözücünün kaynama sıcaklığındaki koşullarda atıktan ekstrakte edilebilir en yüksek likopen kapasitesi ve % likopen verimi değerleri sırasıyla 1723,25 mg likopen/kg kuru atık ve %0,17 olarak belirlenmiştir.

Ultrason destekli ekstraksiyonu çalışmalarında ise kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonuna sıvı/katı oranının, ekstraksiyon süresinin ve çözücü türünün likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri incelenmiştir. 20:1 sıvı/katı oranında, 60°C sıcaklıkta etil asetatın çözücü olarak kullanıldığı koşullarda atıktan ekstrakte edilebilir en yüksek likopen kapasitesi ve % likopen verimi değerleri sırasıyla 1952,08 mg likopen/kg kuru atık ve %0,195 olarak bulunmuştur.

Kesikli karıştırmalı ve ultrason destekli ekstraksiyon çalışmalarında ikinci derece kinetik modelin, soksalet ekstraksiyonu çalışmalarında ise birinci derece kinetik modelin ekstraksiyon kinetiğini tanımladığı gözlenmiştir.

Tez çalışmasının son kısmında çözücü olarak etanolün kullanıldığı kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda, bağımsız değişkenler olarak seçilen karıştırma hızı, sıcaklık, sıvı/katı oranı ve ekstraksiyon süresinin dengede birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarına ortak etkileri Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM) kullanılarak araştırılmış, dengede birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının hesaplanmasını sağlayacak ikinci dereceden bir quadratik polinom eşitlik bulunmuş ve üç boyutlu yanıt yüzey eğrileri elde edilmiştir. Önerilen modele ait sonuçlar ANOVA testi ile istatistiksel açıdan da değerlendirilmiştir.

Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM) alışılan tüm ekstraktörler için, bağımsız değişkenler olarak seçilen ekstraktör çeşidi, çözücü türünün ve sıvı/katı oranının, bağımlı değişken olan dengede birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarına ortak etkilerinin araştırılmasında tekrar kullanılmıştır.



**Anahtar kelimeler:** Kapyra biber (Kırmızı Biber), Likopen, Kesikli karıştırmalı ekstraksiyon, Soksalek ekstraksiyon, Ultrason destekli ekstraksiyon, Birinci derece kinetik, İkinci derece kinetik, Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM)

## **ABSTRACT**

### **LYCOPENE EXTRACTION FROM WASTE OF CAPIA PEPPERS USED IN FOOD INDUSTRY**

**Gizem AKBULUT ALTUNAL**

**Master of Science, Department of Chemical Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Zümriye AKSU**

**January 2018, 143 pages**

In this thesis study, the extraction of lycopene from the food factory waste of red pepper, which has not an economical value, was examined by using batch stirred, soxhlet and ultrasound assisted extractors and systems are compared in terms of rates and efficiencies. The red pepper paste waste obtained from the OLCA Paste Factory was used as wet, frozen and dried forms in experimental studies.

In the batch stirred extraction studies lycopene extraction from wet, frozen and dried waste forms of red pepper waste was investigated, and it was decided to use the dried waste in all other experiments. The effects of BHT presence, particle size range, stirring rate, temperature, liquid/solid ratio, extraction time and the type of solvent on the lycopene extraction rate and yield were examined in the lycopene extraction from dried waste. From the batch stirred extraction studies the highest extractable lycopene capacity and lycopene

extraction yield of the red pepper waste were determined as 1634.16 mg lycopene/kg dry waste and 0.163%, respectively, at the liquid/solid ratio of 15:1, at 60°C and 120 rpm using with ethyl acetate solvent.

In soxhlet extraction studies, the effects of BHT presence, particle size range, liquid/solid ratio, extraction time and type of solvent on the lycopene extraction rate and yield from dried red pepper waste were investigated. From the soxhlet extraction studies the highest extractable lycopene capacity and lycopene extraction yield of the red pepper waste were found as 1723.25 mg lycopene/kg dry waste and 0.172%, respectively, at the liquid/solid ratio of 15:1 using with ethyl acetate solvent at its boiling temperature.

In ultrasound assisted extractions studies, the effects of types of solvents at different liquid/solid ratios on the lycopene extraction rate and yield from dried red pepper waste were researched. From the ultrasound assisted extraction studies the highest extractable lycopene capacity and lycopene extraction yield of the red pepper waste were assigned as 1952.08 mg lycopene/kg dry waste and 0.195%, respectively, at the liquid/solid ratio of 20:1 using with ethyl acetate solvent at 60°C.

It was seen that second order kinetic model described the extraction kinetics of the batch stirred and the ultrasound assisted extractions very well and first order kinetic model described the extraction kinetics of soxhlet extraction exactly.

At the last part of the thesis study, in batch stirred extraction using with ethanol as solvent, the combined effects of selected independent variables such as stirring rate, temperature, liquid/solid ratio and extraction time on the amount of lycopene extracted from per unit dried waste were analyzed by using Response Surface Methodology. A second-order quadratic polynomial equation giving the amount of lycopene extracted from per unit dried waste were derived and three dimensional response curves were obtained. The results of proposed model were evaluated statistically by ANOVA test.

Response Surface Methodology for all extractors studied was used again to investigate the combined effects of kind of extractor, solvent type and liquid/solid ratio selected as the independent variables on the dependent variable of amount of lycopene extracted per unit dried waste.

**Key Words:** Cacia pepper (Red Pepper), Lycopene, Batch stirred extraction, Soxhlet extraction, Ultrasound assisted extraction, First order kinetics, Second order kinetics, Response Surface Methodology (RSM)

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benden esirgemeyen, kendisine ne zaman danışsam faydalı olabilmek adına bana zamanını ayırıp büyük bir ilgiyle elinden geleni yapan ve yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzüyle, samimiyetiyle ve pozitif enerjisiyle her zaman minnettar olacağım kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Zümriye AKSU'ya,

Tavsiyeleriyle ve her zaman sevgi dolu tavırlarıyla manevi desteğini eksik etmeyen kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Deniz TANYOLAÇ'a,

Yine tez çalışmamda konu, kaynak ve yöntem açısından bana yol göstererek yardımlarda bulunan, kendileriyle ortak alanı paylaşmaktan mutluluk duyduğum, iyi ki bu laboratuvarıda çalışıyorum dedirten değerli Arş. Gör. Dr. S. Pınar KODAL'a ve Arş. Gör. Dr. Hande YÜCEL'e,

Laboratuvarıda olduğum ilk günden itibaren her konuda desteğini esirgemeyen, paylaştığımız anlara keyif katan ve başım sıkıştığı her an yanımda olan kötü gün dostum, sırdaşım Yük. Müh. Nurcan TABAK'a,

Deney numunelerimin özel analizlerini gerçekleştiren, bilgi, öneri ve değerlendirmeleri ile yardımını esirgemeyen Belgin ASLAN'a,

Her türlü olanağından yararlandığım Hacettepe Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'ne,

Ruhum soğuk bir kış akşamından, güneşli bir yaz sabahına dönüşürken yaşattığın her özel an ve ellerimizin bir olduğu, yüreklerimizin birlikte attığı nice güzel yıllar için sevgilim, yol arkadaşım, eşim Ayberk ALTUNAL'a,

Beni dünyaya getiren, bana iyi bir insan olmayı öğreten, benden maddi manevi desteğini esirgemeyen, her kararında yanımda olan, beni cesaretlendiren ve saymadığım nice güzellikler için canımdan çok sevdiğim aileme, dünyanın en yetenekli kadını canım annem Sibel AKBULUT'a, koca yürekli canım babam Sabit AKBULUT'a,

Bu dünyada bana sevmeyi, merhameti, paylaşmayı, karşılıksız vermeyi, beni ben yapan her şeyi öğreten ve beni büyüten kıymetlime, her zaman kalbimde olan canım anneanneme,

Hayata, dostlarıma ve tüm sevdiklerime en içten teşekkürlerimi borç bilirim.

Gizem AKBULUT ALTUNAL

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
ÇİZELGELER .....	xii
ŞEKİLLER .....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xxiv
1. GİRİŞ .....	1
2. TEMEL BİLGİLER .....	3
2.1. Gıda Atıkları .....	3
2.1.1. Gıda Endüstrisi Atıkları .....	3
2.2. Kırmızı Biber .....	4
2.2.1. Kırmızı Biberden Salça Üretimi .....	7
2.3. Karotenoidler .....	9
2.3.1. Karotenoidlerin Biyosentezi .....	12
2.4. Likopen .....	15
2.4.1. Likopenin Yapısı .....	15
2.4.2. Likopen İçeren Besinler .....	16
2.4.3. Likopenin İnsan Sağlığı Açısından Önemi .....	17
2.5. Kurutma .....	17
2.6. Ekstraksiyon .....	18
2.6.1. Katı-Sıvı Ekstraksiyon Yöntemleri .....	20
2.6.1.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon .....	20
2.6.1.2. Sokslet Ekstraksiyonu .....	20
2.6.1.3. Ultrason Destekli Ekstraksiyon .....	20
2.7. Vakumlu Buharlaştırma .....	25
2.8. Optimizasyon (Yanıt Yüzey Yöntemi, RSM) .....	25
2.8.1. Deney Tasarımı .....	26
2.8.2. Matematiksel Modelleme .....	26
2.8.3. Model Doğrulama .....	27
2.8.4. Optimizasyon .....	27

3. DENEY SİSTEMİNİN MATEMATİKSEL TANIMLANMASI .....	28
3.1. Ekstraksiyonla Likopen Eldesinin Matematiksel Tanımlanması .....	28
3.1.1. Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Ekstrakte Edilebilir Likopen Kapasitesi(q) .....	28
3.1.2. Başlangıç Ekstraksiyon Hızı .....	29
3.1.3. % Likopen Verimi.....	29
3.1.4. Ekstraksiyon Kinetiğinin Tanımlanması.....	29
3.1.4.1. Birinci Derece Kinetik Model.....	29
3.1.4.2. İkinci Derece Kinetik Model .....	30
3.1.5. Likopen Ekstraksiyonunun Yanıt Yüzey Yöntemi(RSM) ile Optimizasyonu	31
4. DENEY SİSTEMİ VE YÖNTEMLERİ .....	33
4.1. Materyal .....	33
4.1.1. Kurutma Çalışmaları.....	33
4.1.2. Öğütme Çalışmaları .....	34
4.2. Ekstraksiyon Çalışmaları.....	35
4.2.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon Çalışmaları .....	35
4.2.2. Sokslet Ekstraksiyon Çalışmaları.....	37
4.2.3. Ultrason Destekli Ekstraksiyon Çalışmaları .....	38
4.3. Döner Buharlaştırıcı ile Çözücü Ayırma ve Saflaştırma.....	40
4.4. Analiz Yöntemleri .....	41
4.4.1. Likopen Derişimi Tayini.....	41
4.4.2. Likopen FTIR Analizi.....	41
5. DENEYSEL SONUÇLAR .....	42
5.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon Çalışmaları.....	43
5.1.1. Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunun ve Ekstraksiyon Kinetiğinin Karşılaştırılması.....	43
5.1.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığının Etkisi .....	47
5.1.3. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Tanecik Boyut Aralığının Etkisi .....	50
5.1.4. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Karıştırma Hızının Etkisi .....	54
5.1.5. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Sıcaklığın Etkisi .....	57

5.1.6. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi.....	61
5.1.7. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Çözücü Türünün Etkisi .....	65
5.1.7.1. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi .....	65
5.1.7.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi .....	65
5.1.7.3. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi .....	70
5.2. Sokslet Ekstraksiyonu Çalışmaları .....	74
5.2.1. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığının Etkisi .....	74
5.2.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Tanecik Boyut Aralığının Etkisi .....	77
5.2.3. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi.....	81
5.2.4. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Çözücü Türünün Etkisi .....	85
5.2.4.1. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi.....	85
5.2.4.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi .....	85
5.3. Ultrason Destekli Ekstraksiyon Çalışmaları .....	89
5.3.1. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi .....	89
5.3.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi .....	92
5.3.3. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi .....	96
5.4. Optimizasyon Çalışmaları: Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM) .....	100
5.4.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Optimizasyon Çalışmaları .....	100



5.4.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Ekstraktör Çeşidine, Çözücü Türüne ve Sıvı/Katı Oranına Bağlı Optimizasyon Çalışmaları.....	106
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	113
REFERANSLAR .....	129
EKLER.....	135
ÖZGEÇMİŞ .....	143

# ÇİZELGELER

## Sayfa

Çizelge 2.1. Taze Kırmızı Biberin 100 g'ındaki Besin Değerleri [20] .....	5
Çizelge 2.2. Türkiye'de 2009-2016 Yılları Arasında Üretilen Biber Miktarları (ton/yıl) [26] .....	6
Çizelge 2.3. Acı ve Tatlı Kırmızı Biberin Ülkelere Göre İhracat Rakamları [27].....	7
Çizelge 2.4. Karotenoidlerin Seçili Çözücülerde Okunan Maksimum Dalga Boyları ( $\lambda_{max}$ ) ve Spesifik Absorbsiyon Katsayıları ( $A_{1cm}^{1\%}$ ) [38] .....	11
Çizelge 2.5. Likopen İçeren Besinler ve Likopen İçerikleri [58] .....	16
Çizelge 2.6. Ekstraksiyonda Yaygın Olarak Kullanılan Çözücüler ve Özellikleri [71,72] .	19
Çizelge 2.7. Kesikli Karıştırmalı, Sokslet ve Ultrason Destekli Ekstraksiyon Tekniklerinin Avantajları ve Dezavantajlarının Karşılaştırılması .....	24
Çizelge 4.1. Etanolün Çözücü Olarak Kullanıldığı Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Çalışılan Parametreler, Çalışma Aralıkları ve Çalışma Değerleri .....	36
Çizelge 4.2. Kurutulmuş Atıktan Likopenin Sokslet Ekstraksiyonunda Çalışılan Parametreler, Çalışma Aralıkları ve Çalışma Değerleri .....	38
Çizelge 4.3. Kurutulmuş Atıktan Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Çalışılan Parametreler, Çalışma Aralıkları ve Çalışma Değerleri .....	39
Çizelge 5.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atıklarından Likopen Ekstraksiyonunda Kararlı Durumda Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri.....	45
Çizelge 5.2. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri .....	47
Çizelge 5.3. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri .....	49
Çizelge 5.4. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim	

Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri ...	50
Çizelge 5.5. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri .....	52
Çizelge 5.6. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri .....	54
Çizelge 5.7. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri.....	56
Çizelge 5.8. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri ...	57
Çizelge 5.9. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri.....	59
Çizelge 5.10. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri .....	61
Çizelge 5.11. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etanol Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri .....	63
Çizelge 5.12. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etanol Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik	

Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri.....	65
Çizelge 5.13. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etil Asetat Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri.....	68
Çizelge 5.14. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etil Asetat Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri .....	69
Çizelge 5.15. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri.....	72
Çizelge 5.16. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri .....	73
Çizelge 5.17. Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri.....	76
Çizelge 5.18. Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, Birinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri .....	77
Çizelge 5.19. Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri.....	79

Çizelge 5.20. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, Birinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri .....	81
Çizelge 5.21. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri.....	83
Çizelge 5.22. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, Birinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri ...	84
Çizelge 5.23. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri .....	87
Çizelge 5.24. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, Birinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri .....	88
Çizelge 5.25. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri .....	91
Çizelge 5.26. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri .....	92
Çizelge 5.27. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri] .....	94

Çizelge 5.28. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri .....	96
Çizelge 5.29. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri .....	98
Çizelge 5.30. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri .....	99
Çizelge 5.31. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda, Deney Sistemi için Seçilen Kodlanmamış ve Kodlanmış Formdaki Bağımsız Değişkenler Çalışma Aralıkları.....	100
Çizelge 5.32. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Yanıt Yüzey Yöntemi için Tasarlanan Deney Sayısı ve Buna Bağlı Olarak Kodlanmış Formdaki Bağımsız Değişkenlerin Çalışma Değerleri .....	101
Çizelge 5.33. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Deneysel $q$ Değerlerinin Yanıt Yüzey Yönteminden Bulunan Teorik $q_{teo}$ Değerleri ile Karşılaştırılması.....	103
Çizelge 5.34. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Ekstraktör Çeşidine, Çözücü Türüne ve Sıvı/Katı Oranına Bağlı Optimizasyonunda Deney Sistemi için Seçilen Kodlanmamış ve Kodlanmış Formdaki Bağımsız Değişkenler ve Çalışma Aralıkları.....	107
Çizelge 5.35. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Ekstraktör Çeşidine, Çözücü Türüne ve Sıvı/Katı Oranına Bağlı Optimizasyonunda Yanıt Yüzey Yöntemi için Tasarlanan Deney Sayısı ve Buna Bağlı Olarak Kodlanmış Formdaki Bağımsız Değişkenlerin Çalışma Değerleri.....	108
Çizelge 5.36. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Ekstraktör Çeşidine, Çözücü Türüne ve Sıvı/Katı Oranına Bağlı	

Optimizasyonunda Deneysel $q_{den}$ Değerlerinin Yanıt Yüzey Yönteminden Bulunan Teorik $q_{den}$ Değerleri ile Karşılaştırılması .....	110
Çizelge 6.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda İncelenen Tüm Parametreler İçin Kararlı Durumda Elde Edilen Birim Kuru Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığı Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarlarının ( $q_{den}$ ), Çözücüye Geçen Likopen Derişimlerinin ( $C_{den}$ ) ve % Verim Değerlerinin Karşılaştırılması .....	115
Çizelge 6.2. Sokslet Ekstraksiyonu Çalışmalarında İncelenen Tüm Parametreler İçin Kararlı Durumda Elde Edilen Birim Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığı Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarlarının ( $q_{den}$ ), Çözücüye Geçen Likopen Derişimlerinin ( $C_{den}$ ) ve % Verim Değerlerinin Karşılaştırılması .....	117
Çizelge 6.3. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda İncelenen Tüm Parametreler İçin Kararlı Durumda Elde Edilen Birim Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığı Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarlarının ( $q_{den}$ ), Çözücüye Geçen Likopen Derişimlerinin ( $C_{den}$ ) ve % Verim Değerlerinin Karşılaştırılması.....	118
Çizelge 6.4. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda İkinci Derece Kinetik Modelden Elde Edilen Hız Sabitlerinin ve Başlangıç Hızlarının Karşılaştırılması .....	124
Çizelge 6.5. Sokslet Ekstraksiyonunda Birinci Derece Kinetik Modelden Elde Edilen Hız Sabitlerinin ve Başlangıç Hızlarının Karşılaştırılması.....	125
Çizelge 6.6. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda İkinci Derece Kinetik Modelden Elde Edilen Hız Sabitlerinin ve Başlangıç Hızlarının Karşılaştırılması .....	125
Çizelge 6.7. Literatürde Farklı Biber Türlerinden Farklı Ekstraksiyon Yöntemleriyle Likopen Eldesinde Bulunan SonuçlarınTez Sonuçlarıyla Karşılaştırılması .....	127

## ŞEKİLLER

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Karotenoidlerin Poliizoprenoid Yapısı [34] .....	9
Şekil 2.2. Gıdalarda Yaygın Olarak Bulunan Bazı Karotenoidlerin Yapıları [37] .....	10
Şekil 2.3. Likopenin Oluşum Mekanizması [44] .....	13
Şekil 2.4. Likopenden Karoten ve Ksantofillerin Oluşum Mekanizması [44] .....	14
Şekil 2.5. Likopenin Kimyasal Yapısı [37] .....	15
Şekil 2.6. Soksalet Ekstraktörü [76] .....	22
Şekil 2.7. Ses Dalgası Tipleri [77] .....	23
Şekil 2.8. Dolaylı (a) ve Doğrudan (b) Ultrason Uygulamalarının Şematik Gösterimi [80] .....	23
Şekil 2.9. Merkezi Kompozit Tasarımının Kısımları [88] .....	26
Şekil 4.1. Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığının Kurutma Eğrisi .....	33
Şekil 4.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Öğütücü .....	34
Şekil 4.3. Yaş atık(a), kurutulmuş atık(b) ve öğütülmüş atık(c) .....	34
Şekil 4.4. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon Çalışmalarında Kullanılan İnkübatör .....	35
Şekil 4.5. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Soksalet Ekstraktörü .....	37
Şekil 4.6. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Ultrasonik Banyo .....	39
Şekil 4.7. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Döner Buharlaştırıcı .....	40
Şekil 4.8. Elde Edilen Likopenin Görüntüsü .....	41
Şekil 5.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atıklarından Likopen Ekstraksiyonunda Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm) .....	44
Şekil 5.2. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atıklarından Likopen Ekstraksiyonunda Birim Kuru Atık Kütleli Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm) .....	45
Şekil 5.3. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları .....	46
Şekil 5.4. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm) .....	48



Şekil 5.5. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm).....	48
Şekil 5.6. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları.....	50
Şekil 5.7. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ektraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm).....	51
Şekil 5.8. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm).....	52
Şekil 5.9. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları.....	53
Şekil 5.10. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ektraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C).....	55
Şekil 5.11. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C) .....	55
Şekil 5.12. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları.....	57
Şekil 5.13. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ektraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Karıştırma Hızı:120 rpm).....	58
Şekil 5.14. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Karıştırma Hızı:120 rpm).....	59

Şekil 5.15. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları .....	60
Şekil 5.16. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etanol Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ektraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C, Karıştırma Hızı:120rpm) .....	62
Şekil 5.17. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etanol Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C, Karıştırma Hızı:120rpm).....	63
Şekil 5.18. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etanol Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları.....	64
Şekil 5.19. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etil Asetat Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ektraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C, Karıştırma Hızı:120rpm) .....	66
Şekil 5.20. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etil Asetat Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C, Karıştırma Hızı:120rpm).....	67
Şekil 5.21. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etil Asetat Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları.....	69
Şekil 5.22. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ektraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:120rpm) .....	71
Şekil 5.23. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:120rpm).....	71

Şekil 5.24. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları .....	73
Şekil 5.25. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C) .....	75
Şekil 5.26. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C) .....	75
Şekil 5.27. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Elde Edilen Birinci Derece Kinetik Doğruları .....	77
Şekil 5.28. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C) .....	78
Şekil 5.29. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C) .....	79
Şekil 5.30. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen Birinci Derece Kinetik Doğruları .....	80
Şekil 5.31. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C) .....	82
Şekil 5.32. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C) .....	82
Şekil 5.33. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Birinci Derece Kinetik Doğruları .....	84
Şekil 5.34. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:77°C) .....	86
Şekil 5.35. Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına	

Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:77°C) .....	86
Şekil 5.36. Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Birinci Derece Kinetik Doğruları .....	88
Şekil 5.37. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C).....	90
Şekil 5.38. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C) .....	90
Şekil 5.39. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları .....	92
Şekil 5.40. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C).....	93
Şekil 5.41. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C) .....	94
Şekil 5.42. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları .....	95
Şekil 5.43. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C).....	97
Şekil 5.44. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C) .....	97

Şekil 5.45. Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları .....	99
Şekil 5.46. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Karıştırma Hızının, Sıcaklığın, S/K Oranının ve Ekstraksiyon Süresinin Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarı Üzerine Ortak Etkilerinin Gösterildiği Üç Boyutlu Yanıt Yüzey Grafikleri.....	105
Şekil 5.47. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Ekstraktör Çeşidine, Çözücü Türüne ve Sıvı/Katı Oranına Bağlı Optimizasyonunda Dengele Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarı Üzerine Ortak Etkilerinin Gösterildiği Üç Boyutlu Yanıt Yüzey Grafikleri .....	111
Şekil 6.1. Kesikli Karıştırmalı (a), Sokslet (b) ve Ultrason Destekli (c) Ekstraksiyon Çalışmalarında Farklı Çözücülerle Likopen Ekstraksiyonunda Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişim Eğrilerinin Karşılaştırılması.....	120
Şekil 6.2. Kesikli Karıştırmalı (a), Sokslet (b) ve Ultrason Destekli (c) Ekstraksiyon Çalışmalarında Farklı Çözücülerle Likopen Ekstraksiyonunda Birim Kuru Kırmızı Kuru Biber Salçası Fabrika Atığı Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarlarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimlerinin Karşılaştırılması.....	122

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

$\lambda_{\max}$	Çözücüde karotenoidin maksimum okunan dalga boyu (nm)
$A_{\lambda_{\max}}$	Herhangi bir anda kullanılan ekstraksiyon çözücüsünün spesifik dalga boyunda okunan absorbans değeri
$A_{1\text{cm}}^{1\%}$	Kullanılan ekstraksiyon çözücüsünün spesifik likopen absorpsiyon katsayısı
C	Herhangi bir anda çözücüye geçen likopen derişimi (mg likopen/ L çözücü)
q	Herhangi bir anda birim kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı (mg likopen/ kg kuru atık)
V	Ekstraksiyonda kullanılan çözücü hacmi (mL)
M	Ekstrakte edilen kuru çay miktarı (g kuru atık)
h	Başlangıç likopen ekstraksiyon hızı (mg/L dk)
$k_1$	Birinci derece ekstraksiyon hız sabiti (1/dk)
$k_2$	İkinci derece ekstraksiyon hız sabiti (L/g dk)
t	Ekstraksiyon süresi (dk)
$q_{\text{den}}$	Ekstraksiyonun dengede kararlı durumda birim kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı (mg likopen/ kg kuru atık)
$C_{\text{den}}$	Ekstraksiyonun dengede kararlı durumda birim çözücü hacmi başına ekstrakte edilen likopen miktarı (mg likopen/L çözücü)
$C_{\text{den,teo}}$	Ekstraksiyonun dengede kararlı durumunda çözücüye geçen teorik likopen derişimi
N	Deney sayısı
K	Bağımsız değişken sayısı
$n_o$	Merkezdeki deney sayısı
y	Yanıt Yüzey Metodunda elde edilen eşitliklerdeki cevap (bağımlı değişken)
$\xi_i$	Yanıt Yüzey Metodunda elde edilen eşitliklerdeki bağımsız değişken
$\varepsilon$	Yanıt Yüzey Metodunda elde edilen eşitliklerdeki deneysel hata
$\beta_i$	Yanıt Yüzey Metodunda elde edilen eşitliklerdeki regresyon katsayısı
$\beta_{ii}$	Yanıt Yüzey Metodunda elde edilen eşitliklerdeki ikinci dereceden terim
$\beta_{ij}$	Yanıt Yüzey Metodunda elde edilen eşitliklerdeki interaktif terim

## **Kısaltmalar**

BHT	Bütil Hidroksi Toluen
RSM	Response Surface Methodology
S/K	Sıvı/Katı oranı
$d_p$	Tanecik boyutu (mm)

# 1. GİRİŞ

Nüfustaki hızlı artış, artan kişisel tüketim miktarları ve yaşam stilindeki değişiklikler sebebiyle doğal kaynaklar giderek daha fazla kullanılmaktadır. Ne zaman herhangi bir gıda israf edilse, bu gıdayı üretmek için kullanılan toprak, su, enerji israf edilmiş olur ve ne zaman bir atık geri dönüşümde kullanılsa daha az toprağa, daha az suya ve daha az enerjiye ihtiyaç duyulur. Geri dönüşümün ve atığın hammadde olarak kullanılmasının ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Türkiye’de yaklaşık olarak 24.000 gıda işletmesi bulunmaktadır. Bu gıda işletmelerinde proses sonucu büyük miktarlarda gıda atıkları oluşmakta ve bunların çoğu imha edilmekte ya da çöpe atılmakta, çok az bir kısmı ise ekonomik değeri az olan ürünlere (hayvan yemi, gübre, vb.) dönüştürülmektedir. Gıda sanayi içinde domates ve biber salçası üretimi büyük bir paya sahiptir ve bu işletmeler dünyada ve Türkiye’de artan ihtiyacı karşılamak için her geçen gün daha fazla üretim yapmaktadırlar. Ancak bu üretim sonucu ciddi ölçüde biyolojik atık açığa çıkmaktadır. Biber salçası üretiminde açığa çıkan atık, biberin sap, kabuk ve çekirdek kısımlarını içermektedir. Bu kısımların protein, yağ ve lif açısından oldukça zengin olduğu bilinmektedir. Biberde bulunan en önemli bileşenlerden biri de bir karotenoid olan likopendir. Karotenoidler tüm fotosentetik organizmalar tarafından sentezlenen ve bitkinin sarı turuncu ile kırmızı arasında değişen renklerinden sorumlu olan doğal pigmentlerdir. Karotenoidlerin renk özellikleri yapılarındaki bulunan konjuge çift bağlardan kaynaklanmaktadır. Konjuge bağ sayısı arttıkça renk yoğunluğu da artmaktadır, belirli bir renk oluşabilmesi için en az yedi çift konjuge bağa ihtiyaç vardır. Beş çift bağ içeren fiton renksiz, on üç çift konjuge bağ içeren likopen karotenoidi ise kırmızı renklidir. Likopen ilaç endüstrisinde antioksidan ve antikanser ajan olarak, gıda endüstrisinde renk verici katkı maddesi olarak ve kozmetik endüstrisinde yine renk verici katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

Türkiye’de 2016 yılında 957.030 ton salçalık biber üretildiği ve bu biberin biber salçası üretiminde %10- 30’unun posa atık olarak ayrıldığı ifade edilmektedir. Bu atığın önemli kısmı anında imha edilmekte veya gübre, hayvan yemi vb. amaçlarla kullanılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında Dünyada ve Türkiye’de ilk olarak atık olarak çıkan ve ekonomik değeri olmayan kırmızı biber salçası fabrika atığından likopenin ekstraksiyonu ve böylece hem bu atığın kullanımının sağlanması hem de ekonomik değeri olan bir ürün elde edilmesi amaçlanmıştır.



Deneyleerde likopen eldesi için kesikli karıştırmalı, soksalet ve ultrason destekli ekstraksiyon yöntemleri kullanarak, likopen ekstraksiyonunun hızı ve verimliliği açısından sistemlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Ekstraksiyonda kırmızı biber salçası fabrika atığının yaş, dondurulmuş ve kurutulmuş formları kullanılmıştır. Kurutulmuş atık ile likopen ekstraksiyonunda BHT (Bütil Hidroksi Toluen) varlığının, tanecik boyutu aralığının, sıvı/katı oranının, sıcaklığın, karıştırma hızının, ekstraksiyon süresinin ve çözücü türünün likopen ekstraksiyonunun hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır. Her bir ekstraksiyon sisteminin kinetik modellemesi yapılmıştır. Ayrıca Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM)'de kullanılarak, birim kuru atık kütle başına likopen eldesini etkileyen parametrelerin ortak etkisi araştırılarak ikinci dereceden quadratik polinom cevap eşitlikleri ve sistemin üç boyutlu yanıt yüzey eğrileri elde edilmiştir.

## 2. TEMEL BİLGİLER

### 2.1. Gıda Atıkları

Nüfusun hızla artması, yaşam tarzındaki değişiklikler ve kişisel tüketim miktarlarındaki artış doğal kaynakların daha fazla kullanılmasına sebep olmaktadır.

Avrupa'da üretilmekte olan gıdanın üçte birinin tüketilmeden atık olduğu ve gıda zincirinin her adımında atık oluştuğu tahmin edilmektedir. Avrupa Birliği Komisyonu gıda atıklarının azaltılması için çalışmalar düzenlemektedir ve konuya dikkat çekmek amaçlı yapmış olduğu bir açıklamada da sadece AB'de hala tüketilebilir durumda 90 milyon ton ve kişi başı 180kg gıdanın boşa gittiğini belirtmiştir [1]. Avrupa Birliği Komisyonu'nun genelgesine göre, AB'de ki üretilen içecek ve yiyecek zinciri, malzeme kullanımının %28'ine ve doğrudan sera gazı emisyonlarının % 17'sine karşılık gelmektedir [2].

Ne zaman bir gıda israf edilse sadece o gıda değil, aynı zamanda üretimde kullanılan toprak, su ve enerji gibi tüm girdiler israf edilmiş olunur. Bu nedenle gıda atık miktarının oluşumundaki herhangi bir azalma doğrudan çevre için bir kazanım anlamına gelmektedir. Uzun vadede düşünüldüğünde iste gıda zinciri boyunca israf edilen gıda miktarı azaltılırsa, daha az suya, gübreye, toprağa, enerjiye hatta daha az taşımaya, atık toplamaya ve geri dönüşüme ihtiyaç olacaktır [1].

#### 2.1.1. Gıda Endüstrisi Atıkları

Türkiye'de yaklaşık olarak 24.000 gıda işletmesi bulunmaktadır. Bu gıda işletmelerinin %56'sı un ve unlu ürünleri, % 18'i süt ve süt ürünleri, % 12'si meyve ve sebze işleme, % 4'ü bitkisel yağ ve katı yağ, % 3'ü şekerli ürünleri, % 2,5'i et ürünleri ve % 4,5'lik kısmı ise alkolsüz içecekler ve diğer gıda üretimi yapan işletmeleri oluşturmaktadır [3].

Gıda işleme fabrikalarında, üretim sırasında önemli miktarlarda gıda atığı oluşmaktadır. Bu atıkların birçoğu imha edilmekte ya da ekonomik değeri az olan gübre, hayvan yemi vb. ürünlere dönüştürülmektedir [4].

#### Sebze ve Meyve Endüstrisi Atıkları

Sebze ve meyve işleme endüstrisi atıkları genellikle süspansiyel katı atıktır ve büyük miktarda biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) içerir. Bu atıklar derin ve yüzey kültür fermantasyon yöntemi ile değerli ürünlere; metan, etil alkol, laktik asit, sitrik asit, sürfaktan, enzimler, mantarlar, gıda katkıları ve özellikle aroma maddelerine dönüştürülebilir [5].

Sebze ve meyve atıkları insan sağlığı ve beslenme açısından önemli olan lifleri, pektini, yağ asitlerini, antioksidanları ve vitaminleri içerir. Örneğin üzüm çekirdeği fenolik maddeler ve antosiyanin, elma atıkları polifenoller, turunil atıkları fenolik maddelerle flavanoidler açısından zengin önemli antioksidan kaynaklarıdır [4].

Türkiye’de bulunan domates ve biber salça üretim işletmeleri artan ihtiyacı karşılamak amacıyla her geçen gün daha fazla üretim yapmakta ve bu üretim sonucu büyük miktarda biyolojik atık açığa çıkmaktadır. Salça üretimi sırasında hammaddenin %10-30’unun atık olarak ayrıldığı ifade edilmektedir [6,7].

Türkiye’de yılda yaklaşık olarak 2 milyon ton kırmızı biber üretilmekte ve bununun 730 bin tonunun salçalık biber olarak kullanıldığı bilinmektedir [8]. Kırmızı biber (*Capsicum*)’in kurutma, konserveleme ve salça üretimi sırasında açığa çıkan atık çekirdek ve kabuk gibi besin içeriği bakımından zengin kısımları içermektedir. Bu atık yüksek oranda lif, protein, yağ ve antioksidan içermekte ve ölkemizde sadece hayvan yemi olarak değerlendirilebilmektedir [9,10].

## 2.2. Kırmızı Biber

Biber, domates ve patlıcanla aynı *Solanaceae* (Patlıcangiller) familyasından olup, *Capsicum* cinsini oluşturur. *Capsicum annuum L.* bilinen en yaygın kırmızı biber çeşidi olup, baskın olan diğer türleri ise *capsicum frutescens*, *capsicum baccatum*, *capsicum chinese* ve *capsicum pubescen* ’dir. Kırmızı biber ılık iklimlerde tek yıllık kùltür sebzesiyken tropikal iklimlerde birkaç yıllık kùltür sebzesidir. Kırmızı biber dünyada yaygın olarak iki şekilde; renk, tat ve acılığından dolayı baharat olarak ve sofralık, yemeklik sebze olarak tüketilmektedir [11].

Kırmızı biberin anavatanı Amerika kıtası olup, yabani olarak And dağlarında 10.000 yıldır yetişmektedir. Amerika’nın bilinen en eski kùltür bitkilerinden olan kırmızı biber buradan dünyaya yayılmıştır [12]. Meksika’da yapılan bir arkeolojik kazıda bulunan ve MÖ 7000’li yıllara ait olan Aztek yazıtlarında biber bitkisinden bahsedildiği görölmüştür [13]. MÖ 5000’li ve 3000’li yıllarda Amerika’nın yerlileri tarafından lezzet artırma ve tıbbi amaçlarla kullanılmıştır [14].

Kristof Kolomb tarafından Amerika kıtasının keşfinden sonra yapılan kolonizasyon seferleri sonucu biber Avrupa’ya getirilmiştir. İşpanyol ve Portekiz ticaret yolları ile Asya ve Afrika’ya kadar yayılmış ve bir baharat olarak tüm dünyada kullanılmaya başlanmıştır

[15]. Osmanlı İmparatorluğu'na Orta Avrupa ülkelerinden 16. yy.'da ve en çok sevilerek kullanıldığı yer olan Hindistan'a da 17. yy.'da götürüldüğü düşünülmektedir [16].

Günümüzde, ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen biber türleri arasında; sofralık tüketimi için sivri, çarliston, dolmalık, kalya biberler bulunurken, kurutmalık ve baharatlık tüketimi için ise yerel biberler, turşuluk biberler ve süs biberleri gibi çeşitler bulunmaktadır. Bunların yanı sıra daha az üretim potansiyeline sahip olan macar biberi, yunan biberi, dolmalık amerikan biberi, şili biberi ve jalapeno biberi gibi türler de yetiştirilmektedir [17].

Türkiye'de kırmızı biber neredeyse her bölgede yetiştirilebilmektedir. Üretim bölgeleri kuzey ve güney olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bilecik ve Bursa gibi iller kuzey üretim bölgelerini, Kahramanmaraş, Şanlıurfa, Gaziantep gibi iller ise güney üretim bölgelerini oluşturur [18]. Akdeniz havzasında bulunan güney bölgelerde kırmızı biber üretiminin büyük bir kısmını Gaziantep, Kahramanmaraş, Şanlıurfa, Adıyaman, Diyarbakır ve Hatay illeri karşılamaktadır [19]. Taze kırmızı biberin besin değerleri Çizelge 2.1.'de sunulmuştur.

**Çizelge 2.1.** Taze Kırmızı Biberin 100 g'ındaki Besin Değerleri [20]

<b>Taze Kırmızı Biberin 100 g'ındaki Besin Değerleri</b>			
Kalori	31 kcal	Demir	0,4 mg
Su	92,2 g	Magnezyum	12 mg
Kül	0,5 g	Potasyum	211 mg
Toplam Karbonhidrat Lif Şeker	6 g 2 g 4 g	Fosfor	26 mg
		β-karoten	1624 µg
		α-karoten	20 µg
Sodyum	4 mg	Likopen*	484 µg
A Vitamini	3131 IU	β-kriptoksantin	490 µg
C Vitamini	128 mg	Kolin	5,6 mg
Kalsiyum	7,0 mg	Betain	0,1 mg

\*İşlenmiş kırmızı biberdeki miktar

Kırmızı bibere rengini veren ve bir karotenoid olan likopen lipofilik yani su içerisinde çözünmeyen bir bileşiktir. Bu bileşik yağ asitleriyle esterleşmiş olarak bulunur ve bu sayede daha kararlı bir yapıya sahiptir. Esterleşmenin renk yoğunluğu üzerine bir etkisi

yokken, polarite gibi fizikokimyasal özellikleri etkileyebilmektedir. Kısa zincirli yağ asitleriyle esterleşen karotenidler, uzun zincirli yağ asitleriyle esterleşen karotenoidlere göre daha dayanıklıdır [21,22].

Ayrıca yapılan bir çalışmada kırmızı biberin C vitamini içeriğinin domates, brokoli, ıspanak ve lahananın da içinde bulunduğu birçok sebzeden çok daha fazla olduğu belirtilmiştir [23]. Askorbik asit C vitamininin temel formunu oluşturmakta ve biberin olgunlaşmasıyla da miktarı artmaktadır. Yapılan başka bir çalışmada ise kırmızı biberin askorbik asit içeriğinin yeşil biberin değerinin iki katından daha fazla olduğu da belirtilmiştir [24,25].

Türkiye’de üretilen başlıca 3 biber cinsinin yıllara göre üretim miktarları Çizelge 2.2.’de verilmiştir. Salçalık olarak bahsedilen biber türü kırmızı biber olup, dolmalık ve sivri olarak bahsedilen biber türleri yeşil biberdir.

**Çizelge 2.2.** Türkiye’de 2009-2016 Yılları Arasında Üretilen Biber Miktarları (ton/yıl) [26]

Ürünler	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Salçalık Biber</b>	700.038	782.173	730.493	748.422	814.372	829.809	879.775	957.030
<b>Dolmalık Biber</b>	384.273	387.626	364.930	383.213	398.470	391.009	393.109	418.435
<b>Sivri Biber</b>	752.692	816.901	878.846	910.725	346.506	907.126	919.004	967.466

Acı ve tatlı kırmızı biberin dünya çapında ki ihracatı 2015 yılından 2016’ya %9,2 artış göstermiştir. Bu biberlerin 2012 yılındaki ihracat değeri 4,4 milyar dolar iken % 14,7 artış göstererek 2016 yılında 5 milyar dolar’a yükselmiştir [27]. 2016 yılına ait acı ve tatlı kırmızı biber ihracatı yapan ülkelerin sıralamaları, ihracat rakamları ve yüzdeleri Çizelge 2.3.’te verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere 2016 yılındaki acı ve tatlı kırmızı biber ihracatında Meksika 1. sırada yer alırken Türkiye 8. sırada yer almaktadır.

**Çizelge 2.3.** Acı ve Tatlı Kırmızı Biberin Ülkelere Göre İhracat Rakamları [27]

Sıralama	Ülke	İhracat Rakamları (Dolar)	%
1.	Meksika	1.200.000.000	23,3
2.	İspanya	1.100.000.000	22,0
3.	Hollanda	944.500.000	18,9
4.	Kanada	343.700.000	6,9
5.	Amerika	252.300.000	5,1
6.	İsrail	99.800.000	2,0
7.	Kuzey Kore	94.900.000	1,9
8.	Türkiye	90.000.000	1,8
9.	Fas	81.500.000	1,6
10.	Fransa	78.800.000	1,6

### 2.2.1. Kırmızı Biberden Salça Üretimi

Ülkemizde domates salçasının yanısıra biber salçası da yaygın olarak tüketilmektedir. Biber salçası üretiminde biber tek başına veya domates ile karıştırılarak işlenmektedir. Salça üretiminde parlak, tam olgun ve kuru madde oranı yüksek olan kırmızı biberler kullanılır [28]. Biber salçası görünüş bakımından domates salçasına oldukça benzemekle birlikte tat ve aroma bakımından oldukça farklıdır. Kırmızı biber salçası yemeklere, çorbalara kendine özgü renk, tat ve aroma kazandırmak için domates salçasıyla beraber kullanılır. Güney ve Güneydoğu bölgelerinde uzun yıllardır yaygın olarak kullanılan biber salçası son yıllarda diğer bölgelerde de kullanılmaya başlanmıştır. Adana ilinde yapılan bir çalışmada bu bölgede yaşayan ailelerin % 96,6'sı salça kullanmakta ve % 85,5'i de biber salçası tüketmektedir [29].

Kırmızı biberden biber salçası üretim aşamaları aşağıda verilmiştir [30];

Taze kırmızı biber: Biber tarlalarından işlenmek üzere biber işletmesine getirilir.

Biber patlatma: Biberler yürüyen bir banda dökülür ve buradan yüksek devirde dönen iki silindir arasına düşen biberlerin patlatılması yapılır.

Yıkama: Patlatma ünitesinden gelen biberler içi tazyikli su bulunan döner yıkama tamburuna dökülür. Tamburda biberlerin hem yıkanması hem de sap ve çekirdek gibi kısımlarından ayrılması işlemi birlikte gerçekleştirilir.

Ayıklama: Yıkama işleminden sonra geniş ve uzun bir banda dökülen biberler işçiler tarafından kalan çöp ve yaprak kısımlarından ayıklanır.

Kırıcılar: Ayıklama bandından gelen biberler ortalama kırıcılardan geçerek püre haline getirilir.

Ön ısıtıcı: Püre haline gelen biberler, mikrobiyal yükün düşürülmesi için 85°C'de 1-2 dakika ısıtılma tabii tutulur.

Birinci kademe evaporasyon: Ön ısıtıcıdan çıkan biber püresi evaporasyon işlemine tabii tutulur. Burada biber örneğinin kuru madde miktarı yani briks derecesi 27 oluncaya kadar püre evapore edilir.

İkinci kademe evaporasyon (pişirme): 27 briks gelen biber püresi vakumlu ve çift cidarlı sistemde kapasite açısından yaklaşık 1500 kg olan küçük evaporatörlere gelir. Burada tuz ve diğerk katkı maddeleri eklenir ve buradan pastörizasyon ünitesine gönderilir.

Pastörizasyon: İstenilen briks derecesine gelmiş olan salça borulu pastörizatörden geçirilerek mikrobiyal yükünün istenen düzeye gelmesi sağlanır.

Dolum: Biber salçası burada istenilen miktara göre pet kavanozlara, cam kavanozlara ve kovalara doldurulur.

Kapak kapama: Kavanozlar ve kovalar kapak kapama makinesinde kapakları otomasyon sistemiyle kapatılır.

Etiketleme: Yine otomasyon sistemiyle kavanozlar ve kovalar etiket makinesinde etiketlenir.

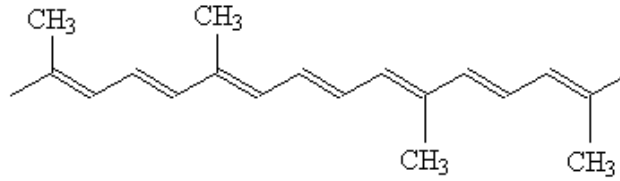
Ambalajlama: Etiketlenen kavanozlar ve kovalar kolileme makinesinde ambalajlanır.

Depolama: Salçalar serin ve karanlık depolarda sevkiyata hazır halde bekletilir.

### 2.3. Karotenoidler

Karotenoidler sarı, turuncu ve kırmızı tonlardaki renklerden sorumlu ve tüm fotosentetik organizmalar tarafından sentezlenen biyolojik pigmentlerdir [31]. Karotenoidlerin renkleri yapılarında bulunan konjuge çift bağ sayılarından kaynaklanmaktadır. Belirli bir renk oluşması için en az yedi konjuge çift bağa ihtiyaç duyulurken, konjuge bağ sayısı arttıkça renk sarıdan kırmızıya doğru koyulaşır. Beş konjuge bağ içeren fiton rensizken, on üç konjuge bağ içeren likopen kırmızıdır [32]. Karotenoidlerin antioksidan aktiviteleri onların konjuge bağ sayılarına, polien zincirlerinin yapısına ve fonksiyonel gruplarına bağlıdır. En güçlü antioksidan aktiviteyi likopen gösterirken daha sonra  $\alpha$ - tokoferol,  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -kriptoksantin, zeaksantin,  $\beta$ - karoten, lutein şeklinde büyükten küçüğe doğru sıralanabilir [33].

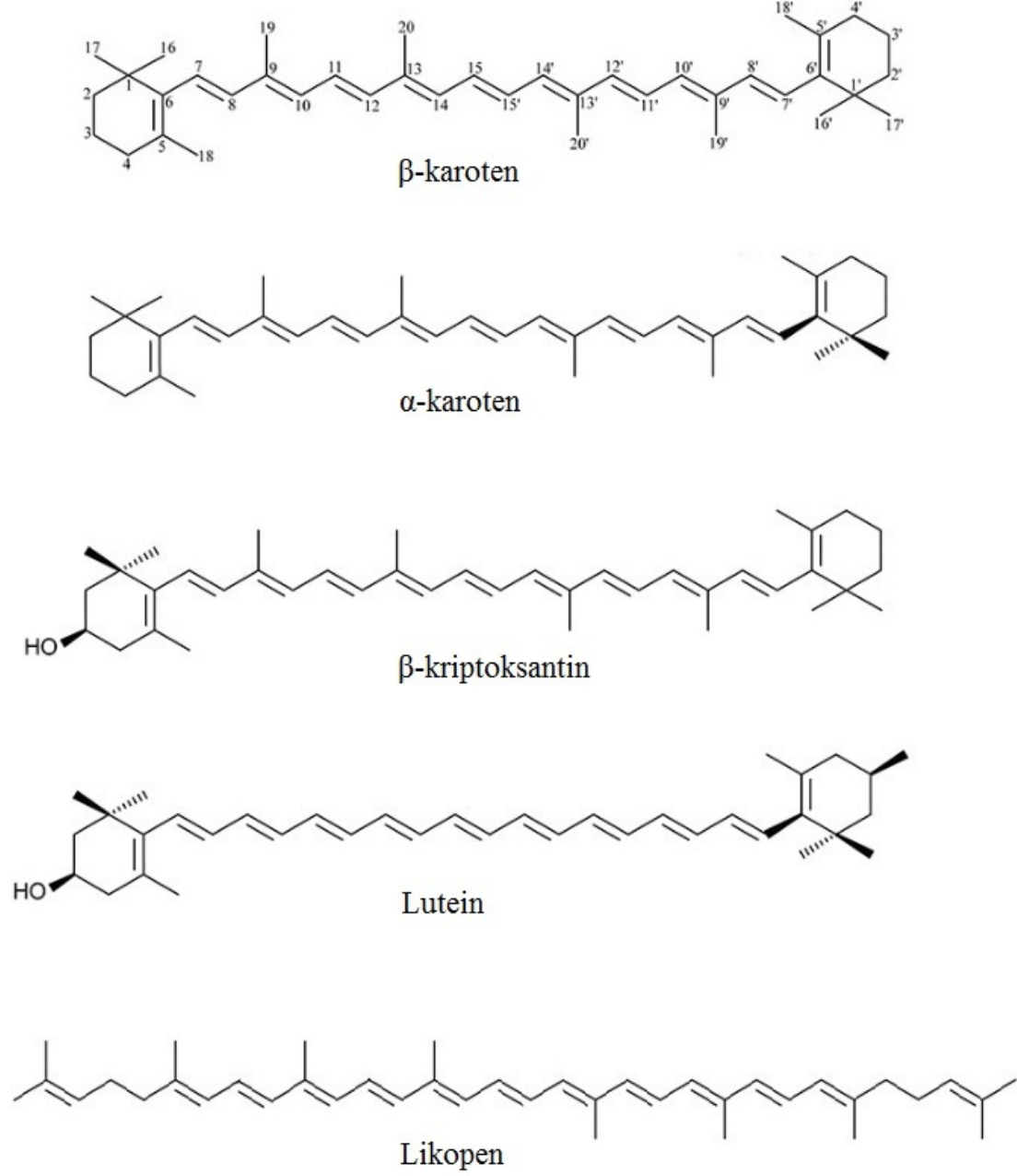
Karotenoidler konjuge çift bağlardan ve metil gruplarına bağlanan alifatik zincir yapıdan oluşmaktadır. Birbirlerine kovalent bağlarla bağlanmış izoprenlerden oluşan bu yapı Şekil 2.1.'de gösterilmiştir [34].



Şekil 2.1. Karotenoidlerin Poliizoprenoid Yapısı [34]

Karotenoidler yapılarına göre karotenler ve ksantofiller olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Karotenler apolar özelliktedir ve yapılarında karbon atomu bulunan hidrokarbonlardır. Başlıca karotenler;  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten ve likopendir. Ksantofiller ise daha polar özelliktedir ve yapılarında oksijen atomu bulunan hidroksi, karboksi, metoksi, epoksi ve keto formundadırlar. Başlıca ksantofiller;  $\beta$ -kriptoksantin, zeaksantin ve luteindir. Ayrıca karotenoidler zincir uçlarında halka yapısı bulunup bulunmamasına bağlı olarak siklik (halkalı) ve asiklik (halkasız) olarak da gruplandırılmaktadırlar. Siklik yapıdaki karotenoidler  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten,  $\delta$ -karoten ve  $\gamma$ -karotendir. Asiklik yapıdaki karotenoidler likopen, fitoen, fitofluen ve  $\zeta$ -karotendir [35,36]. Şekil 2.2.'de gıdalarda yaygın olarak bulunan bazı karotenoidlerin yapıları gösterilmiştir.





**Şekil 2.2.** Gıdalarda Yaygın Olarak Bulunan Bazı Karotenoidlerin Yapıları [37]

Karotenoidler bitkilerde serbest, yağda çözünmüş, yağ asitleriyle esterleşmiş ya da şekerlerle ve proteinlerle kompleks halde bulunabilirler [35,36]. Kaynama noktaları yüksektir ve 130°C ila 220°C arasında değişmektedir. Renklerine bağlı olarak 430-480nm dalga boyu aralığında maksimum absorbans değerleri göstermektedirler [35]. Karotenoidlerin okunduğu dalga boyları ( $\lambda_{\max}$ ) ve spesifik absorpsiyon katsayıları ( $A_{1\text{cm}}^{1\%}$ ) Çizelge 2.4. sunulmuştur [38].

**Çizelge 2.4.** Karotenoidlerin Seçili Çözücülerde Okunan Maksimum Dalga Boyları ( $\lambda_{\max}$ ) ve Spesifik Absorbsiyon Katsayıları ( $A_{1\text{cm}}^{1\%}$ ) [38]

<b>Karotenoid</b>	<b>Çözücü</b>	<b><math>\lambda_{\max}</math> (nm)</b>	<b><math>A_{1\text{cm}}^{1\%}</math></b>
Likopen	Hekzan	450	2560
$\beta$ -karoten	Hekzan	444	2800
$\alpha$ -karoten	Hekzan	472	3450
$\beta$ -kriptoksantin	Hekzan	451	2460
Zeaksantin	Hekzan	451	2480
Lutein	Etanol	445	2550

Yapraklarda ve kökte bulunan bazı karotenoidler bitkisel hormonlardan biri olan absisik asidin ön maddesidir. Bu bileşik büyüme düzenleyici bir hormondur [35]. Ayrıca karotenoidler bitkilerde ışığı absorbe etme, enerji aktarımı ve foto oksidasyona karşı bitkilerin korunmasında önemli rol oynarlarken, insan vücudunda ise savunma sisteminde antioksidan olarak görev alırlar [31,39].

Karotenoidler lipofilik yani suda çözünmeyen bileşikler olduğu için yağda veya kloroform, petrol eteri gibi organik çözücülerde çözünmektedir. Ayrıca çoklu doymamış yapıda olduklarından da ısı kararlılığına sahip değildirler ve proses ve depolama esnasında izomerizasyona uğrayabilirler. Çoğu karotenoid *all-trans* formunda bulunurken, ısı, ışık ve organik çözücü gibi etkilerle *cis* formuna da dönüşebilmektedir. Yapıda meydana gelen izomerizasyonlar bileşiğin konfigürasyonlarına dönüşmesine sebep olurken, bileşiğin fiziksel ve biyolojik özelliklerinde değişe neden olabilir. Örneğin, doğada  $\beta$ -karotenin 272 farklı *cis*-izomeri olduğu saptanmıştır [35]. *Cis*-izomerler kristal yapıda bulunmamalarından dolayı daha az kararlı olup *all-trans* izomerlerine göre kaynama noktaları daha düşüktür [40].

Kristal haldeki saf karotenoidler depolanırken çok az miktarda oksijen varlığında bile hızlı bir şekilde parçalanmaktadır. Sülfid ve metal iyonlarının varlığında oksidatif parçalanma hızlanmaktadır. Karotenoidlerin oksidasyonu sırasında birçok kompleks degradasyon ürünler oluşmaktadır. Oksidasyon sırasında ilk olarak epoksitler ve karbonil bileşikleri

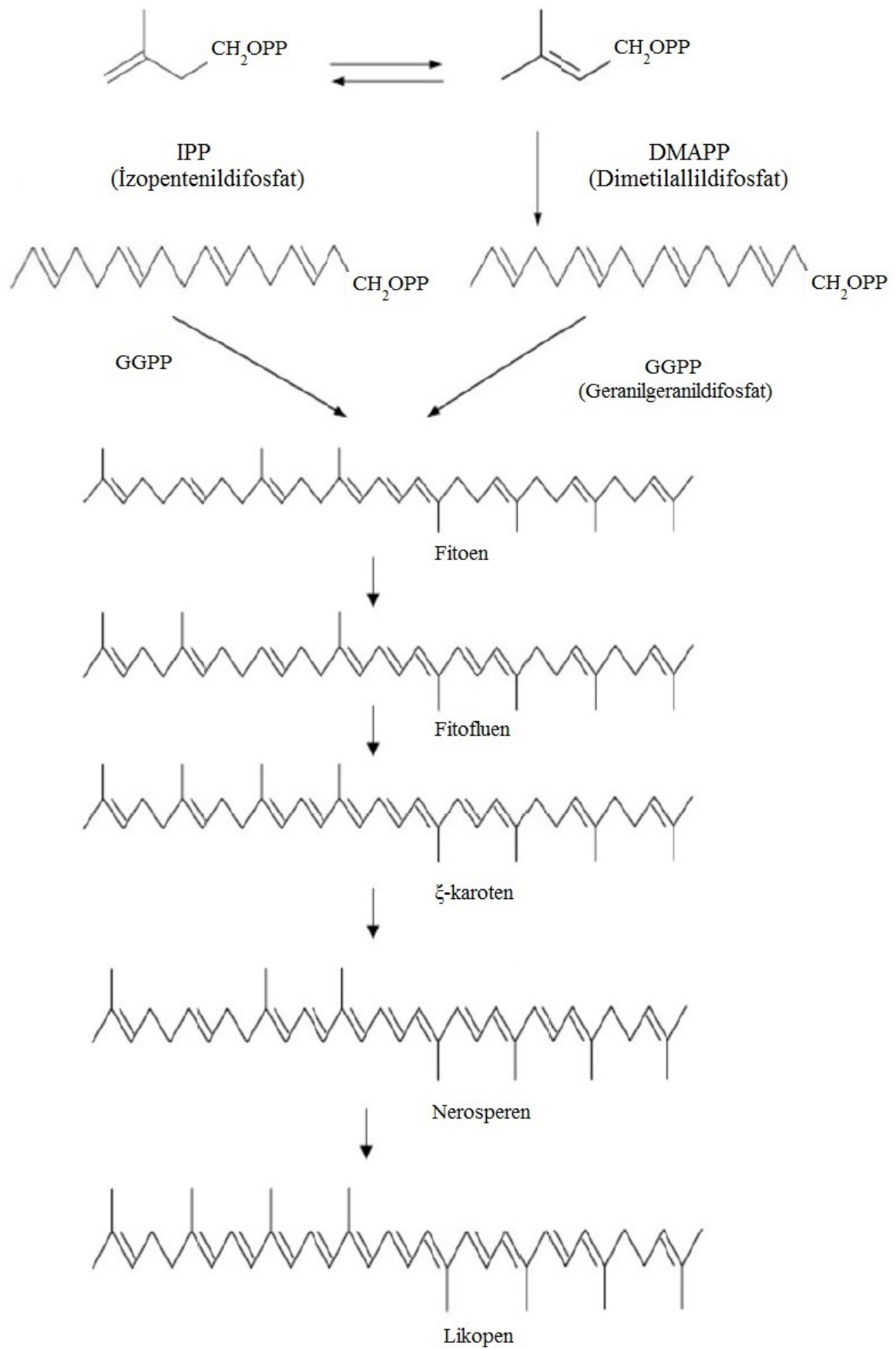
daha sonra ise oksijene ve epoksi- $\beta$ -iyonon içeren mono bileşikler oluşmaktadır. Oksidasyon karotenoid pigmentlerinin renginde solmaya neden olmaktadır [35].

Karotenoidler biyolojik açıdan provitamin A etkisi, antioksidan etki, antikanser etki, kardiyovasküler sistem üzerine LDL oksidasyonunu önleyici etki gibi oldukça önemli etkilere sahiptir [41].

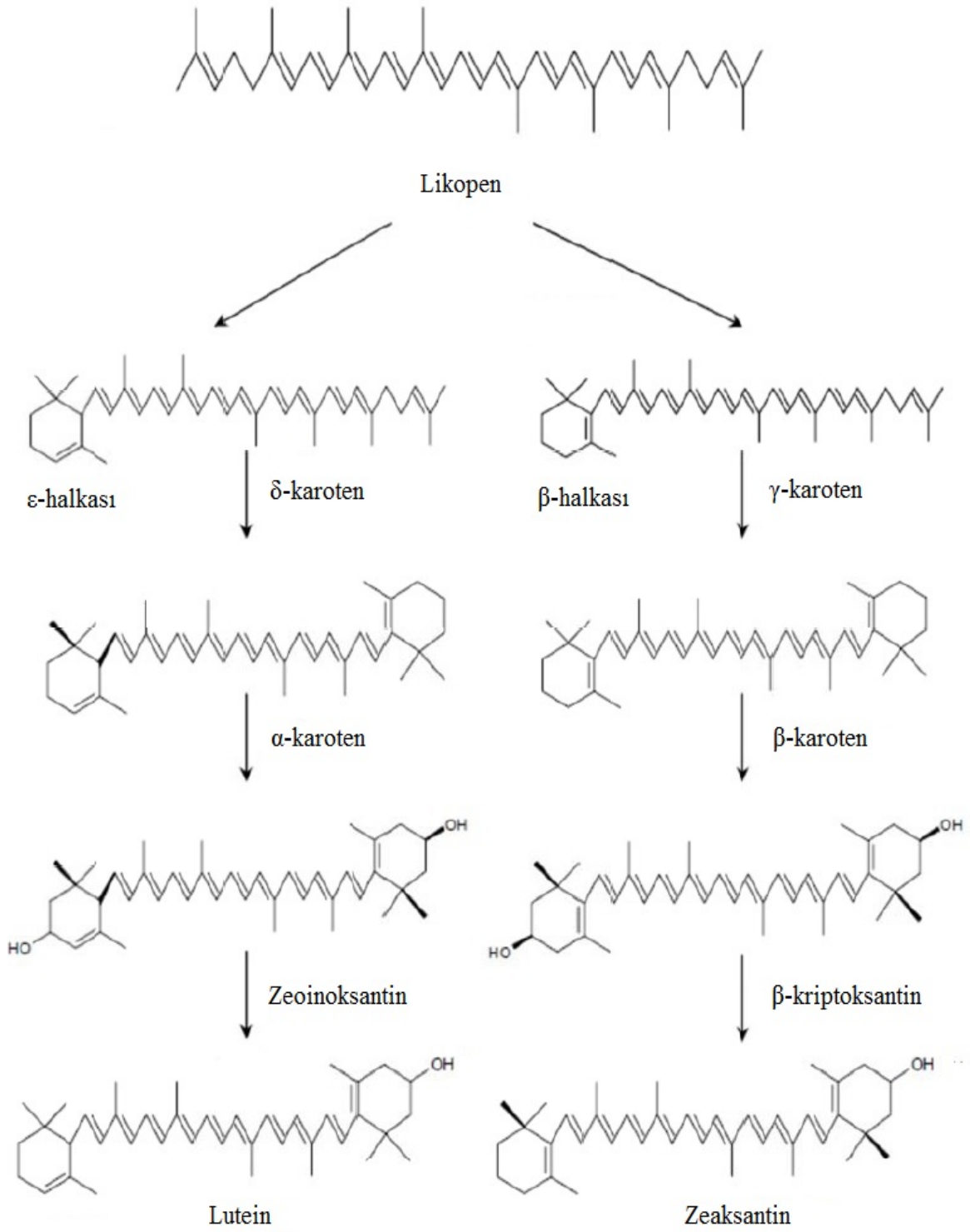
Doğada tanımlanan 600 karotenoidin arasında sadece 50 tanesi  $\beta$ -halkası içerir ve provitamin A aktivitesi gösterir. All-*trans*- $\beta$ -karoten, yapısındaki iki  $\beta$ -halkası ile bağırsakta 2 molekül retinale parçalanarak en yüksek provitamin A aktivitesi gösterir. İzomerizasyonun provitamin A aktivitesi üzerinde olumsuz etkileri bulunurken, antioksidan özelliği üzerinde değişen etkileri bulunmaktadır. [40]. Örneğin;  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten ve likopenin *cis* izomerleri all-*trans* konfigürasyonuna göre daha güçlü antioksidan etki gösterirken, zeaksantin all-*trans* formu *cis* izomeri formunun iki katı antioksidan aktivite göstermektedir [42]. *Cis* izomerlerin all-*trans* konfigürasyonuna göre daha polar, daha az kristal özellikte ve yağda daha fazla çözünür olmasının bu bulgularla ilgili olduğu düşünülmektedir [43].

### 2.3.1. Karotenoidlerin Biyosentezi

Karotenoidler plastit organellerinde izopentenildifosfattan (IPP) oluşmaktadır. Biyosentezin ilk basamağında IPP, dimetilallildifosfata (DMPPA) izomerize olmaktadır. Dimetilallildifosfatdan ise 20 karbonlu geranilgeranildifosfat (GGPP) ile geranilgeranildifosfatsentaz (GGPPsentaz) oluşmaktadır. 2 molekül geranilgeranildifosfatın kondensasyonu ile fitoen oluşmaktadır. Fitoen yapı açısından birbirine benzeyen  $\zeta$ -karoten, desturaz ve fitoen desturaz enzimleriyle bir takım desaturasyon reaksiyonlarına uğramaktadır. Her bir reaksiyonun sonunda hidrojen iyonları yapıdan ayrılır ve yeni bir çift bağ oluşarak sırasıyla fitofluen,  $\zeta$ -karoten, nörosperen ve en son olarak likopen meydana gelir. Likopenin oluşum mekanizması Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Likopen,  $\beta$ -karotenin yapısında olduğu gibi 2 adet  $\beta$ -iyonon halkası veya  $\alpha$ -karoten ve lutein yapısında olduğu gibi 1 adet  $\beta$ -iyonon halkası ve 1 adet  $\epsilon$ -halkası içeren karotenoidlerin oluşumu için iki ayrı halkalaşma reaksiyonuna uğramaktadır. Oksijenin yapıya katılmasıyla hidrokarbonlar ( $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten vb.) ksantofillere (zeinoksantin,  $\beta$ -kriptoksantin, v.b.) dönüşmektedir. Likopenin karoten ve ksantofillerin oluşum mekanizması ise Şekil 2.4.'te gösterilmiştir [44].



Şekil 2.3. Likopenin Oluşum Mekanizması [44]



Şekil 2.4 Likopenden Karoten ve Ksantofillerin Oluşum Mekanizması [44]

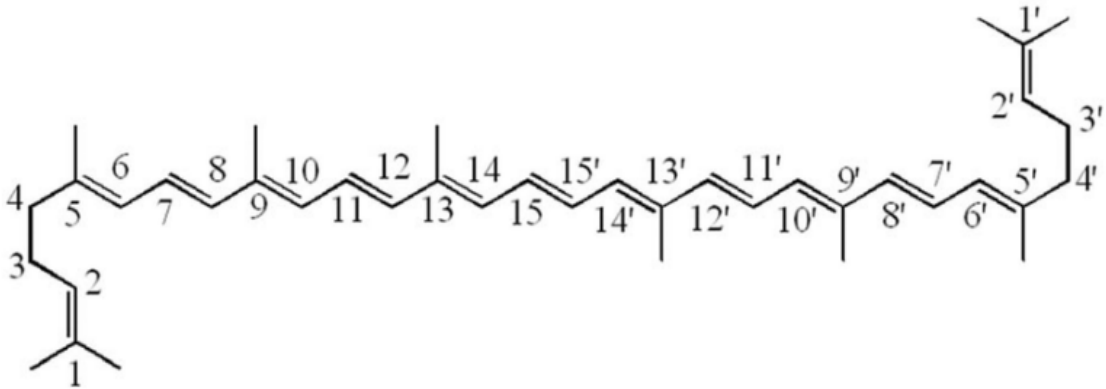
## 2.4. Likopen

Likopen, meyve ve sebzelere karakteristik kırmızı rengini veren doğal bir pigmenttir. Ayrıca bir C<sub>40</sub> polien olan bu karotenoid sadece bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından sentezlenir. En önemli karotenoidlerden biri olan likopen en çok domates (*Lycopersicon esculentum*) ve domates ürünlerinde bulunurken, kırmızı biber, karpuz, pembe greyfurt gibi meyve ve sebzelerde de yer almaktadır [45,46].

Likopenin de diğer karotenoidler gibi fonksiyonlarından biri, fotosentez sırasında ışığı absorbe ederek bitkileri foto duyarlılığa karşı korumaktır. İnsanlar ve hayvanlar likopeni sentezleyemez ve gıdalardan alması gerekir [47].

### 2.4.1. Likopenin Yapısı

Likopen tüm karotenoidler gibi C<sub>40</sub>H<sub>56</sub> asiklik yapısından türemiştir. 11 konjuge çift ve 2 konjuge olmayan bağlı, açık zincir yapısına sahip doğrusal (lineer), doymamış bir karotenoiddir [47,48]. Likopenin kimyasal yapısı Şekil 2.5.'te gösterilmiştir [37]. İki merkezi metil grubu 1,6 pozisyonunda iken diğerleri birbirinden bağımsız olarak 1,5 konumdadır. Konjuge çift bağlardan değişken uzunlukta bir seri kromofor oluşur. Likopenin antioksidan ve renklendirici özelliği onun uzun konjuge bağlar sisteminden oluşan yapısının sonucudur.



Şekil 2.5. Likopenin Kimyasal Yapısı [37]

Likopenin molekül ağırlığı 536,85 g/mol'dür. Erime noktası 172-175°C 'dir. Kristal yapısı kırmızı renkte, uzun ve iğne yapılıdır. Toz formu koyu kırmızı-kahverengi rengindedir. Likopen suda çözünmeyen, organik çözücü ve yağlarda iyi çözünen bir bileşiktir [49]. Likopenin karakteristik kırmızı rengi 444 nm, 470 nm ve 502 nm dalga boylarında maksimum absorpsiyon değeri vermesini sağlarken, elektronik olarak uyarılmış türlerden de enerji alabilme yeteneğini verir [50].

Likopen içeren besinlerin kurutulması sırasında; ışığın, oksijen geçirgenliğinin ve bazı metallerin bulunması durumunda likopenin oksidasyonuna ve izomerizasyonuna neden olduğu tespit edilmiştir. Depolama koşullarının depolama sıcaklığına, depolama süresine, ürünün nem miktarına, hava ve ışık koşullarına göre optimize edilmesi kayıpların önlenmesi açısından oldukça önemlidir [51].

Karotenoidlerin arasında likopen en etkili singlet oksijen tutuculardan biridir. Karotenoidlerin oksijen tutucu oranı sabitleri (Kq) arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Likopen,  $\beta$ -karoten ve  $\gamma$ -karoten bileşiklerinin yapıları karşılaştırıldığında,  $\beta$ -iyonin halkasının açılması likopenin tutuculuk etkisini önemli derecede artırmaktadır. En etkili antioksidanlardan biri olan likopenin singlet oksijeni yakalama kapasitesi  $\beta$ -karotenden 2 kat,  $\alpha$ -tokoferolden 10 kat daha fazladır [52-54].

#### 2.4.2. Likopen İçeren Besinler

En çok bilinen likopen kaynağı domates ve işlenmiş domates ürünleriyken, kırmızı biber, pembe greyfurt, karpuz ve kayısıda da likopen bulunmaktadır (Çizelge 2.5.) [55]. Likopen en bol domateste bulunur ve içerdiği pigmentlerin yaklaşık %80-90'ını oluşturur. Taze domatesin likopen içeriği türüne, olgunluğuna ve yetiştiği çevresel faktörlere göre değişmektedir [56]. Likopenin ısı ile çözünürlüğünün arttığı ve yağda iyi çözüldüğü bilinmektedir. Bu yüzden likopen içeren besinler ısıl işlem görmüş halde ya da yağlı olarak tüketildiğinde bu antioksidan vücut tarafından daha fazla absorbe edilir [57].

**Çizelge 2.5.** Likopen İçeren Besinler ve Likopen İçerikleri [58]

Likopen İçeren Besinler		Likopen Miktarı (mg/kg)
Domates	Taze, Kırmızı	31,0-77,4
	Kabuğu Soyulmuş, İşlenmiş	112,1
	Salça	300,7
	Ketçap	166,0
Kırmızı Biber	İşlenmiş	10,8-26,2
Kayısı	Taze	0,05
	Kurutulmuş	8,6
Pembe Greyfurt	Taze	33,6
Karpuz	Kırmızı	41,0

### 2.4.3. Likopenin İnsan Sağlığı Açısından Önemi

Son yıllarda yapılan çalışmalarda yüksek likopen içerikleri nedeniyle antioksidan olarak kabul edilen domates ve domates ürünlerinin sağlık ve beslenme üzerine oldukça faydalı etkilerinin olduğu gösterilmiştir [59]. Likopen serbest radikallerin zararlarını azaltan veya ortadan kaldıran bir maddedir. Likopen karotenoidlerin içinde iyi bir serbest radikal süpürücüdür ve DNA hasarlarına karşı koruyucu özellikleri bulunur [60]. Likopen  $\beta$ -iyonon halka yapısının olmamasından dolayı pro-vitamin A aktivitesi göstermez [61]. Likopen tekli ve konjuge çift bağlı bir sistem olan 40 karbon grubun (C=C) kuyruk kuyruğa bağlanarak tetraterpen yapısından oluşur. Bu özellik onun singlet oksijenleri (O<sub>2</sub>) toplamalarına olanak sağlar. Bu radikalleri toplama özellikleri sayesinde kanser ve kalp hastalıkları gibi rahatsızlıklara karşı koruyucu etkilerinin olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir [62, 63]. Ayrıca likopen, hücre metabolizmasını geliştirmekte ve hücreler arasındaki bağları güçlendirmektedir. Yağda çözüldüğü için yağ miktarı fazla olan doku ve organlarda etkinliği artar. Cilt gibi yağ içeriği oldukça fazla bir organa antioksidan etki gösterdiği saptanmıştır. Diğer bir yararlı etkisi ise ultraviyole ışınlarına karşı koruma sağlamasıdır. Likopenin aynı zamanda kolesterol düşürücü özelliği de vardır [64,65]. Yapılan in vitro hücre kültürü çalışmalarına göre; likopen, hücre proliferasyonunu, transformasyonunu ve mikro çekirdek oluşumunu inhibe etmektedir. Bu özelliği sayesinde kansere karşı koruyucu olduğu görülmektedir [66]. Göğüs, rahim, karaciğer, prostat gibi kanserlerinden koruyan, Alzheimer hastalığını önleyen, kemik ve cilt sağlığı açısından koruyucu, kalp damar hastalıkları önleyici etkisi bulunan likopen ayrıca antioksidan etkisiyle de yaşlanma sürecini yavaşlatmaktadır [64,65].

### 2.5. Kurutma

Kurutma işlemi gıda endüstrisinde kullanılan çoğu hammaddenin ve ürünün yapısı büyük miktarlarda su içerdiği için kullanılmaktadır. Örneğin, sütün %83'ü suysen, sebze ve meyveler %98'lere varan oranlarda su içerir. Evaporasyon yani kurutma en basit tanımıyla suyun uzaklaştırılmasıdır. Suyun yapıdan uzaklaştırılması için sıvı ve katı arasındaki uçuculuk farkından yararlanır. Kurutma yardımıyla hacim ve ağırlık azaltıldığından dolayı birçok avantajı vardır. Bu avantajlar aşağıdaki gibi özetlenebilir [67];

- Ürünün işlenmesi için gerekli olan enerjiden tasarruf sağlanır,
- Taşımada, depolamada ve ambalajlamada maliyet düşürülür,
- Ürünün koku, tat ve renk özelliklerini yoğunlaştırır,



- Ürünün mikrobiyolojik yönden bozulmasını önleyerek dayanıklılığını artırır [67].

## 2.6. Ekstraksiyon

Ekstraksiyon; sabit sıcaklıkta ve sabit basınçta katı veya sıvı fazda bulunan bileşen/bileşenlerin, çözünürlük farkından yararlanarak başka bir sıvı faza alınması işlemidir. Katı-sıvı ekstraksiyonu ve sıvı-sıvı ekstraksiyonu olmak üzere iki şekilde gerçekleşir.

**Sıvı-Sıvı Ekstraksiyonu;** sıvı bir çözücü içinde bulunan bileşenin o çözücüyle karışmayan başka bir çözücü yardımıyla elde edilmesidir. Örneğin, suda çözünmüş olan organik bir maddenin sudan daha çok çözünebildiği ve su ile karışmayan eter veya kloroform gibi organik bir çözücüyle ekstrakte edilir. Yoğunluk farkına dayanarak da bu iki çözücü birbirinden ayrılabilir [68].

**Katı-Sıvı Ekstraksiyonu;** çözücü yardımıyla katıdan istenilen bir maddenin özütlenmesi işlemidir. Bitki ekstraktlarının elde edilmesinde saflaştırma yöntemi olarak da kullanılır. Sıvı-sıvı ekstraksiyona göre daha uzun bir işlemdir. Sıvı-sıvı arasındaki difüzyon hızı katı-sıvı arasındaki difüzyon hızına göre daha fazladır [69]. Katı-sıvı ekstraksiyonuna etki eden faktörler dört ana grupta toplanmıştır. Bunlar; çözücü, parçacık büyüklüğü, sıcaklık ve sıvı/katı oranıdır.

### Çözücü

Ekstraksiyon işleminde kullanılacak çözücü, istenilen bileşeni çözebilen ve istenmeyen bileşenleri çözmeyen yapıda yani seçici olmalıdır. Çözücü miktarı katının miktarına göre ayarlanmalıdır. Bu işlem hızlı ve kolay uygulanabilmelidir. Çözücünün aynı zamanda istenilen maddeyi çözme hızının ve kapasitesinin de yüksek olması istenir. Ayırma işlemi de kolaylıkla yapılabilirdir. Ekstraksiyonda işlem maliyeti açısından ucuz ve kaynama noktası düşük olan çözücüler kullanılmalıdır [70]. Ekstraksiyonda yaygın olarak kullanılan çözücüler ve özellikleri Çizelge 2.6.'da sunulmuştur.

**Çizelge 2.6.** Ekstraksiyonda Yaygın Olarak Kullanılan Çözücüler ve Özellikleri [71,72]

Çözücü	Dielektrik Sabiti <sup>a</sup>	Kaynama Noktası (°C)	Yoğunluk	Yanıcılık <sup>b</sup>	Toksiklik <sup>b</sup>	Uygunluk
Hekzan	1,9	68,7	0,65	+++	+	Polar bileşikler için zayıf çözücü.
Benzen	2,3	80,1	0,87	+++	+++	Genel kullanımlar için aşırı toksik, emülsiyona meyilli.
Eter	4,3	34,6	0,71	+++	+	Özellikle oksijen içeren bileşikler için iyi çözücü, uzun süreli saklamada peroksit oluşumuna meyilli
Kloroform	4,8	61,7	1,48	-	+++	Kolay uzaklaştırılır, toksik, emülsiyona meyilli.
Etil Asetat	6,0	77,1	0,89	+++	+	Polar bileşikler için uygun, suyu absorblayabilir.
Diklorometan	8,9	39,7	1,31	-	++	Genel kullanımlar için iyi bir çözücü, emülsiyona az meyilli.
l-Butanol	17,5	117,7	0,81	++	+	Polaritesi çok yüksek bileşenler için son çare olarak kullanılır.

a Dielektrik sabiti çözücünün polaritesi hakkında bilgi vermesine rağmen, çözücünün her zaman polar organik bileşikleri çözebileceğini göstermez.

b + en az yanıcı/toksik, +++ en fazla yanıcı/toksik

### **Tanecik Boyutu**

Teorik olarak kütle transferi, katı sıvı arasındaki ara yüzeyin artmasıyla doğru orantılıdır. Ara yüzey ise tanecik boyutunun küçültülmesi yani öğütme işlemiyle artırılabilir. Öğütme işleminin bitkisel hücrelerin parçalanmasından dolayı ekstraksiyon hızına olumlu etkisi olacaktır. Ancak küçük tanecik boyutu ayırma ve filtrasyon işlemlerinde sıkıntı yaratabilmektedir [70].

## **Sıcaklık**

Birçok maddenin bir çözücü içerisindeki çözünme hızı ve çözünürlüğü sıcaklığın artmasıyla artmaktadır. Bu yüzden ekstraksiyon işlemi genellikle o çözücünün kaynama noktasında ya da yakın sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Aynı zamanda yüksek sıcaklıklar çözücü kaybına sebep olabileceğinden sistemde gerekli tedbirler alınmalıdır [70].

## **Sıvı/Katı Oranı**

Sabit miktardaki bir katının ekstraksiyonunda çözücü miktarının artırılmasıyla (sıvı/katı oranının azaltılmasıyla), çözücüye geçen madde miktarı ve ekstraksiyon verimi artacaktır. Fakat ekstraksiyon sonunda daha seyreltik çözünün buharlaştırılması için daha fazla enerjiye gerek duyulacaktır [70].

### **2.6.1. Katı-Sıvı Ekstraksiyon Yöntemleri**

Katı-sıvı ekstraksiyonu, bitkilerden değerli bileşenlerin elde edilmesi için kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Bir arkeolojik kazıda Mezopotamya'daki MÖ 3500 yıllarına ait 33 tıbbi ve kozmetik uygulamalarında kullanılan bitki ekstraktı bulunmuştur. Ayırma işlemlerinde en çok kullanılan yöntem katı-sıvı ekstraksiyonudur [69].

Katı-sıvı ekstraksiyon yönteminde, öğütülmüş katı örnek sıvı çözücü ile muamele edilerek katı matriksin sıvı çözücüye geçişi sağlanır. Katı-sıvı ekstraksiyonun ana aşamaları;

- Çözücünün katı matriksin içine geçmesi,
- Bileşenlerin çözünmesi veya ayrışması,
- Çözünen bileşenin katı matriksin dışına çıkması,
- Çözünen bileşenin katı matriksin dış yüzeyinden çözeltiye geçmesi,
- Ekstraktın katıya göre hareketi,
- Ekstraktın ve katının ayrılmasıdır [73].

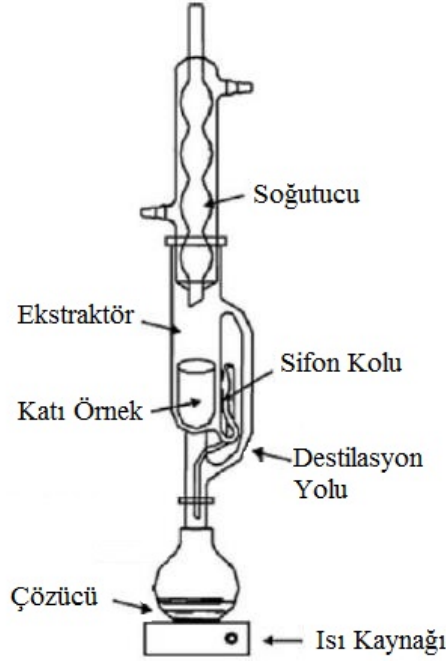
Ekstraksiyon süresini kısaltan, çözücü tüketimini azaltan ve çevre kirliliğine sebep olmayan ekstraksiyon yöntemlerine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Değerli bileşenlerin elde edilmesinde klasik kesikli karıştırmalı ve sokslet ekstraksiyonlarının yanı sıra, daha hızlı ve etkili mikrodalga destekli, ultrason destekli ve süperkritik ekstraksiyon yöntemleri de önemli ölçüde kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde yüksek sıcaklık ve/veya yüksek basınç gibi parametrelerle çalışılabildiğinden, ekstraksiyon süresi kısaltmakta ve ekstraksiyon verimi artmaktadır [74,75].

### **2.6.1.1. Kesikli Karıştırılmalı Ekstraksiyon**

Kesikli karıştırılmalı ekstraksiyon genellikle laboratuvar çalışmalarında sıkça kullanılan ucuz ve uygulaması kolay bir ekstraksiyon yöntemidir. Bu yöntem, ekstrakte edilecek maddeyi içeren katı matriks çözücü ile doğrudan temas ettirilerek uygulandığı için, az miktarda çözücü kullanılması ve karıştırma sisteminin olması gibi önemli avantajlara sahiptir. Ancak bu yöntemin ekstraksiyon sonrası filtrasyon gerektirmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

### **2.6.1.2. Sokslet Ekstraksiyonu**

Sokslet ekstraktörü; Franz von Soxhlet tarafından 1879 yılında katı bir numuneden yağ ekstrakte edilmesi için icat edilmiştir. Yağ ekstrakte etmek amacıyla tasarlanmış olsa da bu ekstraktör bir bileşimin katıdan ekstrakte edildiği her koşulda kullanılabilir. Genellikle, Sokslet ekstraktörüne kuru deney örneği filtre kağıdının içine yerleştirilerek konur. Ekstraktör düzeneğinde çözücü konan cam bir balona yoğunlaştırıcı takılır. Çözücü alttan ısıtılırken buharlaşma gerçekleşir. Buharlaşan çözücü yoğunlaştırıcıya doğru ilerler ve burada yoğunlaşarak katı numunenin üzerine düşer. Ekstraksiyonun gerçekleştiği ve örneğin bulunduğu tüpün içinde yoğunlaşan çözücü tam olarak dolduğunda, bypass kolu en yüksek seviyeye ulaşır ve sifon olarak çözücü cam balona geri boşalır. Bu yoğunlaşma, birikme ve sifon döngüsü sürekli olarak tekrar edilebilir. Her buharlaşma esnasında saf çözücü yükselir ve her döngü sırasında, örnekten istenilen bir miktar bileşen çözücüye geçer. Isıtılan cam balona sifon ile ulaşan bileşen orada kalır ve döngüye tekrar katılmaz. Bu durum, sokslet ekstraksiyonunun en önemli avantajıdır. Bu yüzden, klasik yöntemlerle karşılaştırıldığında sokslet ekstraksiyonunun verimi daha yüksektir. Sokslet ekstraktörünün şematik gösterimi Şekil 2.6.'da verilmiştir [76].

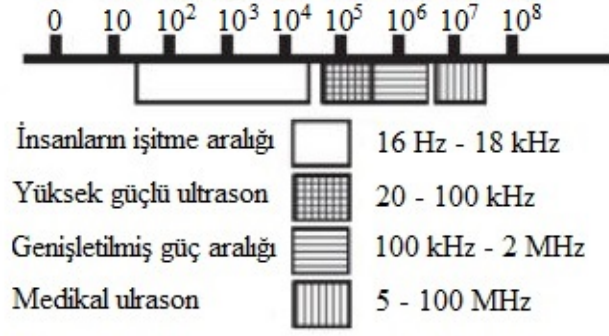


Şekil 2.6. Soxhlet Ekstraktörü [76]

Soksalet ekstraksiyonu katı örneğin karakterine ve tanecik boyutuna oldukça bağlıdır. Tanecik boyutu iç difüzyonda oldukça etkilidir. Basit, etkili ve ucuz bir yöntemdir. Bu yöntemin en önemli avantajlarından biride filtrasyona ihtiyaç duyulmamasıdır. Fakat bunların yanında uzayan ekstraksiyon süreleri, çalkalama işleminin olmaması, çok miktarda çözücüye ihtiyaç duyulması ve yüksek sıcaklıklarda bozulmaya müsait olan bileşiklerin ekstrakte edilememesi bu yöntemin dezavantajları olarak gösterilebilir. Genel olarak bakıldığında, geçmişten günümüze narın bitkilerden değerli bileşenlerin eldesinde kullanılan etkili ve tekrarlanabilirliği yüksek bir yöntemdir [75].

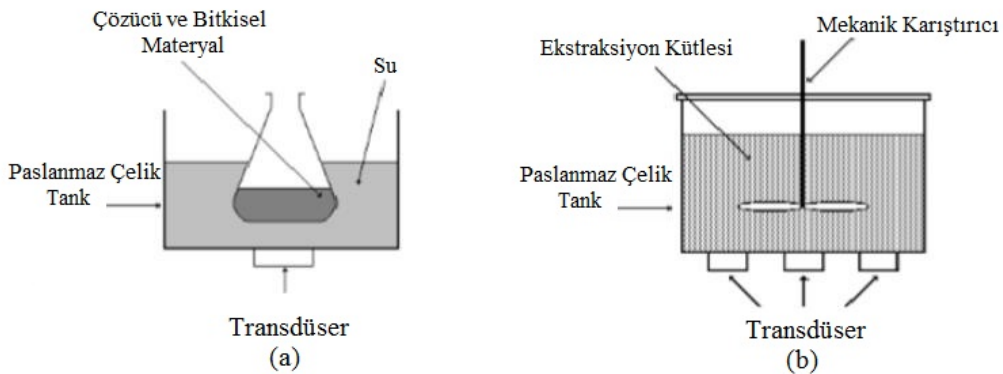
### 2.6.1.3. Ultrason Destekli Ekstraksiyon

Saniyede 20.000 ve üstü titreşim gerçekleştirerek ses dalgalarıyla enerji meydana getirilmesine ultrason denir. İnsanların duyabileceği frekans aralığı 20 Hz ile 20 kHz iken, ultrasonik ses dalgaları frekans aralığının üzerinde ve 20 kHz ile 10 mHz aralığındadır. Gıda sanayinde kullanılan ultrason uygulamaları genellikle 20 kHz ile 1 MHz frekans aralığındadır. Ses dalgası tipleri Şekil 2.7.'de verilmiştir [77].



**Şekil 2.7.** Ses Dalgası Tipleri [77]

Ultrason cihazları alternatif akımı transdüser yardımıyla mekanik titreşimlere dönüştürürler. Ultrason destekli ekstraksiyon çalışmalarında en çok dolaylı ultrasonik banyo ve proflu doğrudan ultrasonik banyo kullanılmaktadır [78]. Dolaylı ve doğrudan ultrason uygulamalarının şematik gösterimi Şekil 2.8.'de verilmiştir. Dolaylı (indirekt) ultrason banyolar, bir ya da daha fazla transdüseri olan paslanmaz çelik tanklardır. Ultrason banyoları kullanımı kolay, çok amaçlı uygulamalara uygun ve ucuz cihazlardır. Tank belirli bir sıvı ile doldurulur ve ultrason işlemi uygulanacak örnek tank içine yerleştirilir. Örneğe uygulanan güç genellikle  $1-5 \text{ W/cm}^2$  aralığındadır. Ultrasonik banyolar da büyük hacimdeki uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu uygulamanın en büyük dezavantajı tankın içinde bulunan sıvının uygulama esnasında ısınmasıdır. Doğrudan (direkt) problu ultrasonik banyolar tankın içerisinde doğrudan katı-sıvı karışıma etki ederek uygulanır. Bu yöntem genellikle küçük hacimli çalışmalarda kullanılır ve daha fazla güç gerektirir. Bu yöntemin en büyük avantajı ise düşük ultrason dalgalarıyla lokalize enerjinin sağlanmasıdır [77-79].



**Şekil 2.8.** Dolaylı (a) ve Doğrudan (b) Ultrason Uygulamalarının Şematik Gösterimi [80]

Ultrason destekli ekstraksiyon kolay ve ucuz ekipmanlarla uygulanabilen bir yöntemdir. En önemli avantajı ise ekstraksiyonun en az bozulmayla hedeflenen bileşenin en yüksek düzeyde elde edilmesi ve yüksek verimle çalışılabilmesidir. Ultrason kütle transferini hızlandırır ve böylece daha kısa sürede ekstraksiyon sonuçlanır. Klasik ekstraksiyon yöntemlerine göre daha az çözücüye ihtiyaç duyulur [81-83]. Ayrıca ultrason destekli ekstraksiyon yöntemi bitkilerin ekstraksiyonunda hücrelerin parçalanarak penetrasyonunu da artırır [84].

Kesikli karıştırmalı, soksalet ve ultrason destekli ekstraksiyon tekniklerinin avantajları ve dezavantajları Çizelge 2.7.'de karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 2.7.** Kesikli Karıştırmalı, Soksalet ve Ultrason Destekli Ekstraksiyon Tekniklerinin Avantajları ve Dezavantajlarının Karşılaştırılması

<b>Ekstraksiyon Teknikleri</b>	<b>Avantajları</b>	<b>Dezavantajları</b>
Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonu	Karıştırma işleminin olması Ekstraksiyon süresinin kısa olması Fazla miktarda katı örnek ile çalışılabilmesi Basit ve ucuz bir yöntem olması	Filtrasyona gerek duyulması Büyük hacimlerde çözücü kullanılması
Soksalet Ekstraksiyonu	Katı örneğin her beslemede taze doymamış çözücü ile etkileşmesi Yüksek sıcaklıklarda (çözünün kaynama noktasında) çalışılabilmesi İşlem sonucunda filtrasyona ihtiyaç duyulmaması Fazla miktarda katı örnek ile çalışılabilmesi Basit ve ucuz bir yöntem olması	Ekstraksiyon süresinin uzun olması Büyük hacimlerde çözücü kullanılması Ekstrakte edilen bileşenin uzun süreler sıcaklığa maruz kalarak bozulabilmesi Karıştırma işleminin olmaması
Ultrason Destekli Ekstraksiyon	Karıştırma işleminin ses dalgalarıyla olması Ekstraksiyonun çok kısa sürmesi Fazla miktarda katı örnek ile çalışılabilmesi Basit ve ucuz bir yöntem olması	Filtrasyona gerek duyulması Büyük hacimlerde çözücü kullanılması

## 2.7. Vakumlu Buharlaştırma

Ekstraksiyon işlemi sonrası elde edilen ürün süzildükten sonra, hem çözücüyu uzaklaştırmak hem de saflaştırmak için vakumlu buharlaştırma uygulanır.

Bir sıvı ancak kendisinin buhar basınç çevre basıncına ulaştığında kaynama gerçekleşir. Yüksek sıcaklıklarda kaynayan sıvıların buharlaştırılmasında, kaynama sıcaklığının düşürülmesi için alçak basınç kullanılır. Vakumlu buharlaştırma yönteminde sıvının düşük sıcaklıklarda kaynaması için vakum ile alçak basınç uygulanır. Bir vakumlu döner buharlaştırıcı da vakum pompasıyla hem basınç düşürülür hem de buharlaşan sıvının emilip kondansatöre gelerek yoğunlaştırılması sağlanır. Buharın yoğunlaşmasıyla elde edilen çözücü sıvı sistemden atılabileceği gibi istenirse başka bir kaptaki da toplanabilir [67]. Vakumla buharlaştırma aynı zamanda bir saflaştırma yöntemi olarak da kullanılmaktadır. Ekstraksiyon gibi çözücü ile çalışılan yöntemlerde çözücülerin geri kazanımı sağlanmış olur.

## 2.8. Optimizasyon (Yanıt Yüzey Yöntemi, RSM)

Endüstriyel boyutlarda bir işletmenin tasarlanmasının, beraberinde büyük sorunlar getirdiği de bilinmektedir. Bu sorunların başında, kurulacak olan prosesin en uygun şartlarda çalıştırılması ve istenilen kalitede ürünün elde edilmesi için hızlı ve ekonomik yöntemlerin sağlanması gelmektedir. Biyoteknolojik prosesler açısından bakıldığında, bir işletmede istenilen kalitede ve yüksek verimde ürün elde edilmesi için pH, sıcaklık, basınç, derişim vb. gibi ayarlanabilen parametrelerin önem kazandığı belirtilmiştir. Bu parametreler için en uygun değerlerin belirlenmesi için çok fazla ön deney yapılması gerektiği bilinmektedir. Bu deneyler uzun bir süreç gerektirmekte, hammadde ve maliyeti de artırmaktadır. Bir proseste; eğer gerçekleştirilecek işlem mekanizması hakkında bir ön bilgi var ise, bu durumda sınır şartları belirlenerek, sonuç arasında bir mekanistik model kurulabilir [85].

RSM bilimsel araştırmaların ve mühendislik problemlerinin çözümüne yönelik sıkça başvurulan bir yöntemdir. Bu yöntem matematiksel ve istatistiksel verileri bir arada değerlendirir. Bu yöntemin endüstride pek çok uygulama alanı olduğu gibi, literatür çalışmalarında da en uygun deney şartlarını belirlemek için sıkça kullanıldığı belirtilmiştir [86]. Bunun yanı sıra RSM, yeni ürünlerin tasarlanması, geliştirilmesi ve formüle edilmesi için ve ayrıca var olan ürünlerin iyileştirilmesi için de kullanılabilir. Sistem koşullarının optimizasyonu, daha verimli proses ve daha az maliyet bakımından büyük avantajlar sağlar [87]. Genel olarak yanıt yüzey yöntemi 4 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;



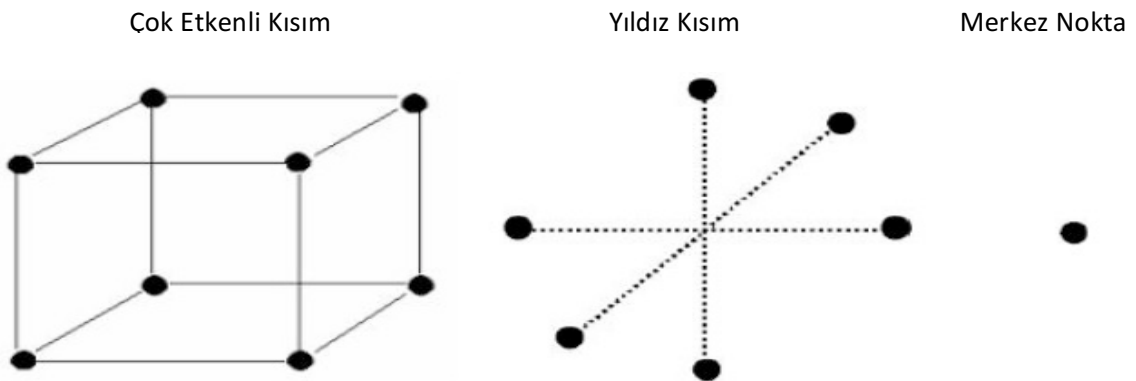
1. Deney Tasarımı
2. Matematiksel Modelleme
3. Model Doğrulama
4. Optimizasyon

### 2.8.1. Deney Tasarımı

Geleneksel deney tasarım yöntemlerinde her bir parametrenin deney üzerindeki etkisi araştırılırken, diğer parametreler sabit tutulur ve bir seferde sadece tek parametre incelenebilir. Bu durum bütün parametrelerin aynı anda incelenmesine olanak sağlamaz. Bu yüzden deney sayısının azaltılması, hammaddenin verimli kullanılmasıyla ve aynı zamanda süreden ve maliyetten tasarruf sağlanması için sistemin incelenen cevabının ölçülmesini sağlayacak deneylerin tasarlanması gerekmektedir [88].

RSM uygulamalarında ön veri toplama evresi oldukça önemlidir. Yanıt modellerini oluşturabilmek için gerekli veriler genellikle tam faktöriyel, kesirli faktöriyel ve merkezi kompozit tasarım gibi istatistiksel deney tasarımı yöntemleri ile elde edilir [89].

Bir merkezi kompozit tasarım yöntemi aşağıdakilerden oluşmaktadır (Şekil 2.9.) ;



Şekil 2.9. Merkezi Kompozit Tasarımının Kısımları [88]

Bir MKT'nin en büyük avantajı, deneysel tasarıma olanak vererek sadece ana küp köşe noktalarını kullanmamasıdır [88].

### 2.8.2. Matematiksel Modelleme

Sonuç modeli, bağımsız değişkenlerin değiştirilmesiyle elde edilen sonuçlardan üretilerek ve istatistiksel tekniklerin birleşiminden oluşan çoklu regresyonla analiz edilerek oluşturulur. Regresyon ve korelasyon analizleri, en verimli deney koşullarını belirlemek

için kullanılan istatistiksel yöntemlerdir. Sonuç olarak oluşturulan model, sistem değişkenlerini ve deney sonuçlarını içeren matematiksel bir ifadedir. Geliştirilen model, seçilen bağımsız değişkenlerin aralığına göre, düşük ya da yüksek dereceli bir polinom şeklinde oluşabilir [90].

### **2.8.3. Model Doğrulama**

Matematiksel model seçildikten sonra bu denklemin sistemi ne derece açıkladığının ve bu modeli kullanarak yapılacak tahminlerin hassasiyetinin incelenmesi gerekmektedir. Seçilen modelin matematiksel olarak uygunluğu ve gerçek ortalama yanıtı uygunluğu test edilmelidir. Bu amaçla, incelenen parametrelerden bir veya birkaç tanesi değiştirilerek, elde edilen doğrulama deneyleri yapılarak sonuçlar modelden elde edilenlerle karşılaştırılabilir ve aralarındaki hatanın kabul edilebilir sınırlar içinde olması durumunda modelin sistemi temsil ettiği söylenebilir [88].

### **2.8.4. Optimizasyon**

Optimizasyon, sistem tasarımlarını daha verimli hale getirmek için kullanılmaktadır. Herhangi bir optimizasyon prosedürü, genellikle hedef fonksiyonu adı verilen önceden tanımlanmış kriterleri maksimize veya minimize etmek için karar (bağımsız) değişkenleri adı verilen belirlenen koşulların değiştirilmesini içerir. Yanıt Yüzey Yöntemi kullanılarak sistemi temsil eden matematiksel model yardımıyla optimizasyon yapılabilir. [88].

### 3. DENEY SİSTEMİNİN MATEMATİKSEL TANIMLANMASI

#### 3.1. Ekstraksiyonla Likopen Eldesinin Matematiksel Tanımlanması

##### 3.1.1. Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Ekstrakte Edilebilir Likopen Kapasitesi(q)

Kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda herhangi bir anda ekstraksiyonda kullanılan çözücüye geçen likopen derişimi, C, kullanılan her bir çözücü için çözücüye ait spesifik likopen absorpsiyon katsayısı ile birlikte Eşitlik 3.1.'de tanımlanmıştır.

$$C = \frac{A_{\lambda \max} * 10^4}{A_{1\text{cm}}^{1\%}} \quad (3.1.)$$

Burada;

- C : Herhangi bir anda atıktan çözücüye geçen likopen derişimi (mg likopen/L çözücü)
- $A_{\lambda \max}$  : Herhangi bir anda kullanılan ekstraksiyon çözücüsünün spesifik dalga boyunda okunan absorbans değeri
- $A_{1\text{cm}}^{1\%}$  : Kullanılan ekstraksiyon çözücüsünün spesifik likopen absorpsiyon katsayısı (1cm'lik ışık yollu UV kuvarts küvet kullanılarak %1'lik saf likopen çözeltisinin, çözücünün spesifik dalga boyundaki absorbans değeri)

Herhangi bir anda birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı, q, Eşitlik 3.2. ile tanımlanmıştır.

$$q = C \frac{V}{M} \quad (3.2.)$$

Burada;

- q : Herhangi bir anda birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı (mg likopen/kg kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı)
- V : Ekstraksiyonda kullanılan çözücü hacmi (mL)
- M : Ekstrakte edilen kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı miktarı (g)
- Ekstraksiyonun bitiminde ulaşılan kararlı durumda (dengede) birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı ise  $q_{\text{den}}$  (mg/kg) olarak tanımlanmıştır.

### 3.1.2. Başlangıç Ekstraksiyon Hızı

Atıktan çözücüye geçen likopen derişimi C'nin t ile değişim eğrisinin t=0 anındaki eğim değeri başlangıç ekstraksiyon hızını (h) verir ve Eşitlik 3.3. ile tanımlanır.

$$h = \left. \frac{dC}{dt} \right|_{t=0} \quad (3.3.)$$

### 3.1.3. % Likopen Verimi

Kırmızı biber salçası fabrika atığından ekstraksiyonla likopen eldesinde % likopen verimi (g likopen/ g kuru atık) Eşitlik 3.4. ile tanımlanmıştır.

$$\% \text{ Likopen Verimi} = \frac{(C_{den}/10^6)V}{M} * 100 \quad (3.4.)$$

Burada;

$C_{den}$  : Ekstraksiyonun bitiminde kararlı duruma ulaşıldığında çözücüye geçen toplam likopen derişimi (mg likopen/L çözücü)

### 3.1.4. Ekstraksiyon Kinetiğinin Tanımlanması

Kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda, genel olarak bitkilerden antioksidan niteliğindeki maddelerin, polifenollerin, uçucu yağların ve pigmentlerin katı-sıvı ekstraksiyonlarına uygulanan, ekstraksiyon mekanizmasını ve kinetiğini açıklayan kesikli karıştırmalı ve ultrason destekli ekstraksiyonlar için ikinci dereceden; soksalet ekstraksiyonu için ise birinci dereceden kinetik modeller kullanılmıştır.

#### 3.1.4.1. Birinci Derece Kinetik Model

Soksalet ekstraksiyon mekanizmasını açıklamak için Eşitlik 3.5.'de verilen birinci derece kinetik model kullanılmıştır.

$$\frac{dC}{dt} = k_1(C_{den} - C) \quad (3.5.)$$

Burada;

$k_1$  : Birinci derece ekstraksiyon hız sabiti (1/dk)

t : Ekstraksiyon süresi (dk) 'dir.

t=0'da C=0 ve t=t'de C=C sınır koşulları uygulanarak Eşitlik 3.5.'ün integrali alındığında Eşitlik 3.6. elde edilir.

$$\log(C_{den} - C) = \log(C_{den}) - \frac{k_1 t}{2,303} \quad (3.6.)$$

$\log(C_{den}-C)$ 'ye karşı çizilen t grafiğinin eğiminden  $k_1$ , y eksenini kesim noktasından teorik  $C_{den,teo}$  değerleri saptanır.

$t \rightarrow 0$ 'a giderken Eşitlik 3.5' in sol tarafı başlangıç ekstraksiyon hızı, h (mg/L dk), olur. Bu durumda başlangıç ekstraksiyon hızı Eşitlik 3.7. ile tanımlanır.

$$h = k_1 C_{den} \quad (3.7.)$$

### 3.1.4.2. İkinci Derece Kinetik Model

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyon ve ultrason destekli ekstraksiyon sistemlerinin mekanizmasını açıklamak için Eşitlik 3.8.'de verilen ikinci derece kinetik model kullanılmıştır.

$$\frac{dC}{dt} = k_2(C_{den} - C)^2 \quad (3.8.)$$

Burada;

$k_2$  : İkinci derece ekstraksiyon hız sabiti (L/mg dk) 'dir

$t=0$  anında  $C=0$  başlangıç sınır koşulu kullanılarak Eşitlik 3.8.'in integrasyonu ile Eşitlik 3.9. elde edilir.

$$C = \frac{k_2 t C_{den}^2}{1 + k_2 C_{den} t} \quad (3.9.)$$

Eşitlik 3.9.' un düzenlenmesiyle Eşitlik 3.10. bulunur.

$$\frac{C}{t} = \frac{k_2 C_{den}^2}{1 + k_2 t C_{den}} \quad (3.10.)$$

Eşitlik 3.10.'un doğrusallaştırılmasıyla Eşitlik 3.11. bulunur.

$$\frac{t}{C} = \frac{1}{k_2 C_{den}^2} + \frac{t}{C_{den}} \quad (3.11.)$$

$t/C$ ' ye karşı çizilen t grafiğinin eğiminden  $C_{den}$  ve y eksenini kesim noktasından ise  $k_2$  değerleri saptanır.

$t \rightarrow 0$ 'a giderken Eşitlik 3.10' in sol tarafı başlangıç ekstraksiyon hızı h (mg/L dk) olur. Bu durumda eşitliğin sağ tarafının paydası 1'e eşitlenerek başlangıç ekstraksiyon hızı Eşitlik 3.12.'den bulunur.

$$h = k_2 C_{den}^2 \quad (3.12.)$$

% Hata değerleri ise Eşitlik 3.13.'ten hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Hata} = \frac{C_{\text{den,deneysel}} - C_{\text{den,teorik}}}{C_{\text{den,deneysel}}} * 100 \quad (3.13.)$$

### 3.1.5. Likopen Ekstraksiyonunun Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM) ile Optimizasyonu

Yanıt Yüzey Yöntemi uygulamalarında deney tasarımı yapılırken kaç tane deneyin yapılacağıın belirlenmesi için bağımsız değişken sayısına bağlı olarak önceden hesaplanması gerekir. Bunun için Eşitlik 3.14. ve 3.15. kullanılır.

$$N = 2^K + 2K + n_0 \quad K \leq 5 \quad (3.14.)$$

$$N = 2^{K-1} + 2K + n_0 \quad K > 5 \quad (3.15.)$$

Burada;

N : Deney sayısı

K : Bağımsız değişken sayısı

n<sub>0</sub> : Merkezdeki deney sayısı

İstenen cevap ve bağımsız değişkenlerin değişimi doğrusalsa model 1. dereceden bir polinom olur. Bu durum Eşitlik 3.16. ile tanımlanmıştır [92].

$$y = \beta_0 + \beta_1 \xi_1 + \beta_2 \xi_2 + \beta_3 \xi_3 + \dots + \beta_k \xi_k + \varepsilon \quad (3.16.)$$

Burada;

y : Cevap (bağımlı değişken)

β<sub>i</sub> : Regresyon katsayısı

ξ<sub>i</sub> : Bağımsız değişken

ε : Deneysel hata

Birçok RSM' de bu değişkenler kodlanmış formlarında da kullanılır. Aşağıda verilen 3.17., 3.18. ve 3.19. eşitlikleriyle doğal değişkenlerin kodlanmış formlara dönüşümleri gösterilmiştir.

$$(X_i) = \frac{(\xi_i - \xi_i^0)}{\Delta \xi_i} \quad (3.17.)$$

$$\Delta \xi_i = \xi_i^{\text{max}} - \xi_i^{\text{min}} \quad (3.18.)$$

$$\xi_i^0 = \frac{(\xi_i^{\max} + \xi_i^{\min})}{2} \quad (3.19.)$$

Eşitlik 3.16. kodlanmış formda yazılırsa Eşitlik 3.20. elde edilir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (3.20.)$$

Boyutsuz koordinat sisteminde kodlanmış en yüksek seviye (+1), en düşük seviye (-1) ve merkez ise 0 ile gösterilir. Eğer istenen yanıt, sistemde değiştirilen bağımsız değişkenlere göre bir kavışlenme içeriyorsa ve aynı zamanda bağımsız parametrelerin yanıt üzerine tekli etkileşimlerinin yanı sıra ortak etkileşimlerinde varsa, bu durumda yanıt fonksiyonunu iyi bir uyum için daha yüksek dereceden polinom ile ifade etmek gerekir. Bu model türü quadratik model olarak tanımlanır. Eşitlik 3.21.'de yanıtın ikinci dereceden olduğu ve tekli ve ortak etkileşimlerin birlikte gösterildiği matematiksel model verilmiştir.

$$y = \beta_0 \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (3.21.)$$

Burada;

$\beta_{ii}$  : İkinci dereceden regresyon katsayısı,

$\beta_{ij}$  : İnteraktif regresyon katsayısını ifade eder.

Bu eşitlikten bağımsız ve yanıt değişkenlerinin birbirleriyle olan ilişkilerine göre farklı faktör seviyelerinin kombinasyonlarının oluşturulmasında Design-Expert® programı kullanılmaktadır. Optimizasyon sayısal ya da grafiksel olarak elde edilebilir (Design-Expert® User's Guide, 2001). Deneysel verilere uygun fonksiyonun bulunmasından sonra modelin geçerliliğini kontrol etmek amacıyla kullanılan en uygun yol varyans analizi (ANOVA)'dır [91]. ANOVA bağımsız değişkenlerin kendi aralarında nasıl etkileşime girdiklerini ve bu etkileşimlerin bağımlı değişkenin üzerindeki etkilerini analiz etmek için kullanılır.

## 4. DENEY SİSTEMİ VE YÖNTEMLERİ

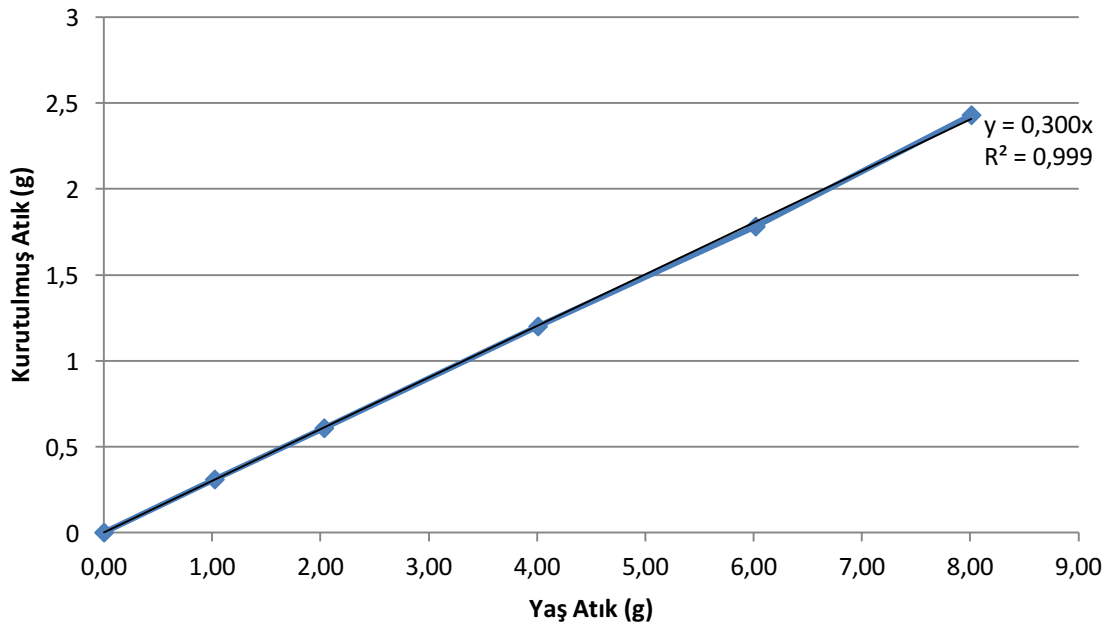
Deneysel çalışmalarda yaş, dondurulmuş ve kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonu kesikli karıştırılmalı, soksalet ve ultrason destekli ekstraksiyon sistemlerinde incelenerek, likopen ekstraksiyonunun hızı ve verimliliği karşılaştırılmıştır.

### 4.1. Materyal

Tez çalışmasında Olca Salça Fabrikasından temin edilen kırmızı biber salçası fabrika atığı yaş olarak temin edilmiştir. Bu atığın bir kısmı  $-18^{\circ}\text{C}$ 'de dondurulup kullanılmak üzere ayrılırken, bir kısım  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de yaş olarak saklanarak kullanılmak üzere ayrılmış, geri kalan kısım ise etüv tipi kurutucuda  $90^{\circ}\text{C}$ 'de tartımda sabitlenene kadar kurutulup  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de kurutulmuş olarak saklanmıştır.

#### 4.1.1. Kurutma Çalışmaları

Olca Salça Fabrikasından temin edilen kırmızı biber salçası atığı yaş olarak temin edilmiş ve kurutucuda  $90^{\circ}\text{C}$ 'de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur ve elde edilen kurutma eğrisi Şekil 4.1. 'de verilmiştir.



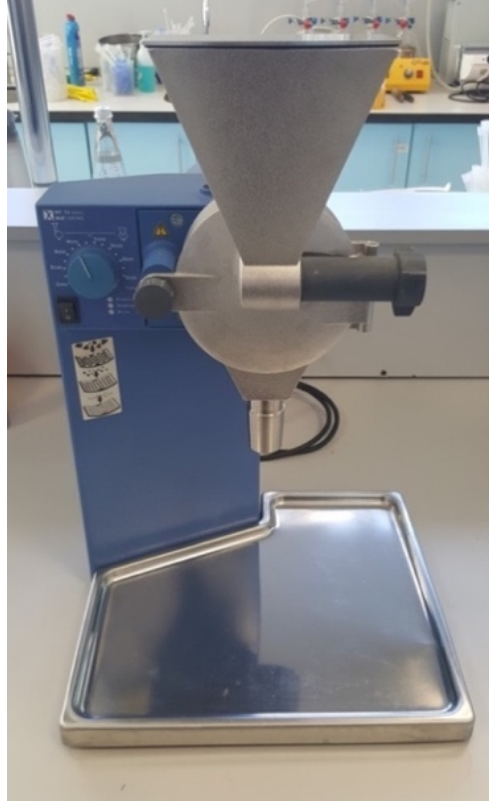
Şekil 4.1. Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığının Kurutma Eğrisi

Kurutma eğrisinden 10 g yaş atıktan 3 g kuru atık elde edildiği görülmektedir.



#### 4.1.2. Öğütme Çalışmaları

Kurutulan atık IKA MF 10 markalı öğütücü kullanılarak, tanecik boyutu 1,0 mm altı olacak şekilde öğütülmüştür. Kullanılan öğütücü Şekil 4.2.'de görülmektedir.



Şekil 4.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Öğütücü

Deneylerde kullanılan kırmızı biber salçası fabrika atığının yaş, kurutulmuş ve öğütülmüş formları Şekil 4.3.'de gösterilmiştir.



(a)

(b)

(c)

Şekil 4.3. Yaş atık(a), kurutulmuş atık(b) ve öğütülmüş atık(c)

## 4.2. Ekstraksiyon Çalışmaları

### 4.2.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon Çalışmaları

Kesikli karıştırmalı sistem ekstraksiyon çalışmaları karıştırma hızı ve sıcaklığı kontrol edilebilen Medline SI-600R marka ve model inkübatörde gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği Şekil 4.4.'de gösterilmiştir. Deneyle 150 ml'lik erlenlerde belirli miktarlardaki kırmızı biber salçası fabrika atığı ve çözücü karıştırılarak gerçekleştirilmiştir. Belirlenen zaman aralıklarında ekstraksiyon ortamından otomatik pipetle alınan örneklerden likopen analizi yapılmıştır.



**Şekil 4.4.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon Çalışmalarında Kullanılan İnkübatör

Etanolün çözücü olarak kullanıldığı kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarında ilk olarak yaş, dondurulmuş ve kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kurutulmuş atık ile likopen ekstraksiyonuna BHT (Bütül Hidroksi Toluen) varlığının, tanecik boyutu aralığının, sıcaklığın, karıştırma hızının, sıvı/katı oranının ve ekstraksiyon süresinin likopen ekstraksiyonunun hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır. Çizelge 4.1.'de çalışılan parametreler, çalışma aralıkları ve çalışma değerleri sunulmuştur.

Son olarak etanolün yanı sıra etil asetatın ve asetonun da çözücü türünün etkisinin araştırılması amacıyla çözücü olarak kullanıldığı kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonuna sıvı/katı oranının etkileri de araştırılmıştır.

**Çizelge 4.1.** Etanolün Çözücü Olarak Kullanıldığı Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Çalışılan Parametreler, Çalışma Aralıkları ve Çalışma Değerleri

Parametre	Çalışma Aralıkları ve Çalışılan Değerler
Örnek Türü	Yaş atık Kurutulmuş atık Dondurulmuş atık
BHT (Bütil Hidroksi Toluen) Varlığı	Var Yok
Tanecik Boyut Aralığı (mm)	$0,150 < d_p < 0,355$ $0,355 < d_p < 0,500$ $0,5 < d_p < 1,0$
Karıştırma Hızı (rpm)	60 90 120
Sıcaklık (°C)	30 45 60
Sıvı/Katı Oranı	10:1 15:1 20:1
Çözücü Türü/ Çalışma Sıcaklığı	Etanol/60°C Etil Asetat/60°C Aseton/45°C

#### 4.2.2. Soksalet Ekstraksiyon Çalışmaları

Kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda soksalet ekstraksiyon deneyleri dörtlü soksalet ekstraktörü ve bu ekstraktöre bağlı soğutmalı bir su sirkulatöründen oluşan geri soğutucu ile çözücünün yoğuşması sağlanarak gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği Şekil 4.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Soksalet Ekstraktörü

Deneylerde incelenen parametrelere, çalışma aralıkları ve çalışılan değerlere göre (Çizelge 4.2.) uygun miktardaki çözücü alt kısımdaki balon jøjeye eklenmiştir. Iso Lab marka yavaş akış filtre kağıdına yerleştirilmiş belirli miktardaki atık ise üst kısımdaki cam hazneye yerleştirilmiştir. Ekstraktörün ısıtıcısının ve geri soğutucusunun çalıştırılmasıyla ekstraksiyon işlemi başlatılmış, her bir sifon tamamlandıktan sonra sistem durdurulmadan ve zaman kaybetmeden her bir balon jøjeye ait kapaklı örnek deliğinden otomatik pipetle örnek alınarak likopen analizi gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Kurutulmuş Atıktan Likopenin Sokslet Ekstraksiyonunda Çalışılan Parametreler, Çalışma Aralıkları ve Çalışma Değerleri

Parametre	Çalışma Aralıkları ve Çalışılan Değerler
BHT (Bütıl Hidroksi Toluen) Varlığı	Var Yok
Tanecik Boyut Aralığı (mm)	$0,150 < d_p < 0,355$ $0,355 < d_p < 0,500$ $0,5 < d_p < 1,0$
Sıvı/Katı Oranı	10:1 15:1 20:1
Çözücü Türü/ Çalışma Sıcaklığı	Etanol/79°C Etil Asetat/77°C

#### 4.2.3. Ultrason Destekli Ekstraksiyon Çalışmaları

Ultrason destekli ekstraksiyon çalışmaları İsolab marka ultrasonik banyoda gerçekleştirilmiştir. Kullanılan cihazın ultrasonik gücü 60 W olup, frekansı ise 40 kHz'dir. Deneş düzeneği Şekil 4.6.'da gösterilmiştir. Ultrasonik banyoya her bir çözücü için seçilen sıcaklıkta ve belirli düzeyde su eklendikten sonra deneyler 150 ml'lik erlenlerde belirli miktarlardaki kırmızı biber salçası fabrika atığı ve çözücü karıştırılarak gerçekleştirilmiştir. Belirlenen zaman aralıklarında ekstraksiyon ortamlarından otomatik pipetle alınan örneklerden likopen analizi yapılmıştır.



**Şekil 4.6.** Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Ultrasonik Banyo

Kurutulmuş atıktan likopenin ultrason destekli ekstraksiyonunda çalışılan parametreler, çalışma aralıkları ve çalışma değerleri Çizelge 4.3.'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.3.** Kurutulmuş Atıktan Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Çalışılan Parametreler, Çalışma Aralıkları ve Çalışma Değerleri

Parametre	Çalışılan Değerler
BHT (Bütül Hidroksi Toluen) Varlığı	Var
Tanecik Boyut Aralığı (mm)	$0,355 < d_p < 0,500$
Sıvı/Katı Oranı	10:1 15:1 20:1
Çözücü Türü/ Sıcaklık	Etanol/60°C Etil Asetat/60°C Aseton/45°C

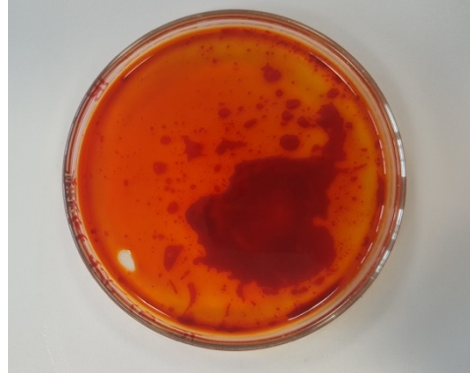
### 4.3. Döner Buharlaştırıcı ile Çözücü Ayırma ve Saflaştırma

Ekstraksiyon sonrasında likopenin eldesi ve çözücünün ayrılması ve saflaştırılması için Heidolph Hei-VAP Precision model ve marka döner buharlaştırıcı kullanılmıştır. Deney düzeneği Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Döner Buharlaştırıcı

Deneysel çalışmalarda likopenin elde edilmesi için, ekstraksiyon sonrası ortamdaki katı kısım süzülerek ayrılmış ve daha sonra renkli çözücü döner buharlaştırıcıda çözücünün uzaklaştırılmasıyla yarı akışkan bir ürün elde edilmiştir. Bu ürün karanlık ortamda kurumaya bırakılarak jel kıvamlı likopen elde edilmiştir (Şekil 4.8.). Bu işlem sırasında geri kazanılan çözücü(ler) ekstraksiyon deneylerinde tekrar tekrar kullanılarak çözücü tüketiminin azaltılması sağlanmıştır.



**Şekil 4.8.** Elde Edilen Likopenin Görüntüsü

#### **4.4. Analiz Yöntemleri**

##### **4.4.1. Likopen Derişimi Tayini**

Belirlenen zaman aralıklarında ekstraksiyon ortamından alınan 0,2 ml örnek UV okumaları için gerekli seyreltmeden sonra MPV 227s marka santrifüj cihazında 5000 rpm’de 5 dk santrifüjlenerek askıda kalan toz parçalarının çökmesi sağlanmıştır. Örneğin Thermo Scientific Genesys 10 UV marka ve model spektrofotometrede her bir çözücü için bilinen dalga boyunda (Etanol: 472nm, Etil Asetat: 473nm, Aseton: 474nm [92]) absorpsiyon değeri okunarak ve bu değer ile kullanılan çözücünün spesifik likopen absorpsiyon katsayısı  $A_{1\text{ cm}}^{1\%}$  Etanol:3950,  $A_{1\text{ cm}}^{1\%}$  Etil Asetat:2963,  $A_{1\text{ cm}}^{1\%}$  Aseton:2967 [92]) Eşitlik 3.1.’de yerine konularak likopen içeriği mg/L cinsinden hesaplanmıştır.

##### **4.4.2. Likopen FTIR Analizi**

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyon deneylerinden sonra elde edilen bazı jel örnekler, Thermo Scientific Nicolet 6700 Smart iTR FTIR cihazı ile analiz edilerek, elde edilen ürünlerin yapısal analizleri ortamda BHT varlığında ve yokluğunda, yapının zamana bağlı olarak bozunup bozunmadığı, farklı çözücüler ile gerçekleşen ekstraksiyon işlemleri sonrasında karışımdaki varlığının doğrulanması ve yapılar da fark olup olmadığı yönlerinden araştırılmıştır (Ek 1).



## 5. DENEYSEL SONUÇLAR

Tez çalışmasında kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonu kesikli karıştırmalı, soksalet ve ultrason destekli ekstraksiyon olmak üzere üç farklı ekstraksiyon sisteminde incelenmiştir.

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarında kırmızı biber salçası fabrika atığının yaş, dondurulmuş ve kurutulmuş formları kullanılarak likopen ekstraksiyonu hız ve verimlilik açısından karşılaştırılmış ve kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda ekstraksiyon koşullarının ve sürecinin likopenin bozunmasına BHT (Bütil Hidroksi Toluen) varlığının, tanecik boyut aralığının, karıştırma hızının, sıcaklığın, sıvı/katı oranının, ekstraksiyon süresinin ve çözücü türünün likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır.

Soksalet ekstraksiyonu çalışmalarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonuna BHT (Bütil Hidroksi Toluen) varlığının, tanecik boyut aralığının, sıvı/katı oranının, ekstraksiyon süresinin ve çözücü türünün likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır.

Ultrason destekli ekstraksiyonu çalışmalarında ise kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonuna sıvı/katı oranının, ekstraksiyon süresinin ve çözücü türünün likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır.

Kesikli karıştırmalı ve ultrason destekli ekstraksiyon çalışmalarında elde edilen kinetik verilere ikinci dereceden, soksalet ekstraksiyonu çalışmalarında elde edilen kinetik verilere ise birinci dereceden kinetik modeller uygulanarak bu modellere ait kinetik sabitler bulunmuştur.

Deneysel sonuçların değerlendirilmesinde Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM) kullanılarak, çözücü olarak etanolün kullanıldığı kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarında, bağımsız değişkenler olarak seçilen karıştırma hızı, sıcaklık, sıvı/katı oranı ve ekstraksiyon süresi parametrelerinin bağımlı değişken olarak seçilen dengede birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarına ortak etkileri araştırılmıştır. Dengede birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının hesaplanmasını sağlayacak ikinci dereceden quadratik bir polinom eşitlik bulunarak üç boyutlu yanıt yüzey eğrileri de elde edilmiştir. Önerilen modele ait sonuçlar ANOVA testi yapılarak istatistiksel açıdan da değerlendirilmiştir.

Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM) çalışılan üç çeşit ekstraktör için, bağımlı değişken olan dengede birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarına bağımsız değişkenler olarak seçilen sıvı/katı oranının, çözücü türünün ve ekstraktör türünün ortak etkilerinin araştırılmasında da tekrar kullanılmıştır.

Deneysel sonuçlar ekstraksiyonun herhangi bir anında birim çözücü hacmi başına ekstrakte edilen likopen miktarı ( $C$ , mg likopen/L çözücü), herhangi bir anda birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı ( $q$ , mg likopen/kg atık), ekstraksiyon bitiminde kararlı durumda birim çözücü hacmi başına ekstrakte edilen likopen miktarı ( $C_{den}$ , mg likopen/L çözücü) ve ekstraksiyon bitiminde kararlı durumda birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı ( $q_{den}$ , mg likopen/kg atık) cinsinden verilmiştir.

### **5.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon Çalışmaları**

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarında ilk olarak kırmızı biber salçası fabrika atığının yaş, dondurulmuş ve kurutulmuş formları kullanılarak likopen ekstraksiyonu hız ve verimlilik açısından karşılaştırılmış ve daha sonra kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda BHT (Bütil Hidroksi Toluen) varlığının, tanecik boyut aralığının, karıştırma hızının, sıcaklığın, sıvı/katı oranının ve çözücü türünün likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır.

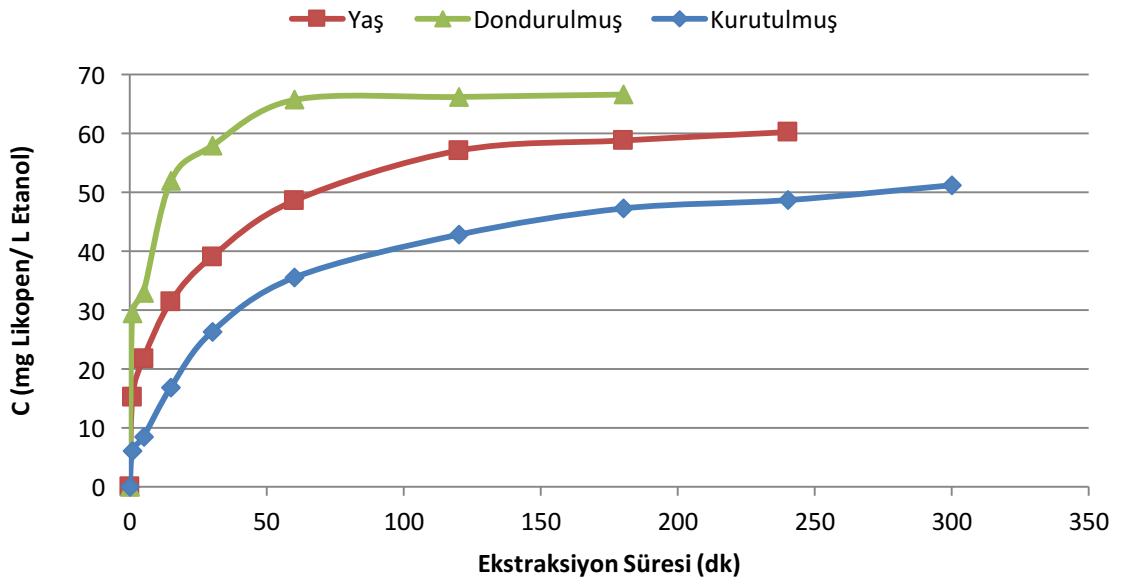
#### **5.1.1. Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunun ve Ekstraksiyon Kinetiğinin Karşılaştırılması**

Tanecik boyutlandırması yapılmaksızın 10 g yaş, 10 g dondurulmuş ve 3 g kurutulmuş atık ile 45°C sıcaklıkta, 90 rpm karıştırma hızında ve çözücü olarak %5 BHT (5 g BHT/100 mL çözücü) içeren 45 mL etanol kullanılarak gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmaları sonucunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişimi( $C$ )nin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.1.'de, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı( $q$ )nın zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.2.'de verilmiştir.

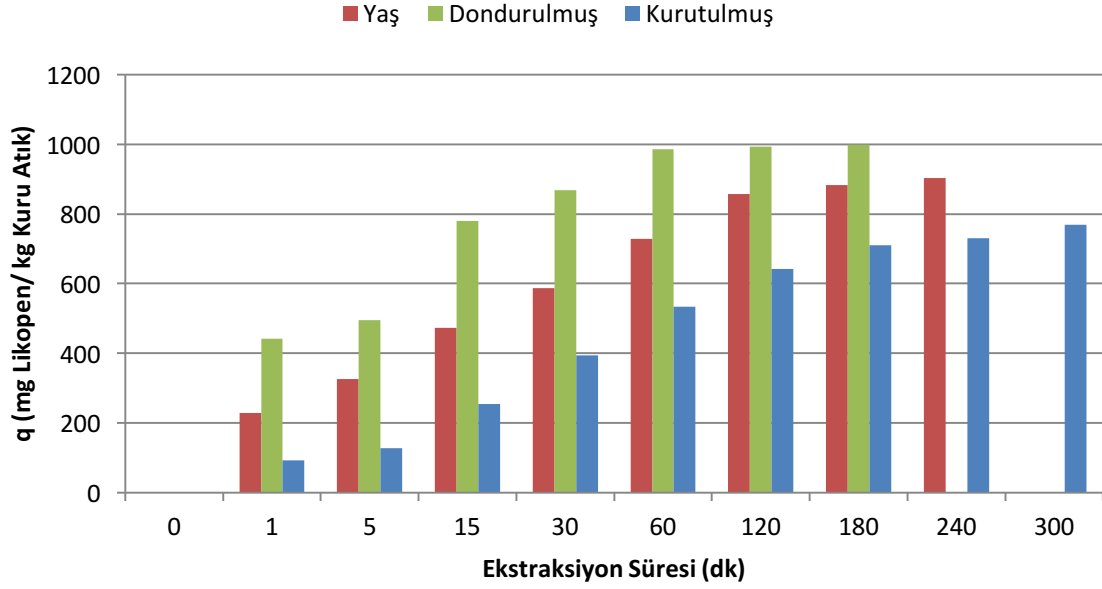
Şekil 5.1.'den genel olarak tüm atık formları için likopen ekstraksiyonunun çok hızlı gerçekleştiği, toplan çözücüye geçen likopen derişiminin %50'sine dondurulmuş atıkla 5 dk'da, yaş atıkla 15 dk'da ve kurutulmuş atıkla 30 dk'da ulaşıldığı, ekstraksiyonun dondurulmuş atıkla üç saatte, yaş atıkla dört saatte ve kurutulmuş atıkla beş saatte kararlı duruma ulaştığı görülmektedir. Yine aynı şekilden dondurulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek verimde gerçekleştiği de gözlenmektedir.

Fabrikadan temin edilen yaş atığın dondurulma ve kurutma süreçlerinden geçerken, deneylerin aynı anda başlatılması gerektiğinden yaş atığın bekletilmesi nedeniyle içerdiği likopenin bir kısmının bozunmasına bağlı olarak, yaş atıktan likopen ekstraksiyonun daha düşük verimle gerçekleştiği söylenebilir. Dondurulmuş atıktan en yüksek verimle likopen ekstraksiyonunun elde edilmesi, atığın bekletilmeden dondurularak içerdiği likopenin bozunmasının engellenmesiyle açıklanabilir. Kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonu kurutma süresine ve sıcaklığına bağlı olarak, likopenin içeriğinin bir kısmının bozunmasıyla en düşük verimle gerçekleşmiştir, ancak kurutma işlemiyle kurutulmuş atığın içerdiği likopenin bozunmasının geciktirilmesi ve depolama koşullarının avantajları gibi nedenlerle daha sonraki deneylerin tümü sadece kurutulmuş atıkla gerçekleştirilmiştir.

Şekil 5.2.'den dondurulmuş atığın en yüksek ekstrakte edilebilir likopen kapasitesine sahip olduğu, bunu sırasıyla yaş ve kurutulmuş atıkların takip ettiği görülmektedir.



**Şekil 5.1.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atıklarından Likopen Ekstraksiyonunda Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm)



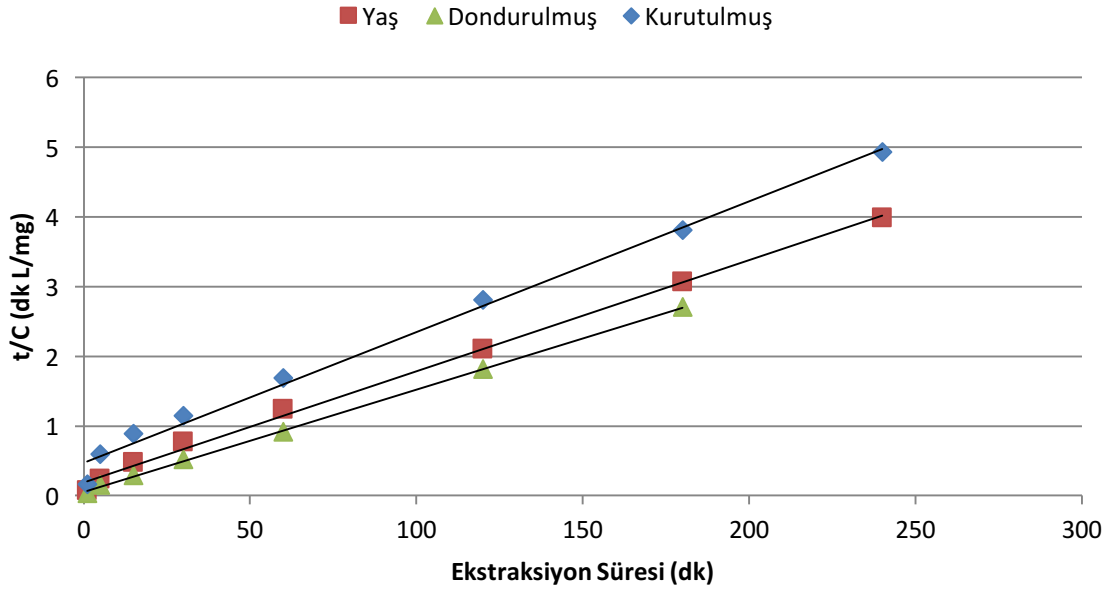
**Şekil 5.2.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atıklarından Likopen Ekstraksiyonunda Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm)

Çalışılan her bir atık için kararlı durumda çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütle başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.1.'de sunulmuştur. Çizelgeden kararlı durumda dondurulmuş atığın en yüksek ekstrakte edilebilir likopen kapasitesine sahip olduğu ve bunun kurutulmuş atıktan yaklaşık yüzde %20 daha fazla olduğu görülmektedir.

**Çizelge 5.1.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atıklarından Likopen Ekstraksiyonunda Kararlı Durumda Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
<b>Yaş Atık</b>	60,25	903,80	0,090
<b>Dondurulmuş Atık</b>	66,63	999,49	0,099
<b>Kurutulmuş Atık</b>	51,24	768,61	0,077

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda yaş, dondurulmuş ve kurutulmuş atıklardan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $t/C$ 'ye karşı  $t$  değerleri grafiğe alınarak, elde edilen doğruların (Şekil 5.3.) eğim değerlerinden teorik ekstraksiyon dengesi durumunda (kararlı durumda) çözücüye geçen likopen derişimi ( $C_{den,teo}$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktalarından da ikinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_2$ ) değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.2.'de sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm atıklar için deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları ikinci derece kinetik modelin kesikli karıştırmalı likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden dondurulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek başlangıç hızına sahip olduğu ve en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.3.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.2.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Yaş, Dondurulmuş ve Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

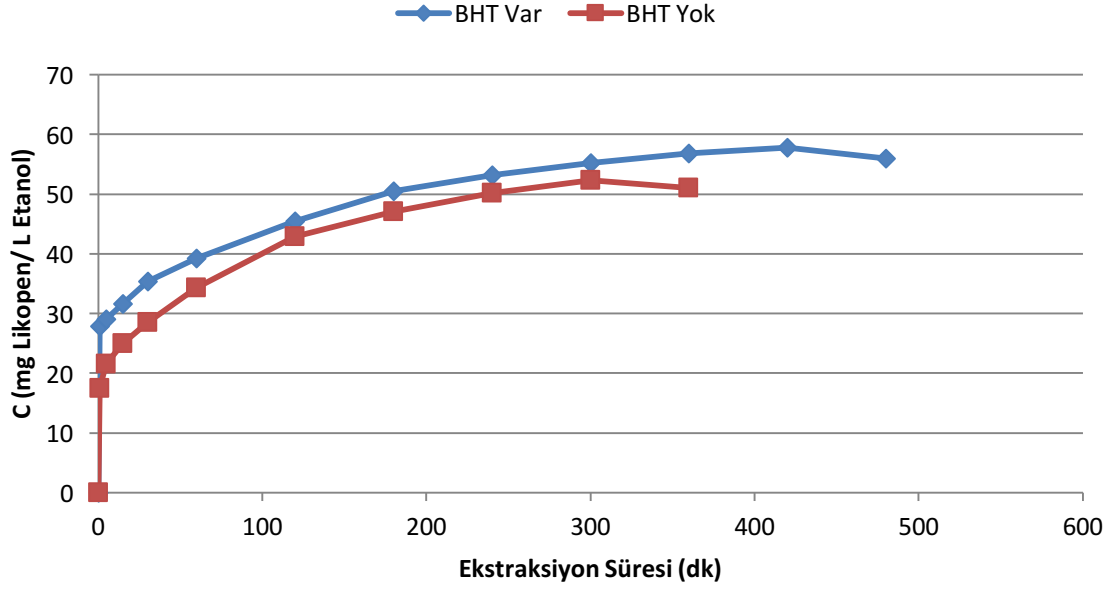
	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_2 \cdot 10^{+4}$ (L/mg dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
<b>Yaş Atık</b>	60,25	62,99	13,04	4,73	0,997	4,38
<b>Dondurulmuş Atık</b>	66,63	68,03	38,94	17,29	0,999	2,09
<b>Kurutulmuş Atık</b>	51,24	53,19	7,47	1,96	0,992	3,81

### 5.1.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığının Etkisi

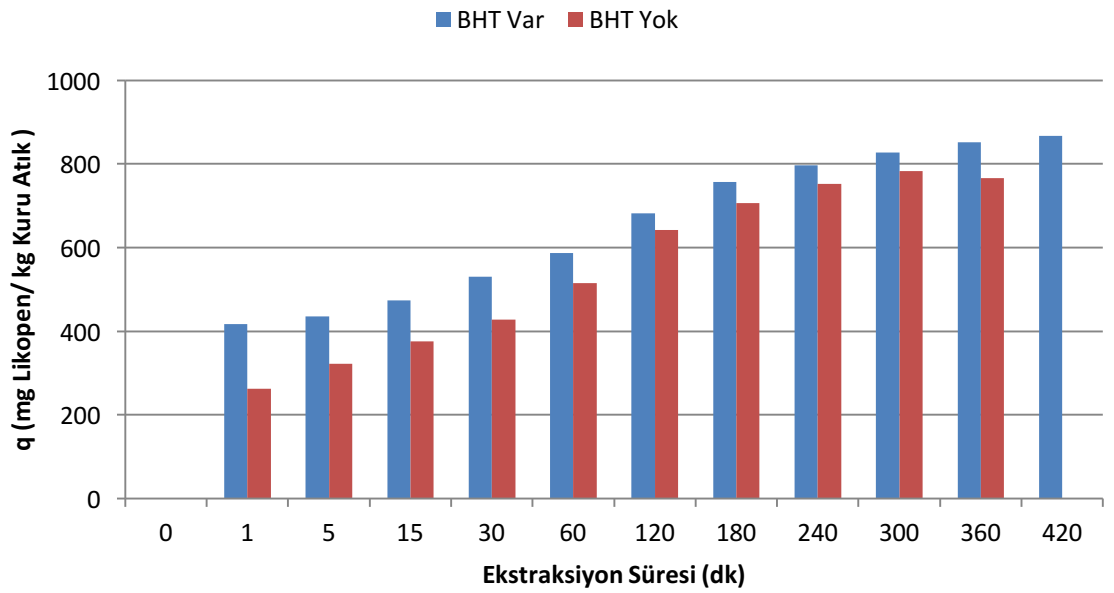
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda BHT varlığının etkisi; 3 g  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki kurutulmuş atığın  $45^\circ\text{C}$  sıcaklıkta, 90 rpm karıştırma hızında ve çözücü olarak %5 BHT içeren ve BHT içermeyen 45 mL etanolle ekstraksiyonuyla araştırılmıştır. BHT varlığında ve yokluğundaki ekstraksiyon çalışmaları sonucunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.4.'te, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.5.'te verilmiştir.

Şekil 5.4.'ten genel olarak her iki durumda da ilk 15 dk'da toplam çözücüye geçen likopen derişiminin %50'sine ulaşıldığı, BHT varlığında likopen ekstraksiyonunun çok daha hızlı ve yüksek verimde gerçekleştiği görülmektedir. Yine aynı şekilden BHT varlığında ekstraksiyonun dengeye ulaşma süresinin uzadığı ve BHT yokluğunda kararlı hale altı saatte ulaşılyorken, BHT varlığında bu sürenin yedi saate uzadığı gözlenmektedir. Çözücüdeki BHT varlığı daha fazla likopenin atıktan ekstrakte edilebilmesini ve likopenin ekstraksiyon koşullarından daha az etkilenmesini sağlamıştır.

Şekil 5.5.'ten yine BHT varlığında kuru atıktan ekstrakte edilebilir likopen miktarının daha fazla olduğu ve atıktan likopen ekstraksiyonunun daha uzun sürdüğü görülmektedir.



**Şekil 5.4.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm)



**Şekil 5.5.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm)

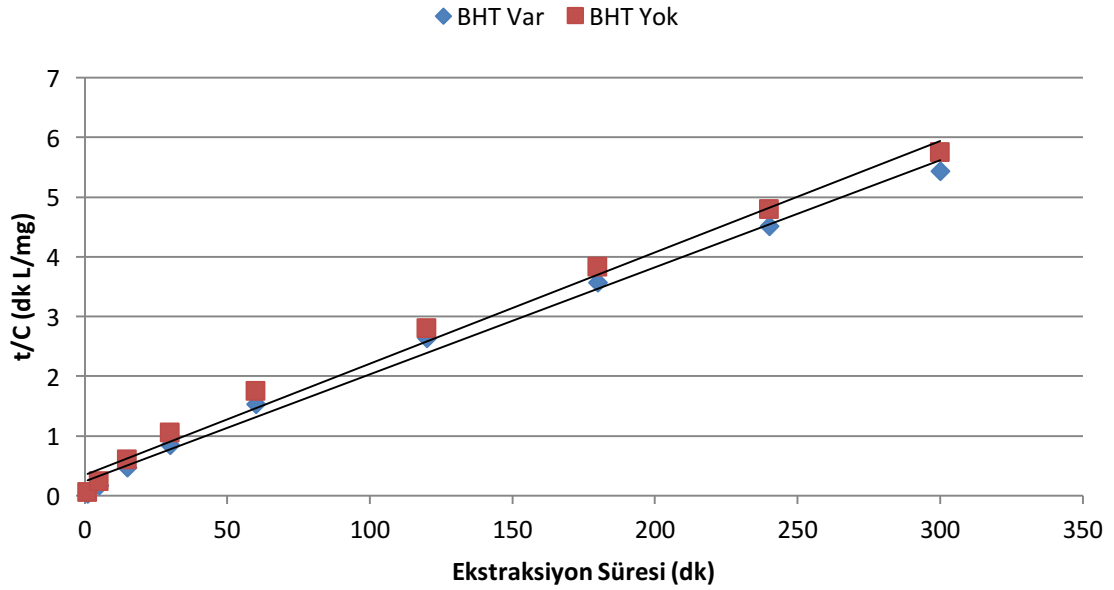
Kurutulmuş atıktan BHT varlığında ve yokluğunda likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.3.'te sunulmuştur. Çizelgeden de %5 BHT varlığında daha yüksek kapasite ve verimle kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.3.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
<b>BHT Var</b>	57,82	867,34	0,087
<b>BHT Yok</b>	52,25	783,80	0,078

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda BHT varlığında ve yokluğunda kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $t/C$ 'ye karşı  $t$  değerleri grafiğe alınarak, elde edilen doğruların (Şekil 5.6.) eğim değerlerinden teorik ekstraksiyon dengesi durumunda (kararlı durumda) çözücüye geçen likopen derişimi ( $C_{den,teo}$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktalarından da ikinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_2$ ) değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.4.'te sunulmuştur. Çizelgeden BHT varlığında ve yokluğunda deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları ikinci derece kinetik modelin BHT varlığında ve yokluğundaki kesikli karıştırmalı likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden BHT varlığında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun daha yüksek başlangıç hızına sahip olduğu ve daha yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.





**Şekil 5.6.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.4.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_2 \cdot 10^{+4}$ (L/mg dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
<b>BHT Var</b>	57,82	55,87	13,21	4,42	0,993	3,39
<b>BHT Yok</b>	52,25	56,18	9,19	2,51	0,990	7,51

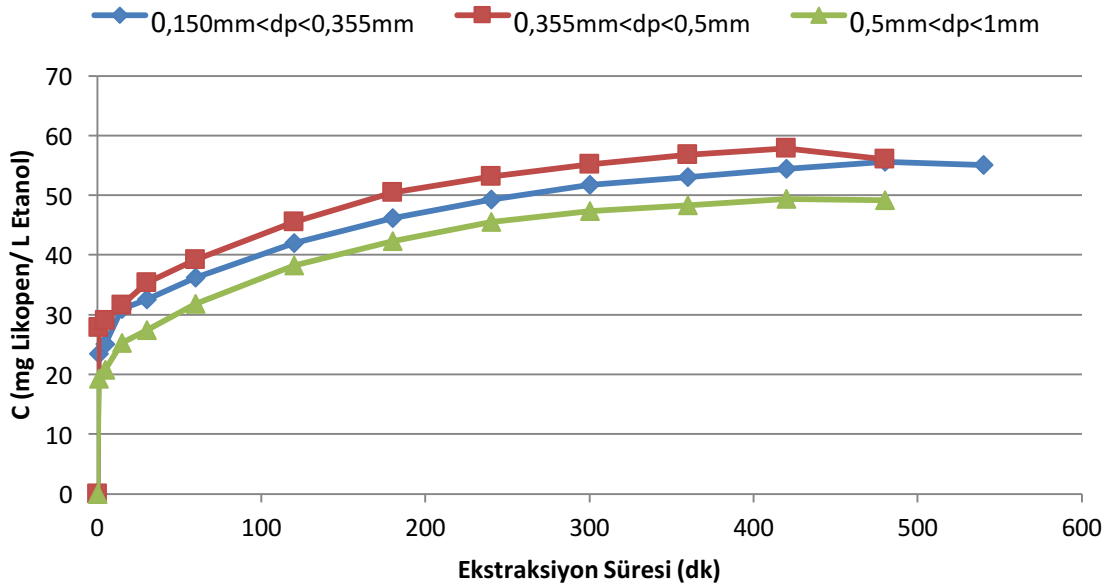
### 5.1.3. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Tanecik Boyut Aralığının Etkisi

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda tanecik boyut aralığının etkisi;  $0,150\text{mm} < d_p < 0,355\text{mm}$ ,  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  ve  $0,5\text{mm} < d_p < 1\text{mm}$  tanecik boyut aralıklarındaki 3 g kuru atığın,  $45^\circ\text{C}$  sıcaklıkta, 90 rpm karıştırma hızında ve çözücü olarak %5 BHT içeren 45 mL etanolde ekstraksiyonu ile araştırılmıştır. Tanecik

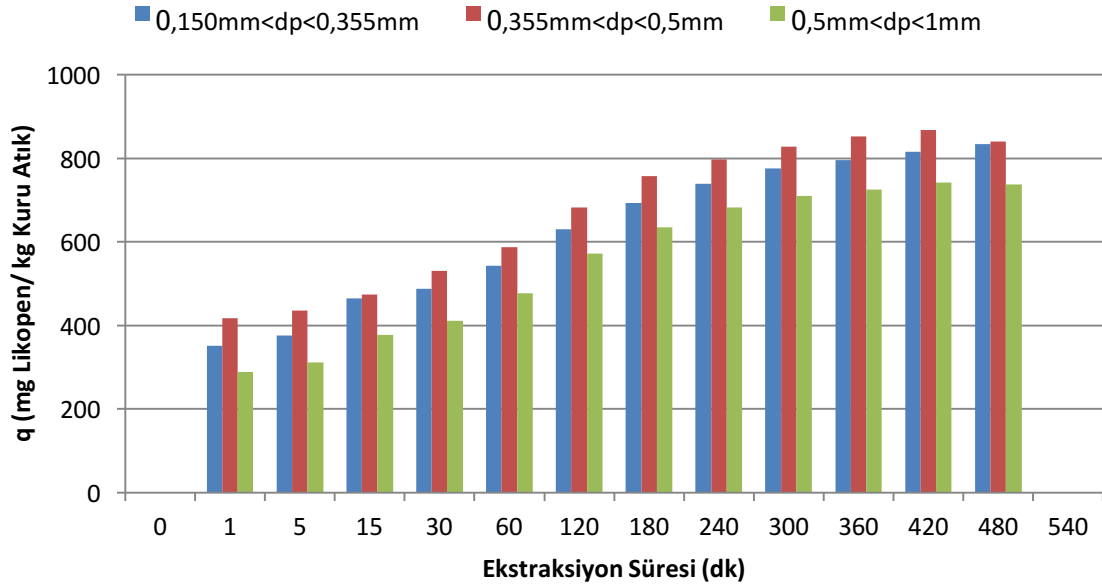
boyut aralıklarındaki değişime bağlı olarak elde edilen çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.7.'de, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.8.'de verilmiştir.

Şekil 5.7.'den  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığında çözücüye geçen likopen derişiminin en yüksek olduğu,  $0,150\text{mm} < d_p < 0,355\text{mm}$  tanecik boyut aralığında atığın çözücü ile temasında çamurlaşmasıyla çözücü ile etkileşiminin azalmasına bağlı olarak likopen ekstraksiyonun daha düşük düzeyde gerçekleştiği,  $0,5\text{mm} < d_p < 1\text{mm}$  tanecik boyut aralığında ise atık taneciklerinin boyutunun artması nedeniyle toplam yüzey alanının azalmasına bağlı olarak ekstraksiyon veriminin en düşük olduğu gözlenmektedir. Yine aynı şekilde çalışılan tüm tanecik boyut aralıklarında 7-8 saat sonunda ekstraksiyonun kararlı duruma ulaştığı görülmektedir. Bundan sonraki tüm kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmaları  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığında gerçekleştirilmiştir.

Şekil 5.8.'den yine  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki kuru atıktan ekstrakte edilen likopen miktarının en fazla olduğu görülmektedir.



**Şekil 5.7.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm)



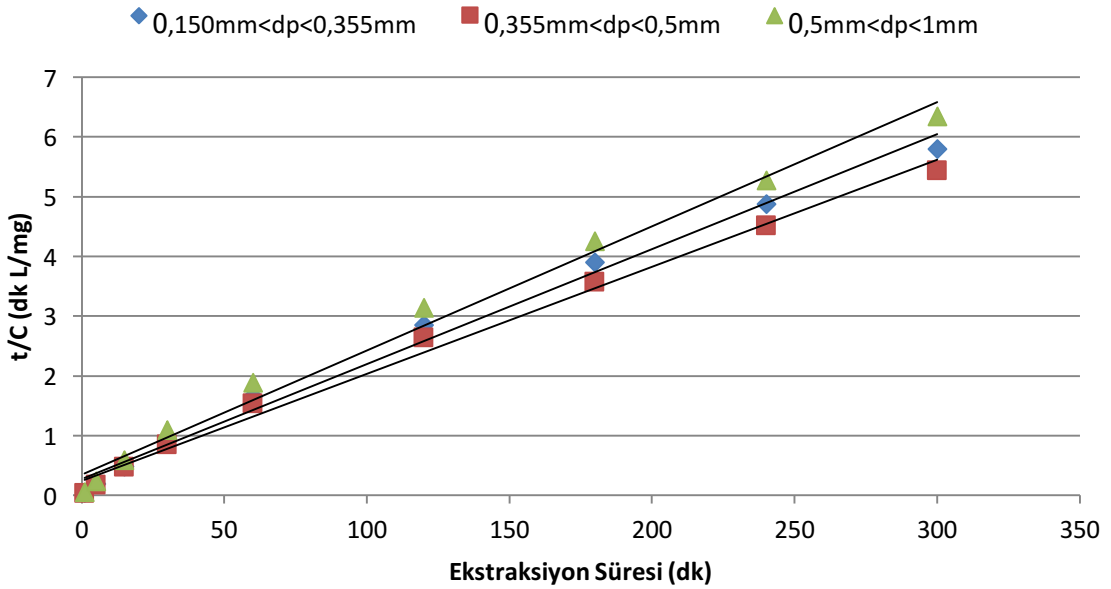
**Şekil 5.8.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:90rpm)

Kurutulmuş atıktan  $0,150\text{mm} < d_p < 0,355\text{mm}$ ,  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  ve  $0,5\text{mm} < d_p < 1\text{mm}$  tanecik boyut aralıklarındaki likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütle başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.5.'te sunulmuştur. Çizelgeden de  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki kuru atıktan en yüksek kapasite ve verimle likopen ekstraksiyonun gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.5.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

Tanecik Boyut Aralığı	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
$0,150\text{mm} < d_p < 0,355\text{mm}$	55,60	833,92	0,083
$0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$	57,82	867,34	0,087
$0,5\text{mm} < d_p < 1\text{mm}$	49,42	741,27	0,074

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda  $0,150\text{mm}<d_p<0,355\text{mm}$ ,  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  ve  $0,5\text{mm}<d_p<1\text{mm}$  tanecik boyut aralıklarındaki kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $t/C'$ 'ye karşı  $t$  değerleri grafiğe alınarak, elde edilen doğruların (Şekil 5.9.) eğim değerlerinden teorik ekstraksiyon dengesi durumunda (kararlı durumda) çözücüye geçen likopen derişimi ( $C_{den,teo}$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktalarından da ikinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_2$ ) değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.6.'da sunulmuştur. Çizelgeden  $0,150\text{mm}<d_p<0,355\text{mm}$ ,  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  ve  $0,5\text{mm}<d_p<1\text{mm}$  tanecik boyut aralıklarındaki deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları ikinci derece kinetik modelin farklı tanecik boyut aralıklarında gerçekleştirilen kesikli karıştırmalı likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek başlangıç hızına sahip olduğu ve en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği de görülmektedir.



**Şekil 5.9.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.6.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

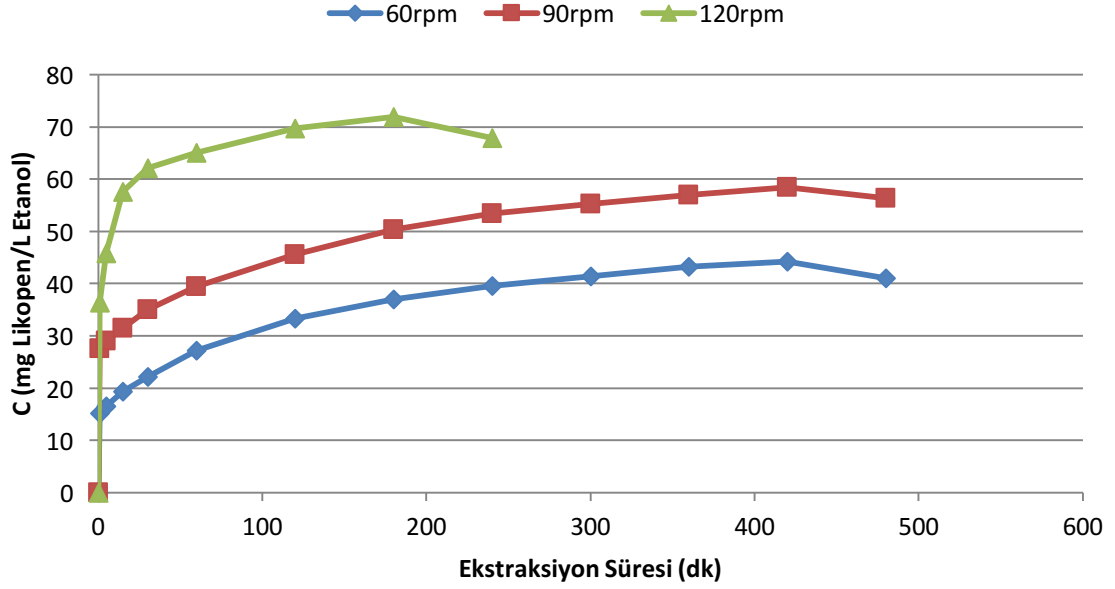
Tanecik Boyut Aralığı	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_2 \cdot 10^4$ (L/mg dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
$0,150mm < d_p < 0,355mm$	55,60	52,08	13,17	4,07	0,993	6,32
$0,355mm < d_p < 0,5mm$	57,82	55,87	13,24	4,43	0,992	3,39
$0,5mm < d_p < 1mm$	49,42	48,08	12,48	3,05	0,990	2,71

#### 5.1.4. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Karıştırma Hızının Etkisi

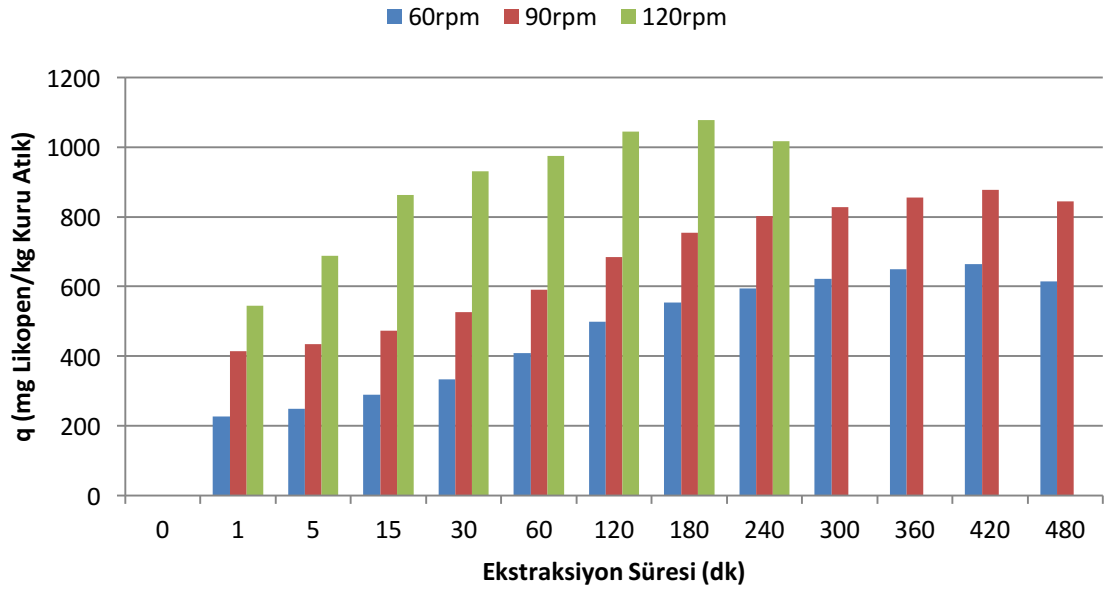
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda karıştırma hızının etkisi;  $0,355mm < d_p < 0,5mm$  tanecik boyut aralığındaki 3 g kuru atığın  $45^\circ C$  sıcaklıkta, çözücü olarak %5 BHT içeren 45 mL etanolde 60 rpm, 90 rpm ve 120 rpm karıştırma hızlarında araştırılmıştır. Karıştırma hızının etkisinin incelendiği ekstraksiyon çalışmaları sonucunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.10.'da, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.11.'de verilmiştir.

Şekil 5.10.'dan karıştırma hızının 60 rpm'den 120 rpm'e kadar artırılmasıyla dış difüzyon dirençlerinin azalmasına bağlı olarak çözücüye geçen likopen derişiminin önemli ölçüde arttığı gözlenmektedir. Karıştırma hızının artması aynı zamanda ekstraksiyonun kararlı hale gelme süresini de önemli derecede azaltmıştır. 120 rpm karıştırma hızında üç saatte ulaşılan kararlı durumda çözücüye geçen likopen derişimi 72 mg/L iken, 60 rpm ve 90 rpm karıştırma hızlarında yedi saatte ulaşılan kararlı durumlarda çözücüye geçen likopen derişimleri sırasıyla 44 mg/L ve 58 mg/L'dir.

Şekil 5.11.'den yine karıştırma hızının 120 rpm'e kadar artırılmasıyla, kuru atıktan ekstra edilen likopen miktarının %40 arttığı görülmektedir. Bundan sonraki tüm kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmaları 120 rpm karıştırma hızında gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 5.10.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C)



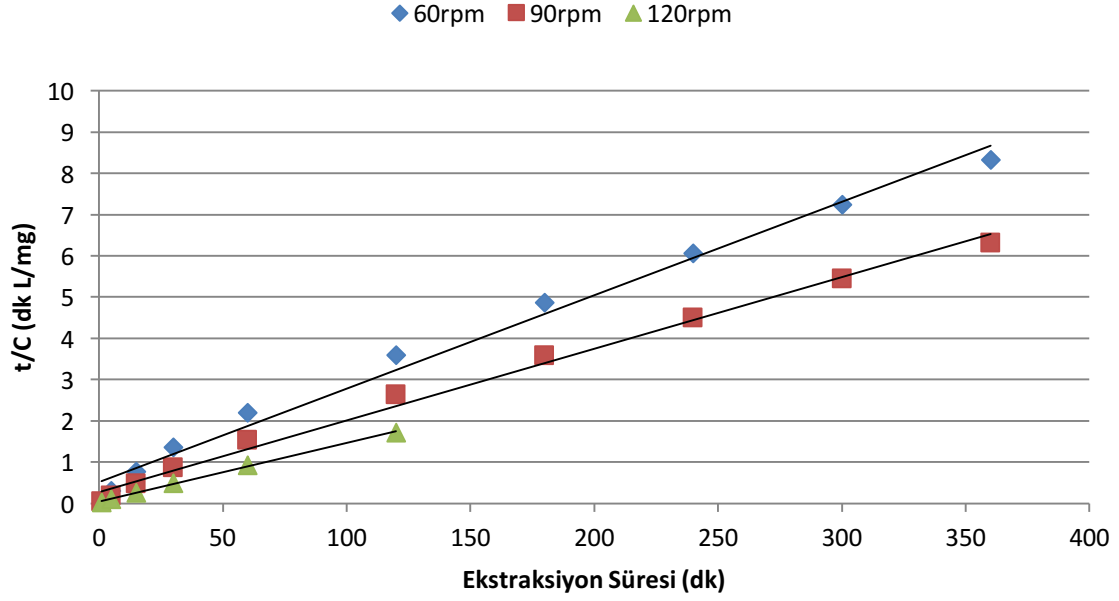
**Şekil 5.11.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C)

Kurutulmuş atıktan 60 rpm, 90 rpm ve 120 rpm karıştırma hızlarında likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.7.'de sunulmuştur. Çizelgeden de 120 rpm karıştırma hızında en yüksek kapasite ve verimle kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.7.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

<b>Karıştırma Hızı</b>	<b><math>C_{den}</math> (mg/L)</b>	<b><math>q_{den}</math> (mg/kg)</b>	<b>% Likopen Verimi</b>
<b>60 rpm</b>	44,25	663,80	0,066
<b>90 rpm</b>	58,43	876,46	0,088
<b>120 rpm</b>	71,90	1078,48	0,108

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda 60 rpm, 90 rpm ve 120 rpm karıştırma hızlarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $t/C$ 'ye karşı  $t$  değerleri grafiğe alınarak, elde edilen doğruların (Şekil 5.12.) eğim değerlerinden teorik ekstraksiyon dengesi durumunda (kararlı durumda) çözücüye geçen likopen derişimi ( $C_{den,teo}$ ) değerleri, doğruların grafiğin  $y$  eksenini kesim noktalarından da ikinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_2$ ) değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.8.'de sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm karıştırma hızlarında elde edilen deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları ikinci derece kinetik modelin farklı karıştırma hızlarındaki kesikli karıştırmalı likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden 120 rpm karıştırma hızında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek başlangıç hızına sahip olduğu ve en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.12.** Kesikli Karıştırılmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.8.** Kesikli Karıştırılmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Karıştırma Hızlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

Karıştırma Hızı	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_2 \cdot 10^4$ (L/mg dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
60 rpm	44,25	44,05	10,16	1,99	0,990	0,45
90 rpm	58,43	57,80	10,80	3,69	0,994	1,07
120 rpm	71,90	70,42	47,67	24,64	0,999	2,05

### 5.1.5. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Sıcaklığın Etkisi

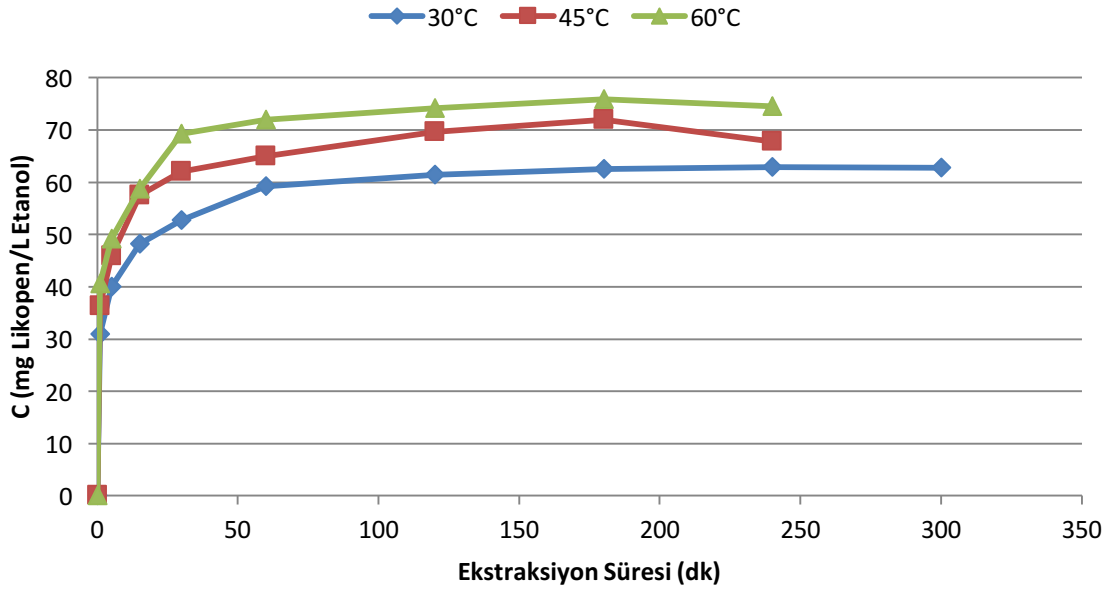
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda sıcaklığın etkisi;  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki 3 g kuru atıkla, 120 rpm karıştırma hızında, çözücü olarak %5 BHT içeren 45 mL etanolde 30°C, 45°C ve 60°C sıcaklıklarda



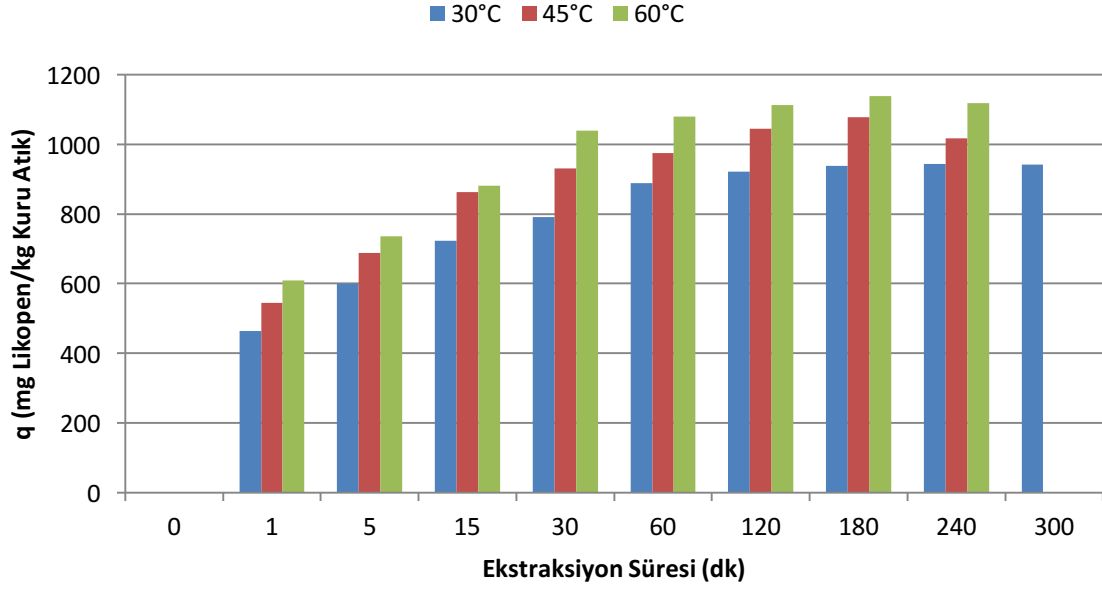
araştırılmıştır. Bu sıcaklıklarda gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmaları sonucunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağıli değişim eğrileri Şekil 5.13.'te, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağıli değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.14.'te verilmiştir.

Şekil 5.13.'ten sıcaklığın artmasıyla likopenin çözünlüğüne artmasına bağıli olarak çözücüye geçen likopen derişiminin arttığı, 60°C'da en yüksek likopen derişimine ulaşıldığı görülmektedir. Yine aynı şekilde çalışılan tüm sıcaklıklarda 3-4 saatte kararlı duruma ulaşıldığı da gözlenmektedir.

Benzer olarak Şekil 5.14.'ten de sıcaklığın artmasıyla kuru atıktan ekstrakte edilebilir likopen kapasitesinin arttığı görülmektedir.



**Şekil 5.13.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağıli Değişimi (Karıştıрма Hızı: 120 rpm)



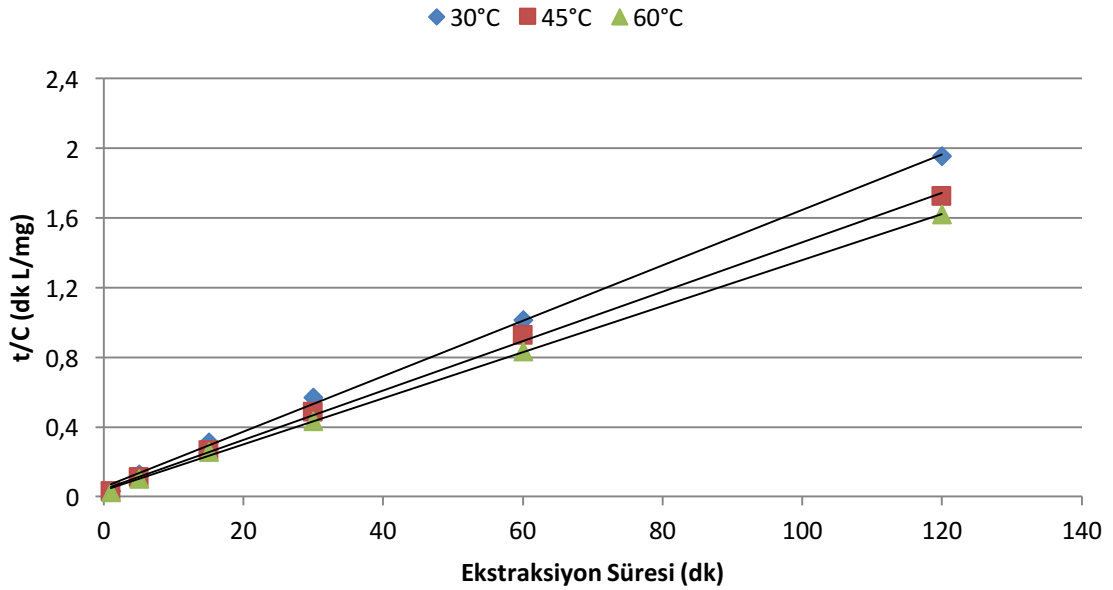
**Şekil 5.14.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Karıştırma Hızı: 120 rpm)

Kurutulmuş atıktan farklı sıcaklıklarda likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.9.'da sunulmuştur. Çizelgeden de kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun 60°C sıcaklıkta en yüksek kapasite ve verimle gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.9.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

Sıcaklık	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
30°C	62,89	943,29	0,094
45°C	71,90	1078,48	0,108
60°C	75,85	1137,72	0,114

Kesikli karıştırılmalı ekstraksiyonda 30°C, 45°C ve 60°C sıcaklıklarda kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $t/C$ 'ye karşı  $t$  değerleri grafiğe alınarak, elde edilen doğruların (Şekil 5.15.) eğim değerlerinden teorik ekstraksiyon dengesi durumunda (kararlı durumda) çözücüye geçen likopen derişimi ( $C_{den,teo}$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktalarından da ikinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_2$ ) değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.10.'da sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm sıcaklıklarda deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları ikinci derece kinetik modelin farklı sıcaklıklarda kesikli karıştırılmalı likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden 60°C sıcaklıkta kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek başlangıç hızına sahip olduğu ve en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.15.** Kesikli Karıştırılmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.10.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıcaklıklarda Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

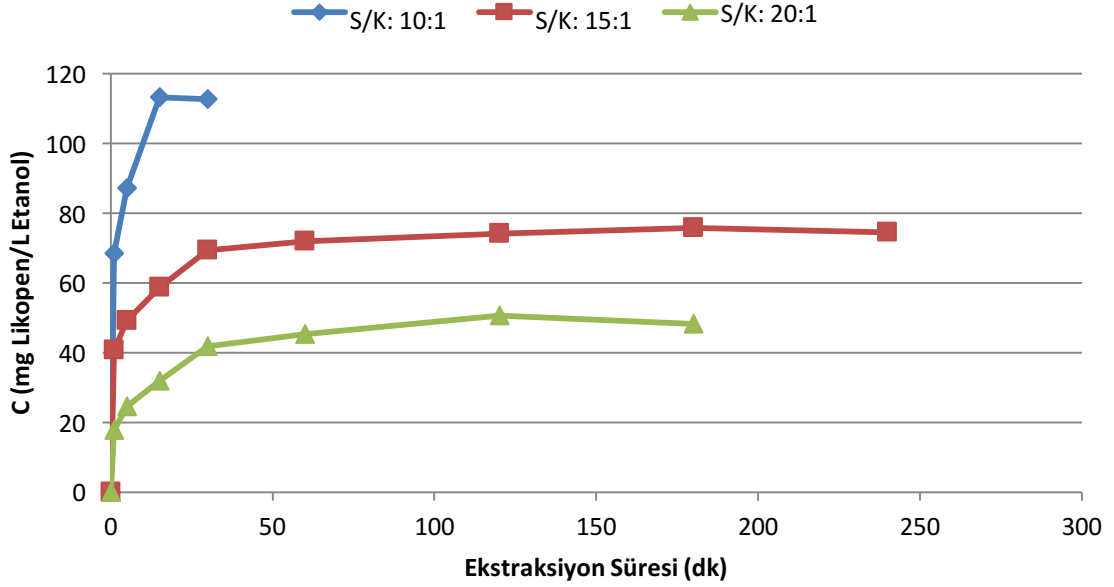
Sıcaklık	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_2 \cdot 10^{+4}$ (L/mg dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
30°C	62,89	62,88	46,82	18,52	0,999	0,01
45°C	71,90	70,42	47,67	24,64	0,999	2,05
60°C	75,85	75,76	50,21	28,89	0,999	0,12

#### 5.1.6. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi

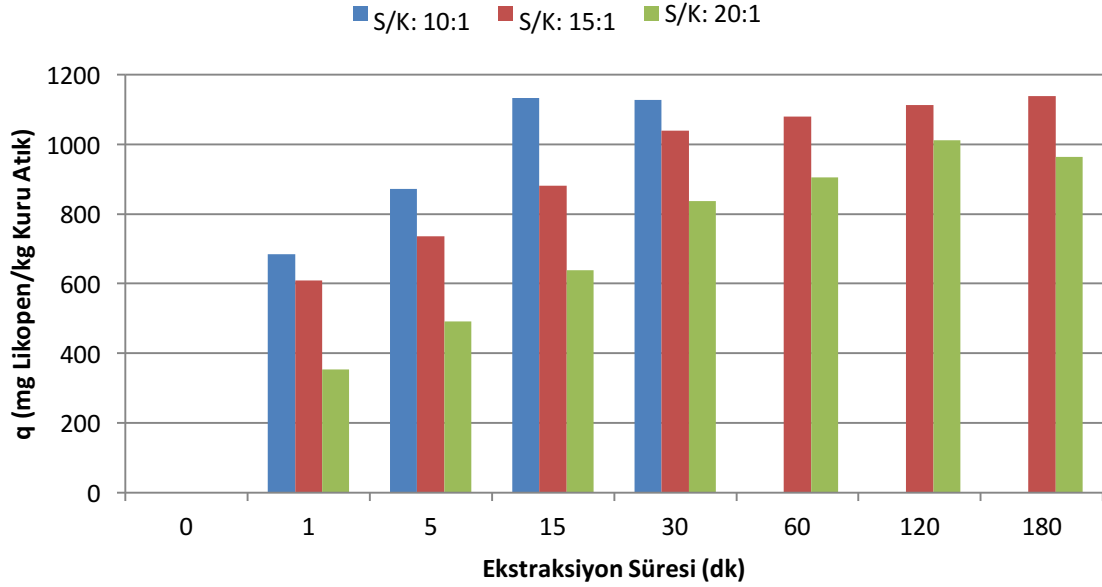
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda sıvı/katı oranının etkisi;  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki 3 g kuru atıkla, 60°C sıcaklıkta, 120 rpm karıştırma hızında ve çözücü olarak %5 BHT içeren 30 mL, 45 mL ve 60 mL etanolde S/K oranı 10:1, 15:1 ve 20:1'e ayarlanarak gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarıyla araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.16.'da, birim kuru atık kütle başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.17.'de verilmiştir.

Şekil 5.16.'dan S/K oranının 10:1'den 20:1'e kadar artırılmasıyla (çözücü miktarı arttıkça) çözücüye geçen likopen derişiminin önemli derecede azaldığı görülmektedir. Yine aynı şekilden en düşük S/K oranı olan 10:1'de ekstraksiyonun en hızlı gerçekleştiği, on beş dakikada kararlı duruma erişildiği ve çözücüye geçen en yüksek likopen derişiminin elde edildiği gözlenmektedir. S/K oranının artması ayrıca ekstraksiyonun kararlı hale gelme süresini de artırmış ve sistem ancak 2-3 saatte doygunluğa ulaşmıştır. Çözücü miktarı arttıkça atığın çözücüyle etkileşiminin daha iyi olmasına bağlı olarak kararlı duruma ulaşma süresinin uzadığı ve ayrıca düşük çözücü hacminden dolayı ekstraksiyon kapasitesinin daha kısa sürede sabitlendiği görülmektedir.

Şekil 5.17.'den S/K oranının 10:1'den 15:1'e kadar artırılmasıyla kararlı durumdaki birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının çok az arttığı, S/K oranının 20:1'e çıkarılmasıyla kararlı durumdaki birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının bir miktar azaldığı görülmektedir. Atıktan ekstrakte edilebilir likopen kapasitesi sabit olduğundan, 10:1 S/K oranında kullanılan çözücü miktarının atıktaki likopenin ekstraksiyonu için yeterli olduğu söylenebilir.



**Şekil 5.16.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etanol Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C, Karıştırma Hızı:120rpm)



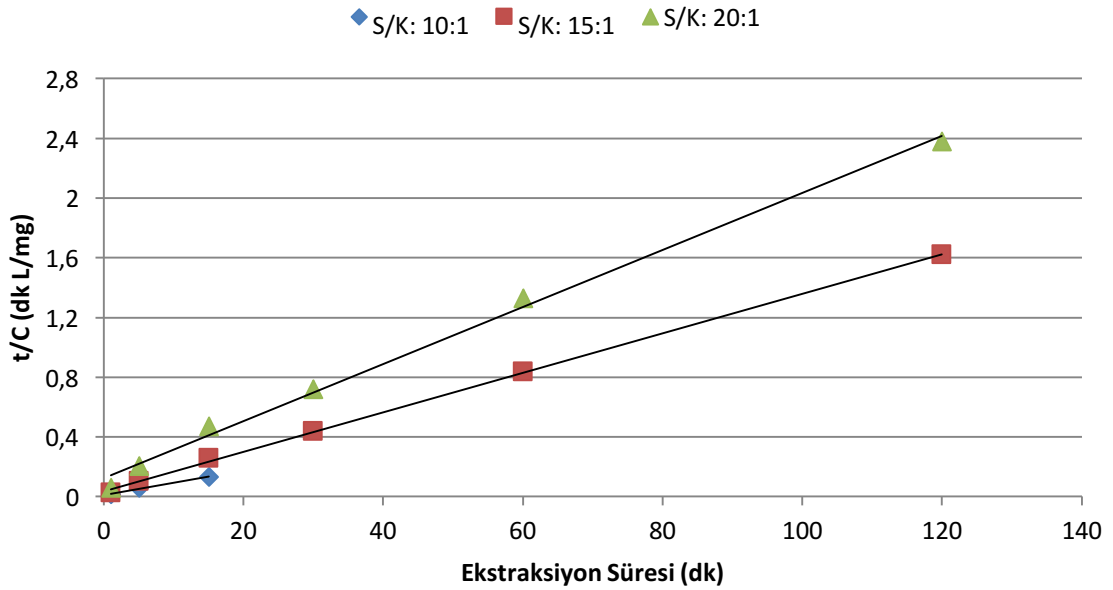
**Şekil 5.17.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etanol Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C, Karıştırma Hızı:120rpm)

Kurutulmuş atıktan farklı sıvı/katı oranlarında likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.11.'de sunulmuştur. Çizelgeden de kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun 10:1 ve 15:1 sıvı/katı oranlarında en yüksek kapasite ve verim değerleriyle gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.11.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etanol Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

Sıvı/Katı Oranı	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
<b>10:1</b>	113,32	1133,17	0,113
<b>15:1</b>	75,85	1137,72	0,114
<b>20:1</b>	50,53	1010,63	0,101

Kesikli karıştırılmalı ekstraksiyonda 10:1, 15:1 ve 20:1 sıvı/katı oranlarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $t/C$ 'ye karşı  $t$  değerleri grafiğe alınarak, elde edilen doğruların (Şekil 5.18.) eğim değerlerinden teorik ekstraksiyon dengesi durumunda (kararlı durumda) çözücüye geçen likopen derişimi ( $C_{den,teo}$ ) değerleri, doğruların grafiğin  $y$  eksenini kesim noktalarından da ikinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_2$ ) değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.12.'de sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm sıvı/katı oranlarında deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları ikinci derece kinetik modelin farklı sıvı/katı oranlarında kesikli karıştırılmalı likopen ekstraksiyonunu da oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden 10:1 sıvı/katı oranında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek başlangıç hızına sahip olduğu ve en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.18.** Kesikli Karıştırılmalı Ekstraksiyonda Etanol Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.12.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etanol Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

<b>Sıvı/Katı Oranı</b>	<b>C<sub>den,den</sub> (mg/L)</b>	<b>C<sub>den,teo</sub> (mg/L)</b>	<b>k<sub>2</sub>*10<sup>+4</sup> (L/mg dk)</b>	<b>h (mg/L dk)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>± % Hata</b>
<b>10:1</b>	113,32	121,95	64,04	82,23	0,993	7,62
<b>15:1</b>	75,85	75,76	50,21	28,89	0,999	0,12
<b>20:1</b>	50,53	52,36	29,80	7,61	0,996	3,61

### **5.1.7. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Çözücü Türünün Etkisi**

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda çözücü türünün etkisi etanol, etil asetat ve aseton çözücüleriyle farklı sıvı/katı oranlarında araştırılmıştır.

#### **5.1.7.1. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi**

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından etanol çözücüsü ile farklı sıvı/katı oranlarında likopen ekstraksiyonu Bölüm 5.1.6.'da incelenmiş olup, elde edilen sonuçlar ilgili kısımda irdelenmiştir.

#### **5.1.7.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi**

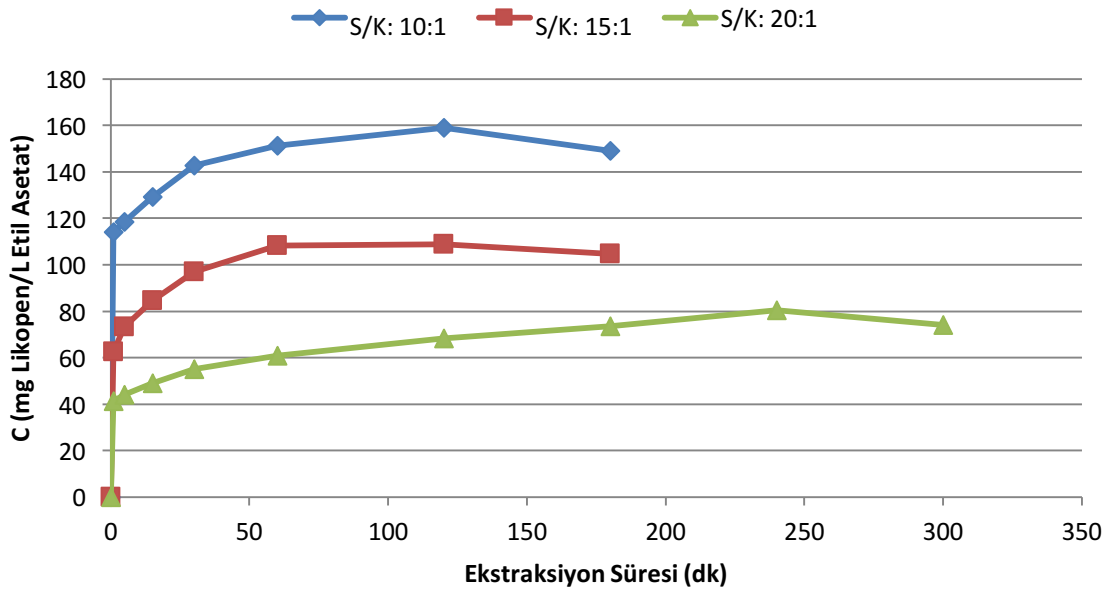
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından etil asetat çözücüsü ile likopen ekstraksiyonunda sıvı/katı oranının etkisi; 0,355mm<d<sub>p</sub><0,5mm tanecik boyut aralığındaki 3 g kuru atıkla, 60°C sıcaklıkta, 120 rpm karıştırma hızında ve çözücü olarak %5 BHT içeren 30 mL, 45 mL ve 60 mL etil asetatta S/K oranı 10:1, 15:1 ve 20:1'e ayarlanarak gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarıyla araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri



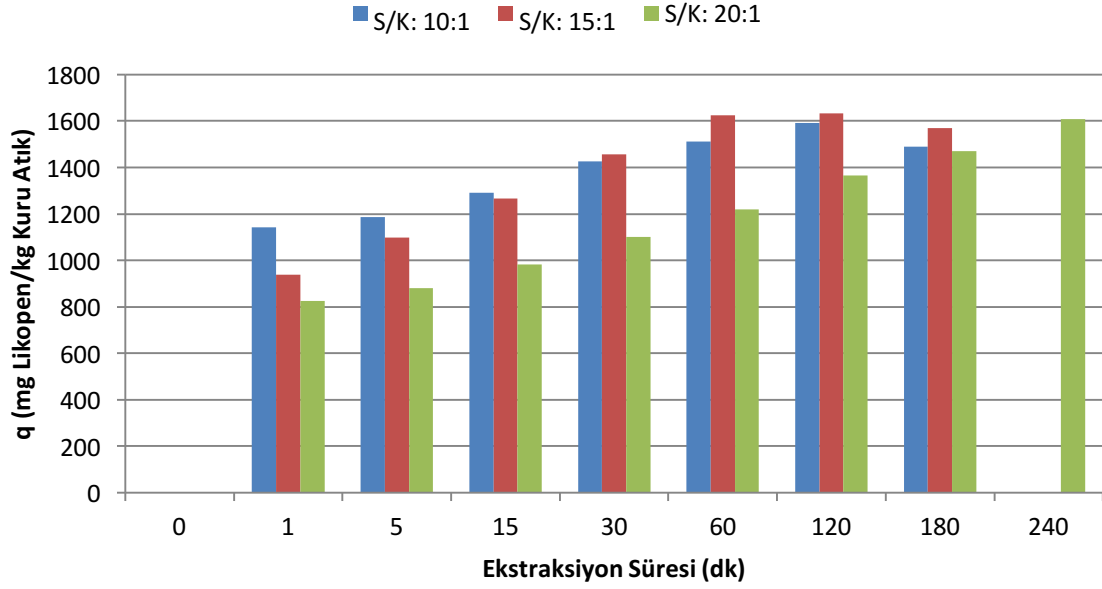
Şekil 5.19.'da, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.20.'de verilmiştir.

Şekil 5.19.'dan S/K oranının 10:1'den 20:1'e kadar artırılmasıyla (çözücü miktarı arttıkça) çözücüye geçen likopen derişiminin önemli derecede azaldığı görülmektedir. S/K oranının 10:1 olduğu durumda ekstraksiyon en hızlı gerçekleşmiştir ve çözücüye geçen en yüksek likopen derişimine ulaşılmıştır. 10:1 ve 15:1 S/K oranlarında ekstraksiyonun doygunluğa ulaşma süresi iki saatken, 20:1 S/K oranında ekstraksiyonun doygunluğa ulaşma süresi dört saate uzamıştır. Çözücü miktarı arttıkça atığın çözücüyle etkileşimi daha iyi olduğundan kararlı duruma ulaşma süresinin uzadığı ve ayrıca düşük çözücü hacminden dolayı ekstraksiyon kapasitesinin daha kısa sürede sabitlendiği görülmektedir.

Şekil 5.20.'den S/K oranının 10:1'den 15:1'e kadar artırılmasıyla kararlı durumdaki birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının çok az arttığı, S/K oranının 20:1'e çıkarılmasıyla kararlı durumdaki birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının bir miktar azaldığı görülmektedir. Atıktan ekstrakte edilebilir likopen kapasitesi sabit olduğundan 15:1 S/K oranında kullanılan çözücü miktarının atıktaki likopenin ekstraksiyonu için yeterli olduğu söylenebilir.



**Şekil 5.19.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etil Asetat Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C, Karıştırma Hızı:120rpm)



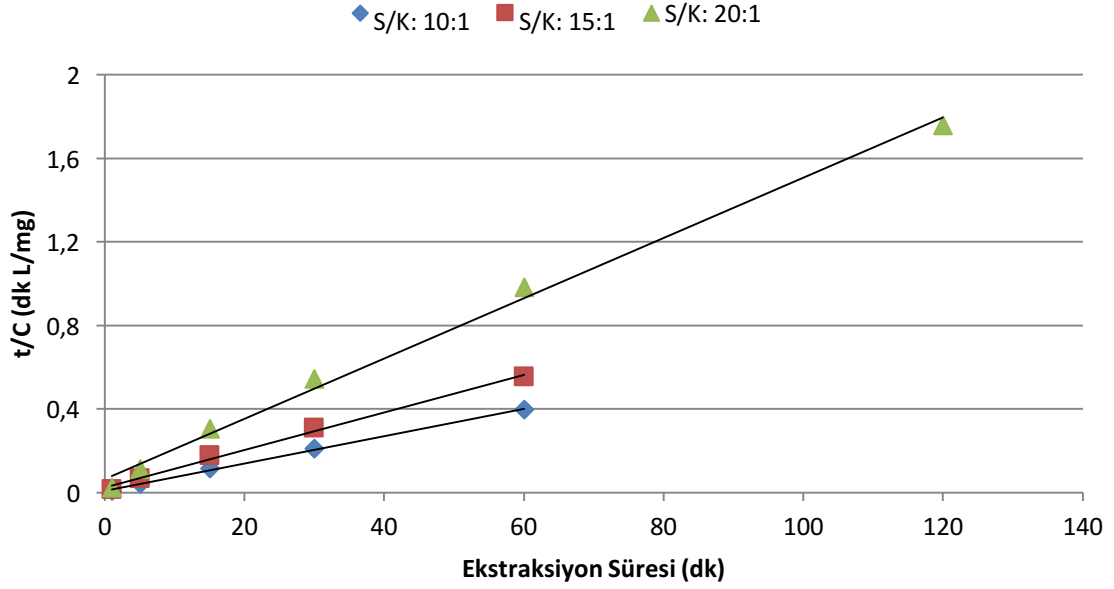
**Şekil 5.20.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etil Asetat Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C, Karıştırma Hızı:120rpm)

Kurutulmuş atıktan etil asetat çözücüsü ile farklı sıvı/katı oranlarında likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütle başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.13.'te sunulmuştur. Çizelgeden de kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun 15:1 sıvı/katı oranında en yüksek kapasite ve verimle gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.13.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etil Asetat Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

Sıvı/Katı Oranı	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
10:1	159,03	1590,28	0,159
15:1	108,94	1634,16	0,163
20:1	80,46	1609,18	0,161

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda etil asetat çözücüsü ile 10:1, 15:1 ve 20:1 sıvı/katı oranlarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $t/C$ 'ye karşı  $t$  değerleri grafiğe alınarak, elde edilen doğruların (Şekil 5.21.) eğim değerlerinden teorik ekstraksiyon dengesi durumunda (kararlı durumda) çözücüye geçen likopen derişimi ( $C_{den,teo}$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktalarından da ikinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_2$ ) değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.14.'te sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm sıvı/katı oranlarında deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları ikinci derece kinetik modelin farklı sıvı/katı oranlarında kesikli karıştırmalı likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden 10:1 sıvı/katı oranında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek başlangıç hızına sahip olduğu ve en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.21.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etil Asetat Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.14.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Etil Asetat Çözücüsü ile Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

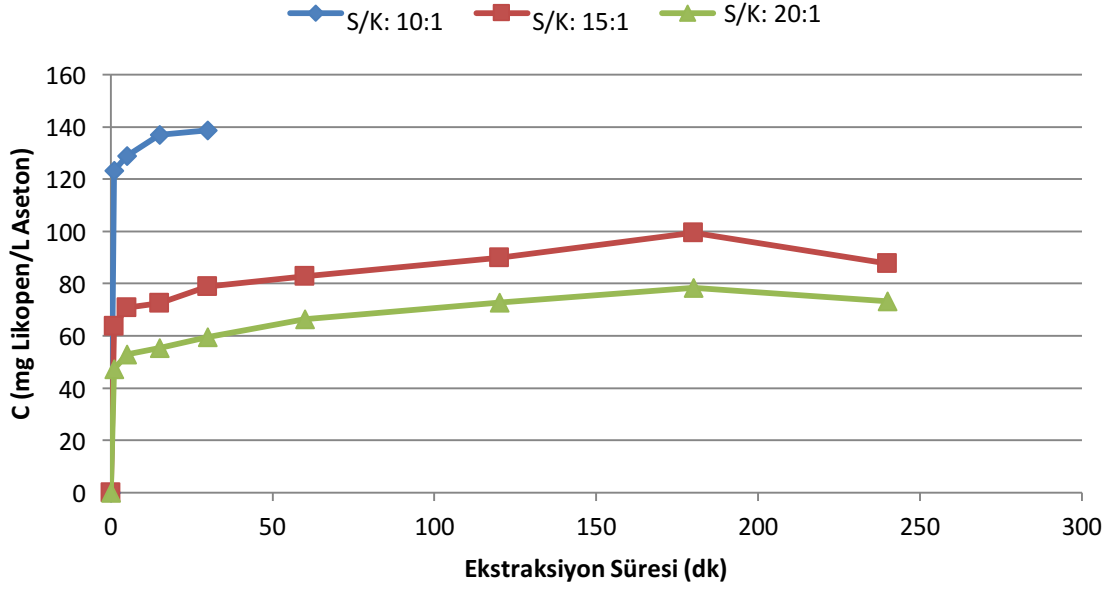
Sıvı/Katı Oranı	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_2 \cdot 10^{+4}$ (L/mg dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
<b>10:1</b>	159,03	153,85	41,42	104,75	0,999	3,26
<b>15:1</b>	108,94	111,11	31,89	37,85	0,995	1,99
<b>20:1</b>	80,46	75,56	29,43	19,05	0,995	6,09

### 5.1.7.3. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi

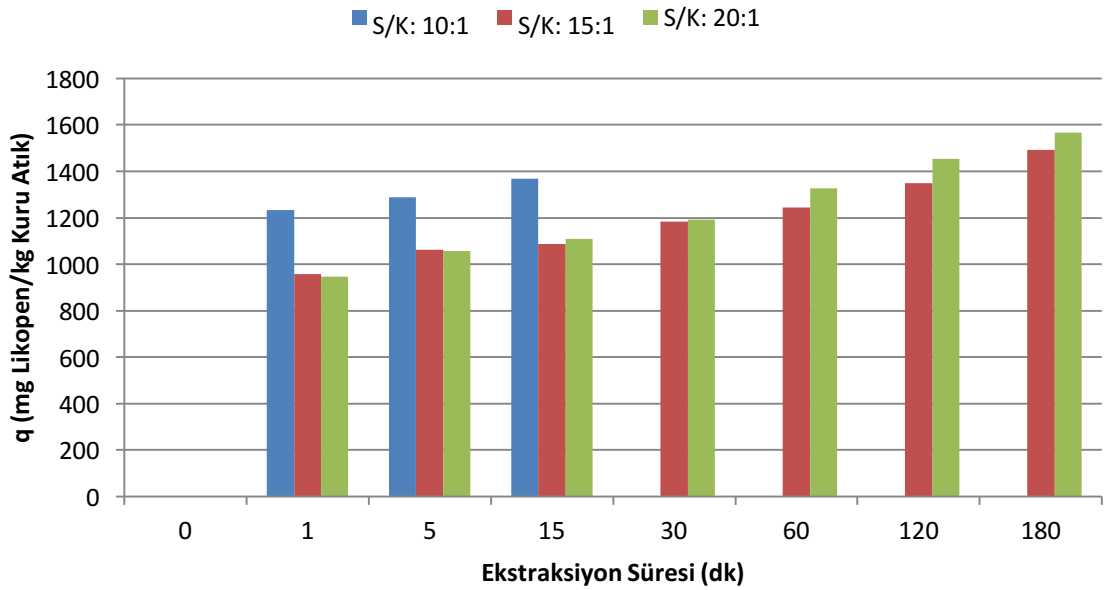
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından aseton çözücüsü ile likopen ekstraksiyonunda sıvı/katı oranının etkisi;  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki 3 g kuru atıkla, 45°C sıcaklıkta, 120 rpm karıştırma hızında ve çözücü olarak %5 BHT içeren 30 mL, 45 mL ve 60 mL asetonda S/K oranı 10:1, 15:1 ve 20:1'e ayarlanarak gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarıyla araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.22.'de, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.23.'te verilmiştir.

Şekil 5.22.'den etanol çözücüsüyle farklı S/K oranlarında gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarında elde edilen sonuçlara benzer olarak S/K oranının 10:1'den 20:1'e kadar artırılmasıyla (çözücü miktarı arttıkça) çözücüye geçen likopen derişiminin önemli derecede azaldığı görülmektedir. Yine aynı şekilden en düşük S/K oranı olan 10:1'de ekstraksiyonun en hızlı gerçekleştiği, on beş dakikada kararlı duruma erişildiği ve çözücüye geçen en yüksek likopen derişiminin elde edildiği gözlenmektedir. S/K oranının artması ayrıca ekstraksiyonun kararlı hale gelme süresini de artırmış ve sistem ancak üç saatte doygunluğa ulaşmıştır. Çözücü miktarı arttıkça atığın çözücüyle etkileşiminin daha iyi olmasına bağlı olarak kararlı duruma ulaşma süresinin uzadığı ve ayrıca düşük çözücü hacminden dolayı ekstraksiyon kapasitesinin daha kısa sürede sabitlendiği görülmektedir.

Şekil 5.23.'ten S/K oranının 10:1'den 20:1'e artırılmasıyla, kararlı durumdaki birim kuru atık başına ekstrakte edilen likopen miktarının arttığı gözlenmektedir.



**Şekil 5.22.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:120rpm)



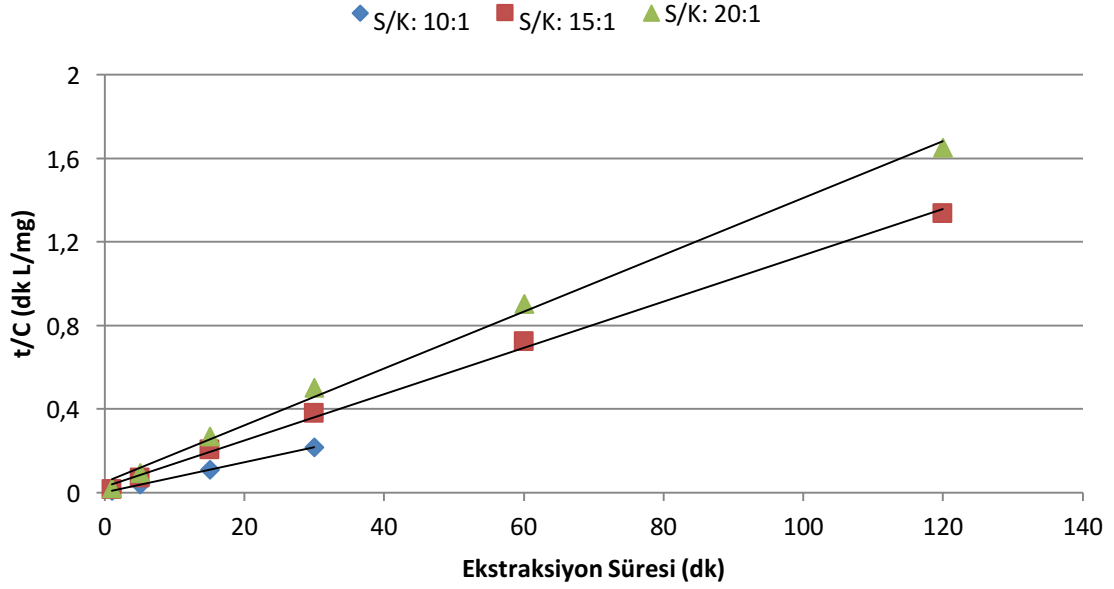
**Şekil 5.23.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C, Karıştırma Hızı:120rpm)

Kurutulmuş atıktan aseton çözücü ile farklı sıvı/katı oranlarında likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.13.'te sunulmuştur. Çizelgeden de kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun 20:1 sıvı/katı oranında en yüksek kapasite ve verimle gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.15.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

Sıvı/Katı Oranı	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
10:1	138,59	1385,91	0,139
15:1	99,49	1492,42	0,149
20:1	78,33	1566,57	0,157

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda aseton çözücüsü ile 10:1, 15:1 ve 20:1 sıvı/katı oranlarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $t/C$ 'ye karşı  $t$  değerleri grafiğe alınarak, elde edilen doğruların (Şekil 5.24.) eğim değerlerinden teorik ekstraksiyon dengesi durumunda (kararlı durumda) çözücüye geçen likopen derişimi ( $C_{den,teo}$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktalarından da ikinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_2$ ) değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.16.'da sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm sıvı/katı oranlarında deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları ikinci derece kinetik modelin farklı sıvı/katı oranlarında kesikli karıştırmalı likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden 10:1 sıvı/katı oranında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek başlangıç hızına sahip olduğu ve en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.24.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.16.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

Sıvı/Katı Oranı	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_2 \cdot 10^4$ (L/mg dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
10:1	138,59	138,89	259,20	497,86	0,999	0,21
15:1	99,49	90,91	40,20	39,79	0,998	8,63
20:1	78,33	73,53	36,27	22,25	0,996	6,13



## **5.2. Sokslet Ekstraksiyonu Çalışmaları**

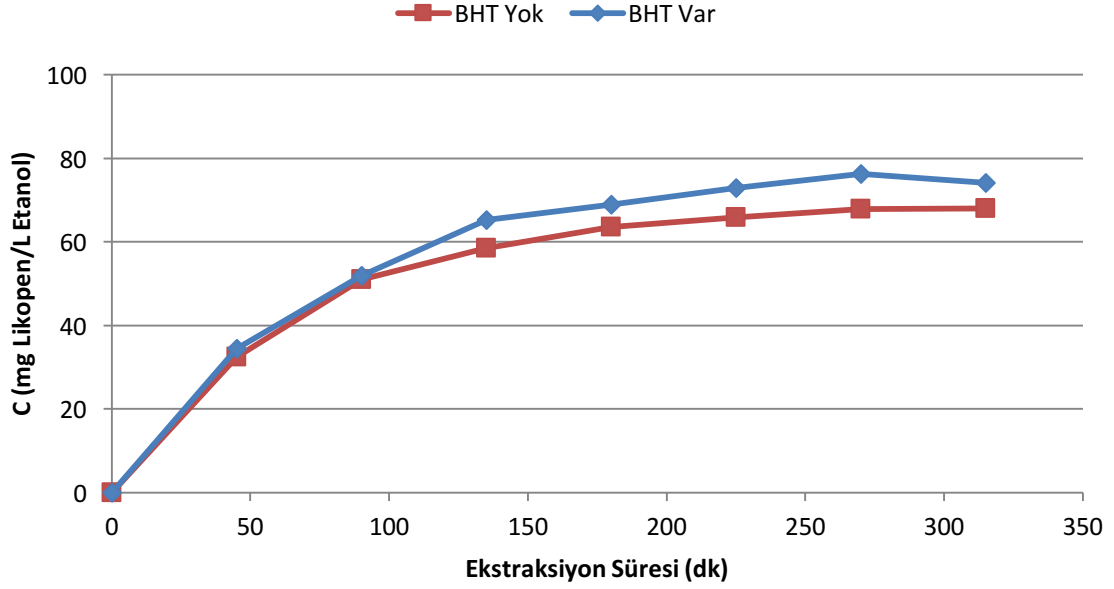
Sokslet ekstraksiyonunda çözücünün kaynama noktasında çalışıldığından ve sistemde karıştırma yapılamadığından, kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonu çalışmalarında BHT (Bütil Hidroksi Toluen) varlığının, tanecik boyut aralığının, sıvı/katı oranının ve çözücü türünün likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır.

### **5.2.1. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığının Etkisi**

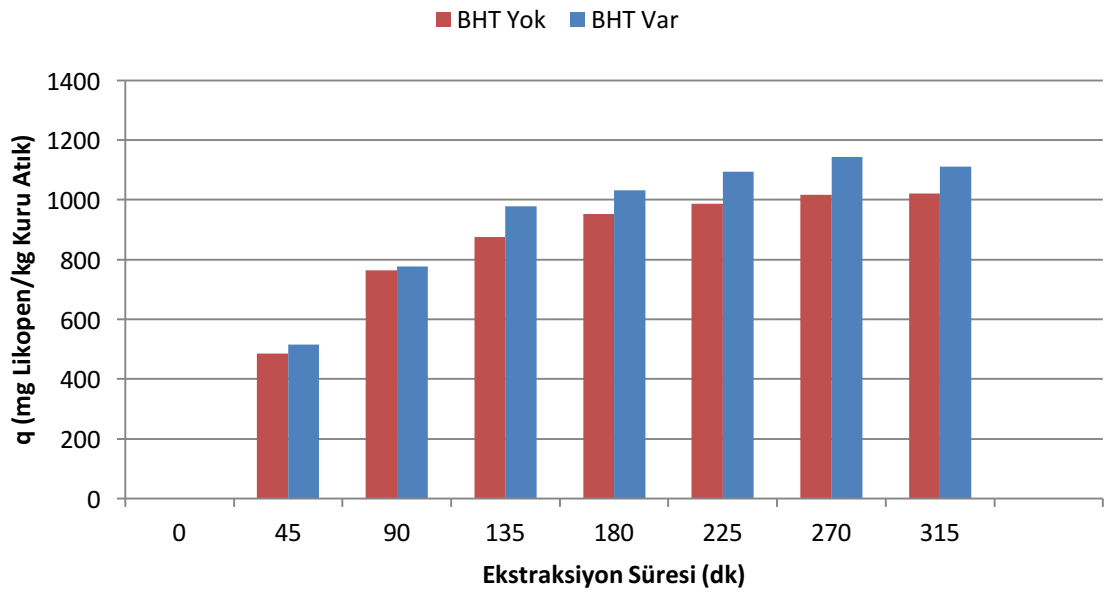
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda BHT varlığının etkisi;  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki 16 g kurutulmuş atığın çözücü olarak %5 BHT içeren ve BHT içermeyen 240 mL etanolla ( $79^\circ\text{C}$ ) ekstraksiyonuyla araştırılmış ve elde edilen çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.25.'te, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.26.'da verilmiştir.

Şekil 5.25.'ten sokslet likopen ekstraksiyonunun oldukça yavaş gerçekleştiği, her iki durumda da doygunluğa ulaşma süresinin 4,5 saate yakın sürdüğü gözlenmektedir. Yine aynı şekilden BHT varlığında likopen ekstraksiyonunun daha hızlı ve likopen veriminin de daha yüksek olduğu görülmektedir. Çözücüdeki BHT varlığı daha fazla likopenin atıktan ekstrakte edilebilmesini ve likopenin ekstraksiyon koşullarından daha az etkilenmesini sağlamıştır.

Şekil 5.26.'dan yine BHT varlığında atıktan daha fazla likopen ekstrakte edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.25.** Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C)



**Şekil 5.26.** Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C)

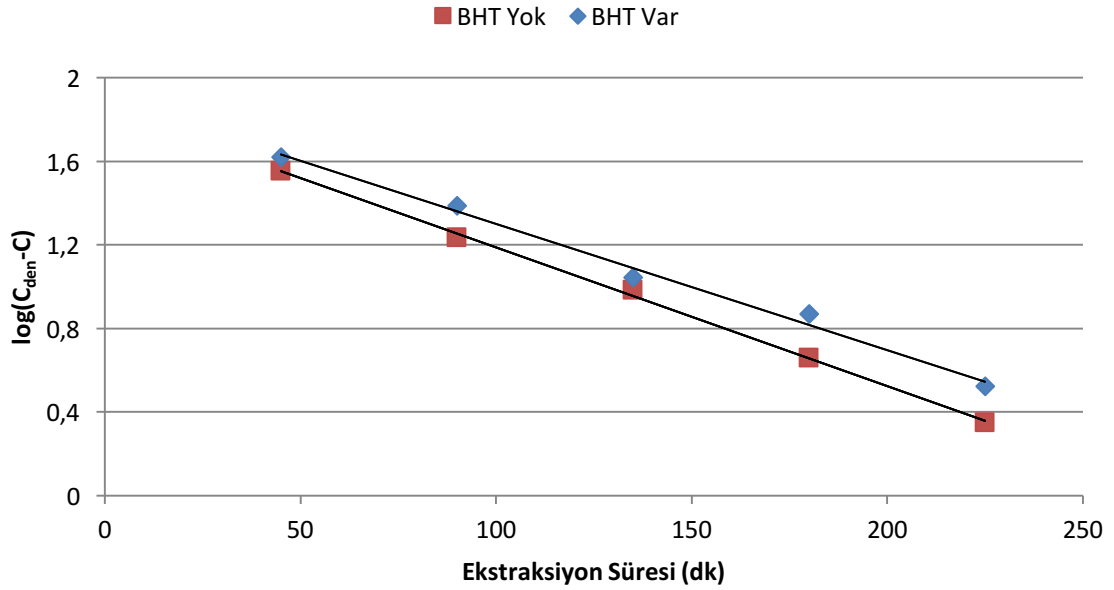
Kurutulmuş atıktan BHT varlığında ve yokluğunda likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütlesi

başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.17.'de sunulmuştur. Çizelgeden de %5 BHT varlığında daha yüksek kapasite ve verimle kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.17.** Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
<b>BHT Var</b>	76,25	1143,80	0,114
<b>BHT Yok</b>	68,05	1020,76	0,102

Soksalet ekstraksiyonunda BHT varlığında ve yokluğunda kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere birinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $\log(C_{den}-C)$ 'ye karşı t değerleri grafiğe alınarak elde edilen doğruların (Şekil 5.27.) eğim değerlerinden birinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_1$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktasından teorik ekstraksiyon dengesi durumunda çözücüye geçen likopen derişimi  $C_{den,teo}$  değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.18.'de sunulmuştur. Çizelgeden BHT varlığında ve yokluğunda deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları birinci derece kinetik modelin BHT varlığında ve yokluğundaki soksalet likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden BHT varlığında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun daha yüksek başlangıç hızına sahip olduğu ve daha yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.27.** Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Elde Edilen Birinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.18.** Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda BHT Varlığında ve Yokluğunda Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, Birinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_1 * 10^{+4}$ (1/dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
<b>BHT Var</b>	76,25	79,98	138,18	1,05	0,992	4,89
<b>BHT Yok</b>	68,05	70,78	119,76	0,81	0,999	4,01

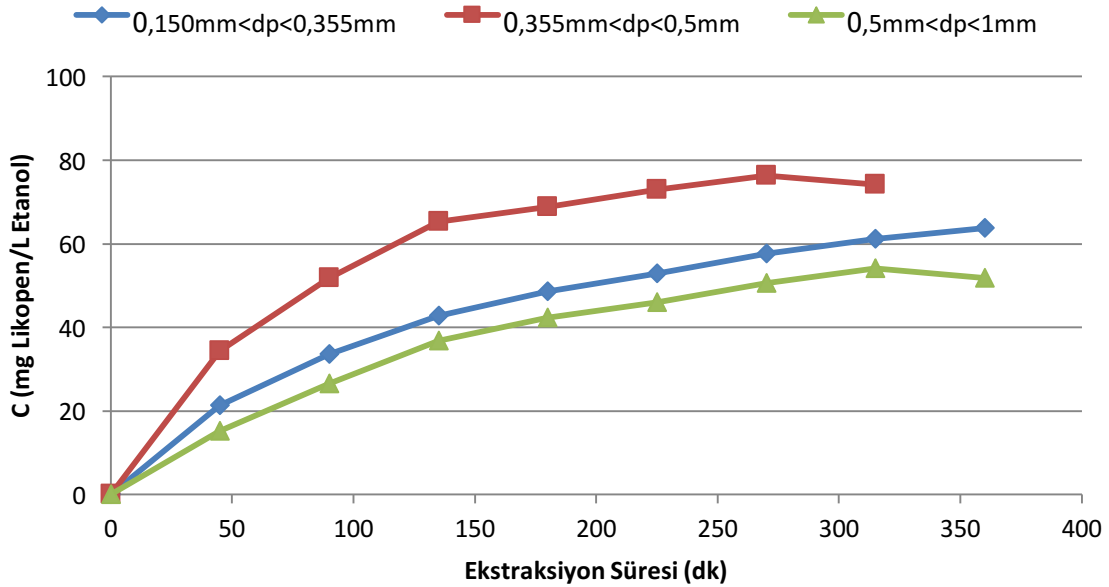
### 5.2.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Tanecik Boyut Aralığının Etkisi

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda tanecik boyut aralığının etkisi;  $0,150\text{mm} < d_p < 0,355\text{mm}$ ,  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  ve  $0,5\text{mm} < d_p < 1\text{mm}$  tanecik boyut aralıklarındaki 16 g kuru atığın çözücü olarak %5 BHT içeren 240 mL etanolde ekstraksiyonu ile araştırılmıştır. Tanecik boyut aralığındaki değişime göre elde

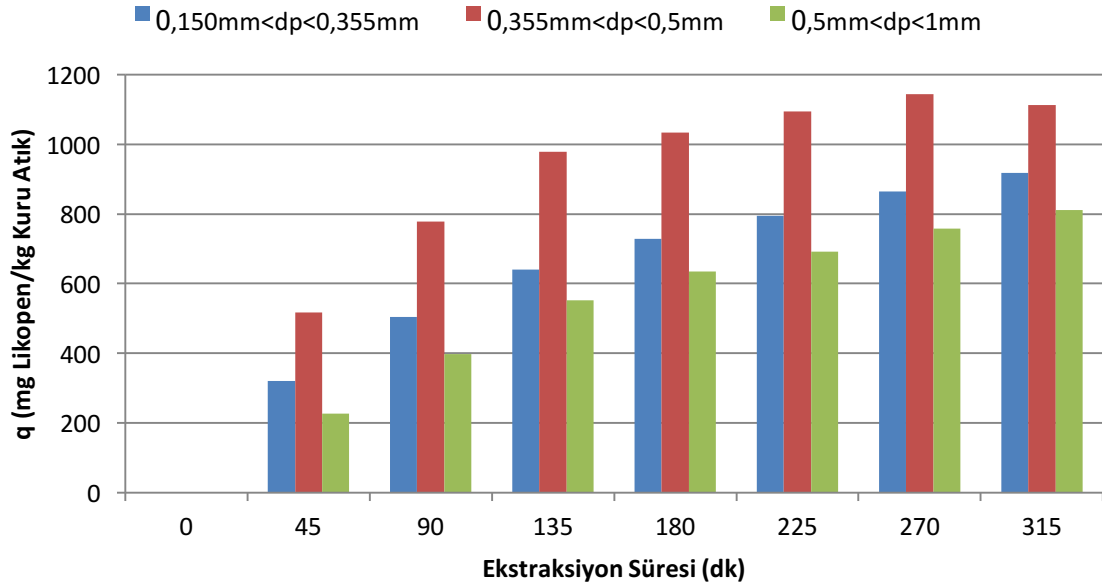
edilen çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.28.'de, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.29.'da verilmiştir.

Şekil 5.28.'den  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığında çözücüye geçen likopen derişiminin en yüksek olduğu,  $0,150\text{mm} < d_p < 0,355\text{mm}$  tanecik boyut aralığında atığın çözücü ile temasında çamurlaşmasıyla çözücü ile etkileşiminin azalmasına bağlı olarak likopen ekstraksiyonun daha düşük düzeyde gerçekleştiği,  $0,5\text{mm} < d_p < 1\text{mm}$  tanecik boyut aralığında ise atık taneciklerinin boyutunun artması nedeniyle toplam yüzey alanının azalmasına bağlı olarak ekstraksiyon veriminin en düşük olduğu gözlenmektedir. Yine aynı şekilden çalışılan tüm tanecik boyut aralıklarında 5-6 saat sonunda ekstraksiyonun kararlı duruma ulaştığı görülmektedir. Bundan sonraki tüm sokslet ekstraksiyon çalışmaları  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığında gerçekleştirilmiştir.

Şekil 5.29.'dan yine  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki kuru atıktan ekstrakte edilen likopen miktarının en fazla olduğu görülmektedir.



**Şekil 5.28.** Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C)



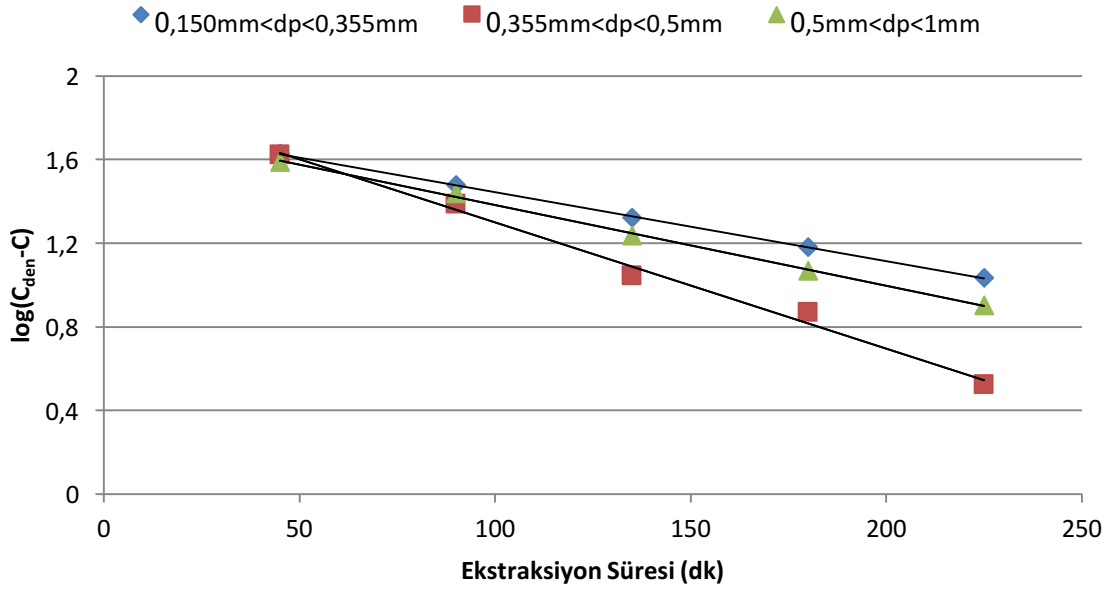
**Şekil 5.29.** Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C)

Kurutulmuş atıktan  $0,150\text{mm}<d_p<0,355\text{mm}$ ,  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  ve  $0,5\text{mm}<d_p<1\text{mm}$  tanecik boyut aralıklarındaki likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütle başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.19.'da sunulmuştur. Çizelgeden de  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki kuru atıktan en yüksek kapasite ve verimle likopen ekstraksiyonun gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.19.** Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

Tanecik Boyut Aralığı	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
<b><math>0,150\text{mm}&lt;d_p&lt;0,355\text{mm}</math></b>	63,80	956,96	0,096
<b><math>0,355\text{mm}&lt;d_p&lt;0,5\text{mm}</math></b>	76,25	1143,80	0,114
<b><math>0,5\text{mm}&lt;d_p&lt;1\text{mm}</math></b>	54,08	811,14	0,081

Soksalet ekstraksiyonunda  $0,150\text{mm}<d_p<0,355\text{mm}$ ,  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  ve  $0,5\text{mm}<d_p<1\text{mm}$  tanecik boyut aralıklarındaki kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere birinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $\log(C_{\text{den}}-C)$ 'ye karşı t değerleri grafiğe alınarak elde edilen doğruların (Şekil 5.30.) eğim değerlerinden birinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_1$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktasından teorik ekstraksiyon dengesi durumunda çözücüye geçen likopen derişimi  $C_{\text{den,teo}}$  değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.20.'de sunulmuştur. Çizelgeden  $0,150\text{mm}<d_p<0,355\text{mm}$ ,  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  ve  $0,5\text{mm}<d_p<1\text{mm}$  tanecik boyut aralıklarındaki deneysel  $C_{\text{den,den}}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{\text{den,teo}}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları birinci derece kinetik modelin farklı tanecik boyut aralıklarında gerçekleştirilen soksalet likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek başlangıç hızına sahip olduğu ve en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği de görülmektedir.



**Şekil 5.30.** Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen Birinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.20.** Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Tanecik Boyut Aralıklarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, Birinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

Tanecik Boyut Aralığı	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_1 * 10^{+4}$ (1/ dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
$0,150mm < d_p < 0,355mm$	63,80	59,51	99,03	0,63	0,999	6,72
$0,355mm < d_p < 0,5mm$	76,25	79,98	138,18	1,05	0,992	4,90
$0,5mm < d_p < 1mm$	54,08	58,99	94,42	0,51	0,999	9,09

### 5.2.3. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi

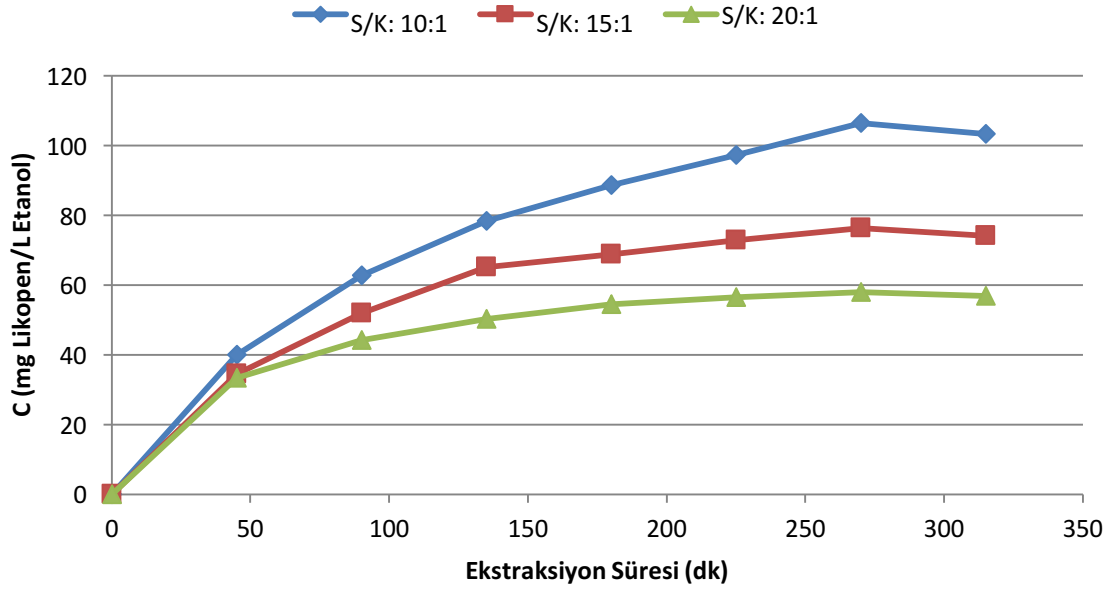
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda sıvı/katı oranının etkisi;  $0,355mm < d_p < 0,5mm$  tanecik boyut aralığındaki çözücü olarak %5 BHT içeren 240 mL etanol içerisinde 24 g, 16 g ve 12 g kuru atıkla, S/K oranı 10:1, 15:1 ve 20:1'e ayarlanarak gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarıyla araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.31.'de, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.32.'de verilmiştir.

Şekil 5.31.'den S/K oranı arttıkça (katı miktarı azaldıkça) çözücüye geçen likopen derişiminin ve çözücüye geçiş hızının azaldığı gözlenmektedir. S/K oranının 10:1 olduğu durumda en yüksek likopen derişimine ulaşıldığı görülmektedir. Yine aynı şekilden çalışılan tüm S/K oranlarında 4,5 saatin sonunda ekstraksiyonun doygunluğa ulaştığı gözlenmektedir.

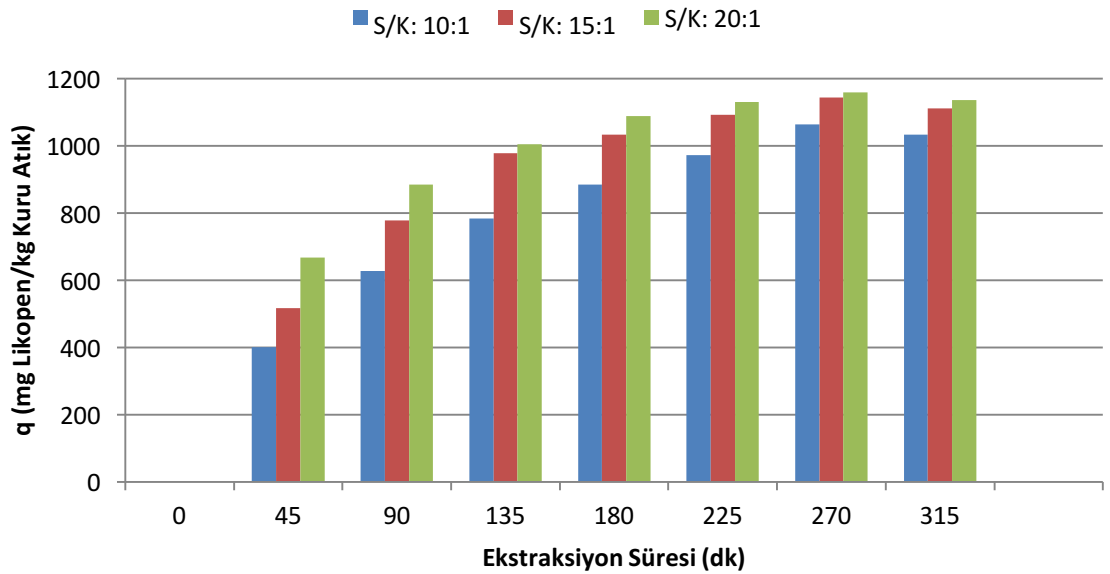
Şekil 5.32.'den de S/K oranının artmasıyla birim kuru atıktan ekstrakte edilen likopen miktarının da arttığı ve 20:1 S/K oranında ekstrakte edilen likopen miktarının en yüksek değerde olduğu görülmektedir. Soksalet ekstraksiyonunda karıştırmanın olmamasının çözücünün kuru atık tanecikleriyle doğrudan temasını engellemesinden dolayı, S/K oranı



arttıkça (katı miktarı azaldıkça) atığın taze çözücü ile daha iyi temas etmesine bağlı olarak birim atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı artmıştır.



**Şekil 5.31.** Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C)



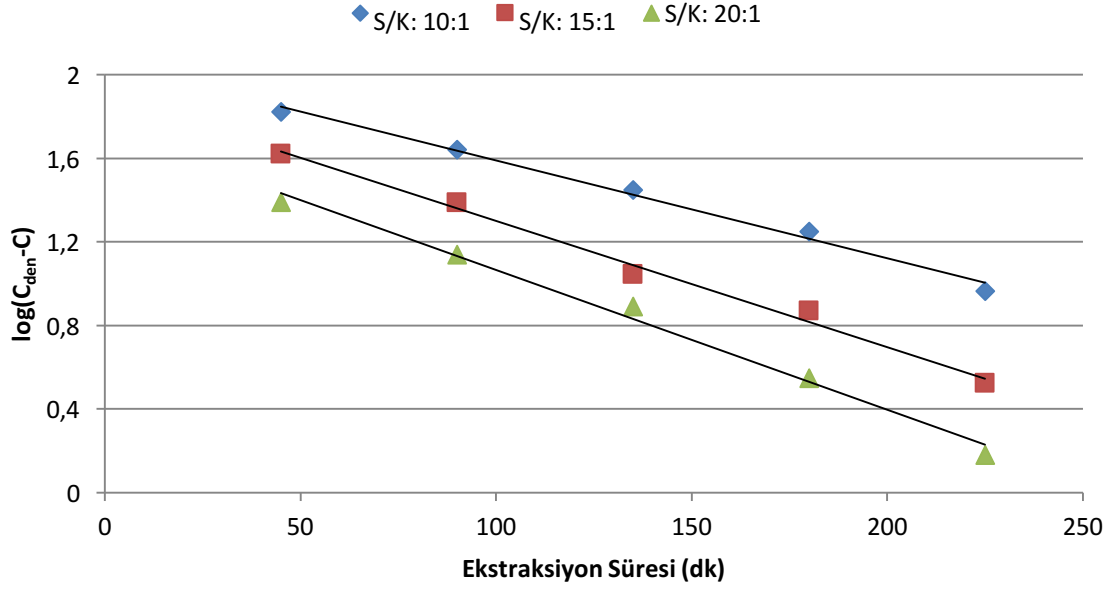
**Şekil 5.32.** Soksalet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:79°C)

Kurutulmuş atıktan farklı sıvı/katı oranlarında likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.21.'de sunulmuştur. Çizelgeden de kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun 20:1 sıvı/katı oranında en yüksek kapasite ve verimle gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.21.** Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

Sıvı/Katı Oranı	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
10:1	106,43	1064,30	0,106
15:1	76,25	1143,80	0,114
20:1	58,03	1160,51	0,116

Sokslet ekstraksiyonunda 10:1, 15:1 ve 20:1 sıvı/katı oranlarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere birinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $\log(C_{den}-C)$ 'ye karşı t değerleri grafiğe alınarak elde edilen doğruların (Şekil 5.33.) eğim değerlerinden birinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_1$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktasından teorik ekstraksiyon dengesi durumunda çözücüye geçen likopen derişimi  $C_{den,teo}$  değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.22.'de sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm sıvı/katı oranlarında deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları birinci derece kinetik modelin farklı sıvı/katı oranlarında sokslet likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun sıvı/katı 10:1 oranında en yüksek başlangıç hızına sahipken, 20:1 sıvı/katı oranında en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.33.** Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Birinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.22.** Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, Birinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

Sıvı/Katı Oranı	C <sub>den,den</sub> (mg/L)	C <sub>den,teo</sub> (mg/L)	k <sub>1</sub> *10 <sup>+4</sup> (1/ dk)	h (mg/L dk)	R <sup>2</sup>	± % Hata
10:1	106,43	113,89	108,24	1,15	0,991	7,01
15:1	76,25	79,98	138,18	1,05	0,992	4,89
20:1	58,03	54,10	154,30	0,90	0,991	6,76

#### **5.2.4. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Çözücü Türünün Etkisi**

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda çözücü türünün etkisi etanol ve etil asetat çözücüleriyile farklı sıvı/katı oranlarında araştırılmıştır. Aseton soksalet ekstraksiyonuna uygun olmadığı için kullanılmamıştır.

##### **5.2.4.1. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi**

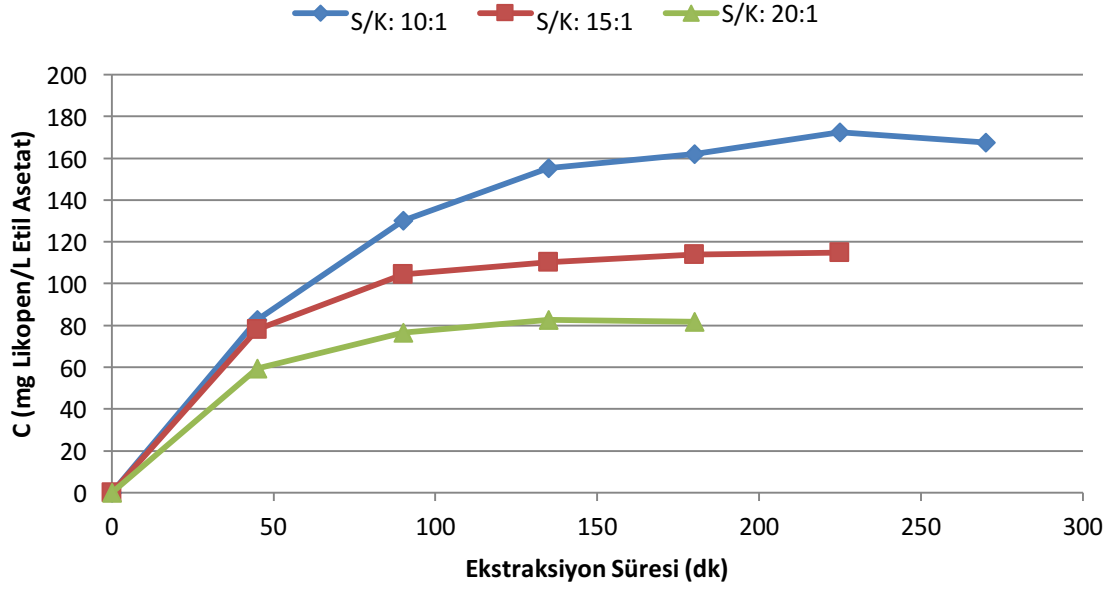
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından etanol çözücüsü ile farklı sıvı/katı oranlarında likopen ekstraksiyonu Bölüm 5.2.3.'te incelenmiş olup, elde edilen sonuçlar ilgili kısımda irdelenmiştir.

##### **5.2.4.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi**

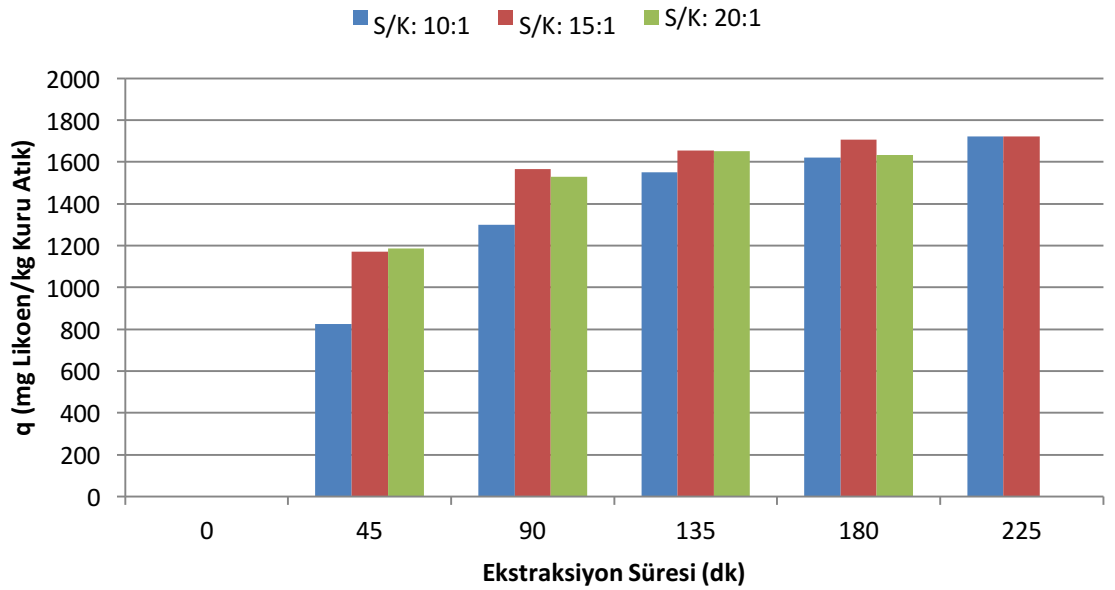
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda sıvı/katı oranının etkisi;  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki, çözücü olarak %5 BHT içeren 240 mL etil asetat içerisinde 24 g, 16 g ve 12 g kuru atıkla, S/K oranı 10:1, 15:1 ve 20:1'e ayarlanarak gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarıyla araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.34.'te, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.35.'te verilmiştir.

Şekil 5.34.'ten S/K oranı arttıkça (katı miktarı azaldıkça) çözücüye geçen likopen derişiminin ve çözücüye geçiş hızının azaldığı gözlenmektedir. S/K oranının 10:1 olduğu durumda en yüksek likopen derişimine ulaşıldığı görülmektedir. Yine aynı şekilde 10:1 ve 15:1 S/K oranlarında ekstraksiyonların doygunluğa ulaşma süreleri yaklaşık dört saatken, 20:1 S/K oranında bu sürenin iki saat olduğu gözlenmektedir.

Şekil 5.35.'ten S/K oranının 10:1'den 15:1'e kadar artırılmasıyla kararlı durumdaki birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının çok fazla değişmediği, S/K oranının 20:1'e çıkarılmasıyla ise kararlı durumdaki birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının bir miktar azaldığı görülmektedir. Atıktan ekstrakte edilebilir likopen kapasitesi sabit olduğundan 10:1 S/K oranında kullanılan çözücü miktarının atıktaki likopenin ekstraksiyonu için yeterli olduğu söylenebilir.



**Şekil 5.34.** Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:77°C)



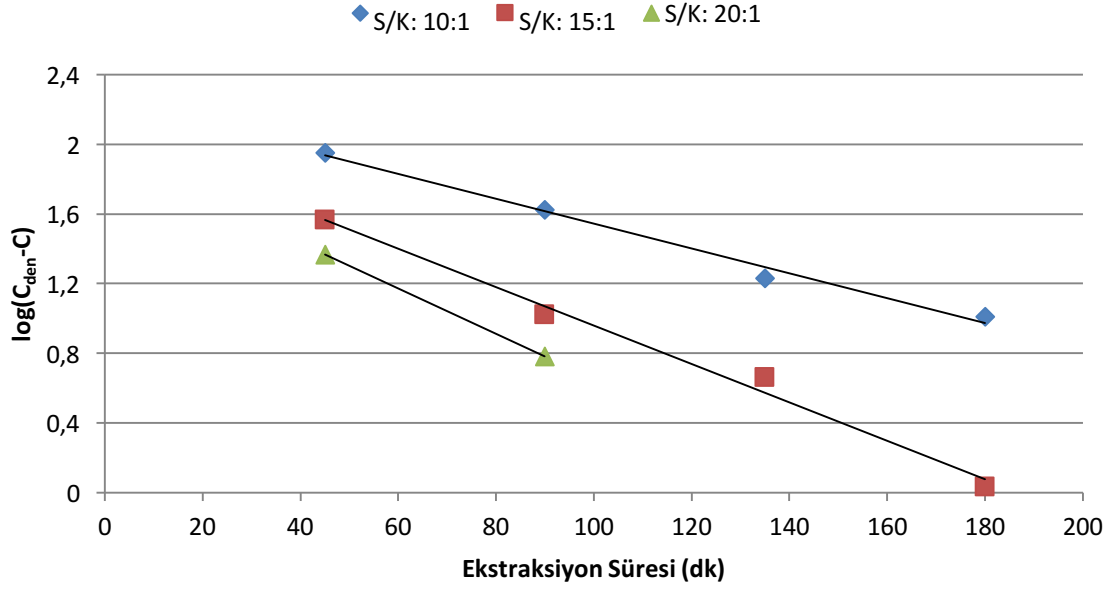
**Şekil 5.35.** Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:77°C)

Kurutulmuş atıktan etil asetat çözücüsü ile farklı sıvı/katı oranlarında likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.23.'te sunulmuştur. Çizelgeden de kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun 10:1 ve 15:1 sıvı/katı oranlarında en yüksek kapasite ve verimle gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.23.** Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

Sıvı/Katı Oranı	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
10:1	172,26	1722,58	0,172
15:1	114,88	1723,25	0,172
20:1	82,62	1652,38	0,165

Sokslet ekstraksiyonunda 10:1, 15:1 ve 20:1 sıvı/katı oranlarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere birinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $\log(C_{den}-C)$ 'ye karşı t değerleri grafiğe alınarak elde edilen doğruların (Şekil 5.36.) eğim değerlerinden birinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_1$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktasından teorik ekstraksiyon dengesi durumunda çözücüye geçen likopen derişimi  $C_{den,teo}$  değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.24.'te sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm sıvı/katı oranlarında deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları birinci derece kinetik modelin farklı sıvı/katı oranlarında sokslet likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun 10:1 sıvı/katı oranında en yüksek başlangıç hızına sahipken, 20:1 sıvı/katı oranında en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.36.** Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Birinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.24.** Sokslet Ekstraksiyonunda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, Birinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

Sıvı/Katı Oranı	C <sub>den,den</sub> (mg/L)	C <sub>den,teo</sub> (mg/L)	k <sub>1</sub> *10 <sup>+4</sup> (1/ dk)	h (mg/L dk)	R <sup>2</sup>	± % Hata
10:1	172,26	181,93	175,82	3,02	0,989	5,61
15:1	114,88	114,63	253,33	2,91	0,990	0,22
20:1	82,62	88,76	297,09	2,45	1	7,43

### **5.3. Ultrason Destekli Ekstraksiyon Çalışmaları**

Çalışmaların bu kısmında kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda daha iyi bir karıştırma sağlanarak ekstraksiyonun daha hızlı ve kısa sürede gerçekleştirilebilmesi için ultrason destekli ekstraksiyon kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda sadece çözücü türünün ve her bir çözücü için sıvı/katı oranının likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri incelenmiştir.

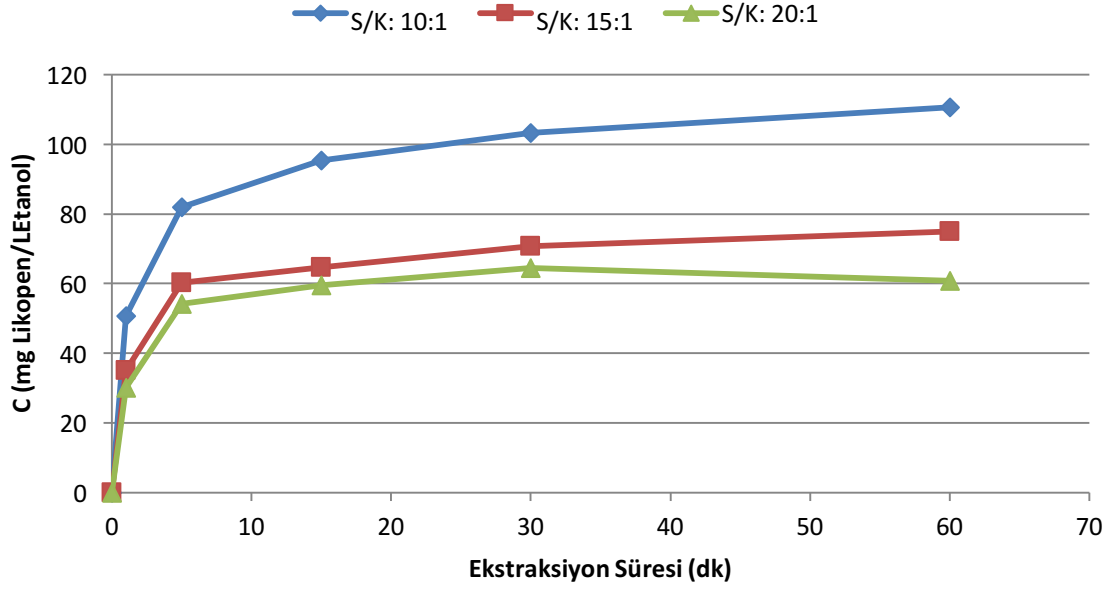
#### **5.3.1. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi**

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından etanol çözücüsü ile likopen ekstraksiyonunda sıvı/katı oranının etkisi;  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki 3 g kuru atıkla,  $60^\circ\text{C}$  sıcaklıkta ve çözücü olarak %5 BHT içeren 30 mL, 45 mL ve 60 mL etanolde S/K oranı 10:1, 15:1 ve 20:1'de ayarlanarak gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarıyla araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.37.'de, birim kuru atık kütle başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.38.'de verilmiştir.

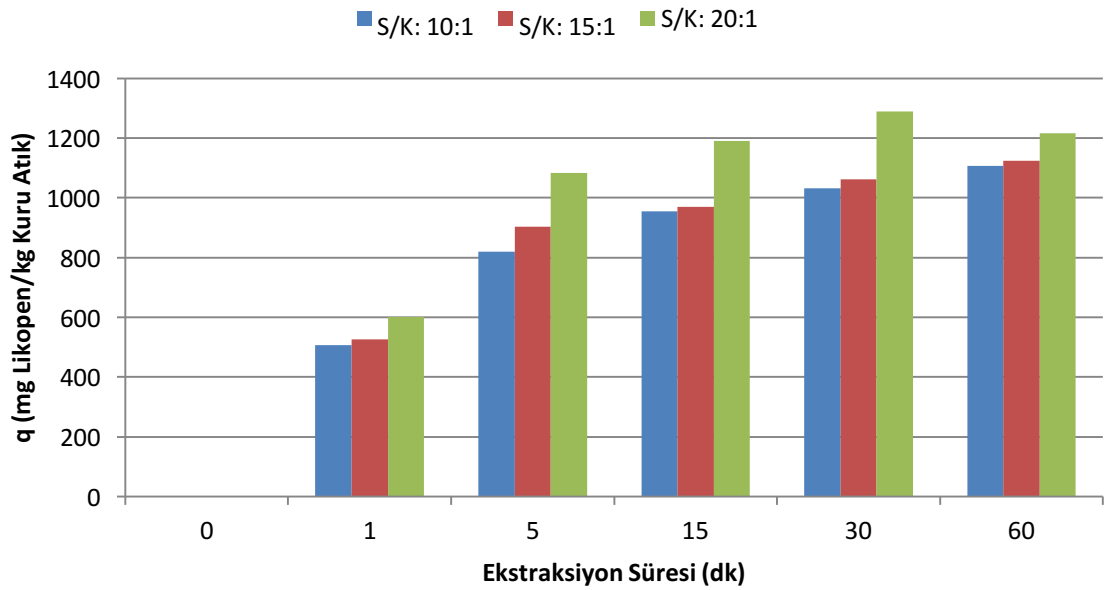
Şekil 5.37.'den çalışılan tüm S/K oranlarında ekstraksiyonun ultrasonik karıştırmaya bağlı olarak çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştiği ve diğer ekstraksiyon türlerine göre çok daha kısa sürede kararlı duruma ulaşıldığı görölmektedir. Yine aynı şekilde S/K oranının 10:1'den 20:1'e kadar artırılmasıyla (çözücü miktarı arttıkça) çözücüye geçen likopen derişiminin azaldığı görölmektedir. 10:1 ve 15:1 S/K oranlarında ekstraksiyonların doygunluğa ulaşma süreleri bir saatken, 20:1 S/K oranında bu sürenin yarım saate düştüğü gözlenmektedir.

Şekil 5.38.'den de S/K oranının artmasıyla birim kuru atıktan ekstrakte edilen likopen miktarının da arttığı ve 20:1 S/K oranında çözücü miktarının artmasına ve ultrasonik karıştırmaya bağlı olarak atığın çözücü ile etkileşiminin daha iyi olmasıyla ekstrakte edilen likopen miktarının en yüksek değerde olduğu görölmektedir.





**Şekil 5.37.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C)



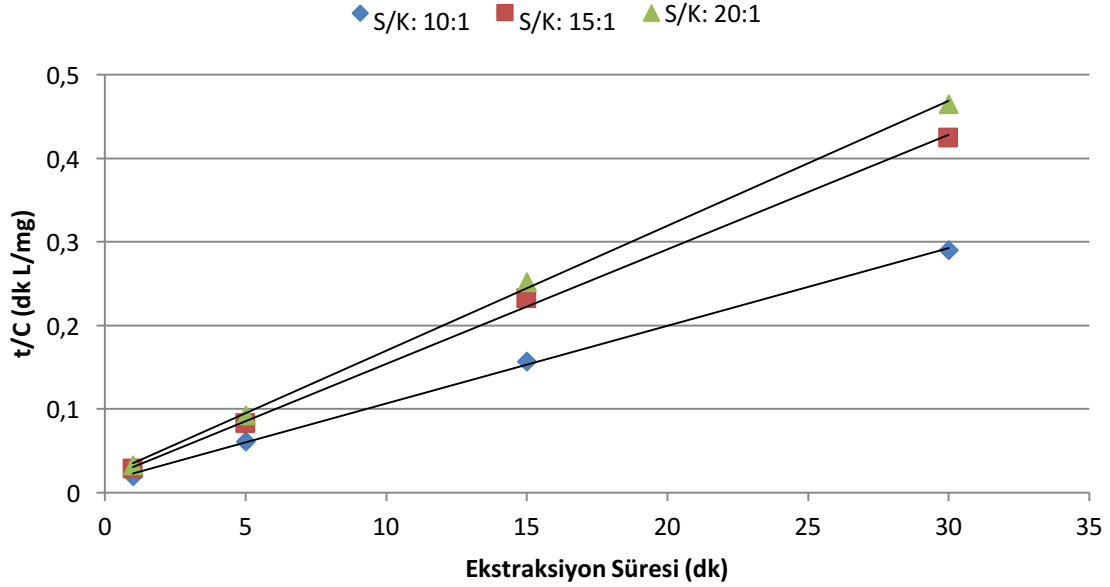
**Şekil 5.38.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C)

Kurutulmuş atıktan etanol çözücüsü ile farklı sıvı/katı oranlarında likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.25.'te sunulmuştur. Çizelgeden de kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun 20:1 sıvı/katı oranında en yüksek kapasite ve verimle gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.25.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

Sıvı/Katı Oranı	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
10:1	110,63	1106,84	0,111
15:1	74,94	1124,05	0,112
20:1	64,51	1290,13	0,129

Ultrason destekli ekstraksiyonda etanol çözücüsü ile 10:1, 15:1 ve 20:1 sıvı/katı oranlarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $t/C$ 'ye karşı  $t$  değerleri grafiğe alınarak, elde edilen doğruların (Şekil 5.39.) eğim değerlerinden teorik ekstraksiyon dengesi durumunda (kararlı durumda) çözücüye geçen likopen derişimi ( $C_{den,teo}$ ) değerleri, doğruların grafiğin  $y$  eksenini kesim noktalarından da ikinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_2$ ) değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.26.'da sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm sıvı/katı oranlarında deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları ikinci derece kinetik modelin farklı sıvı/katı oranlarında ultrason destekli likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun 10:1 sıvı/katı oranında en yüksek başlangıç hızına sahipken, 20:1 sıvı/katı oranında en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.39.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.26.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etanol Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

Sıvı/Katı Oranı	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_2 \cdot 10^{+4}$ (L/mg dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
10:1	110,63	107,63	64,07	78,42	0,999	2,81
15:1	74,94	72,99	109,12	61,28	0,999	2,60
20:1	64,51	67,11	110,45	45,96	0,999	4,04

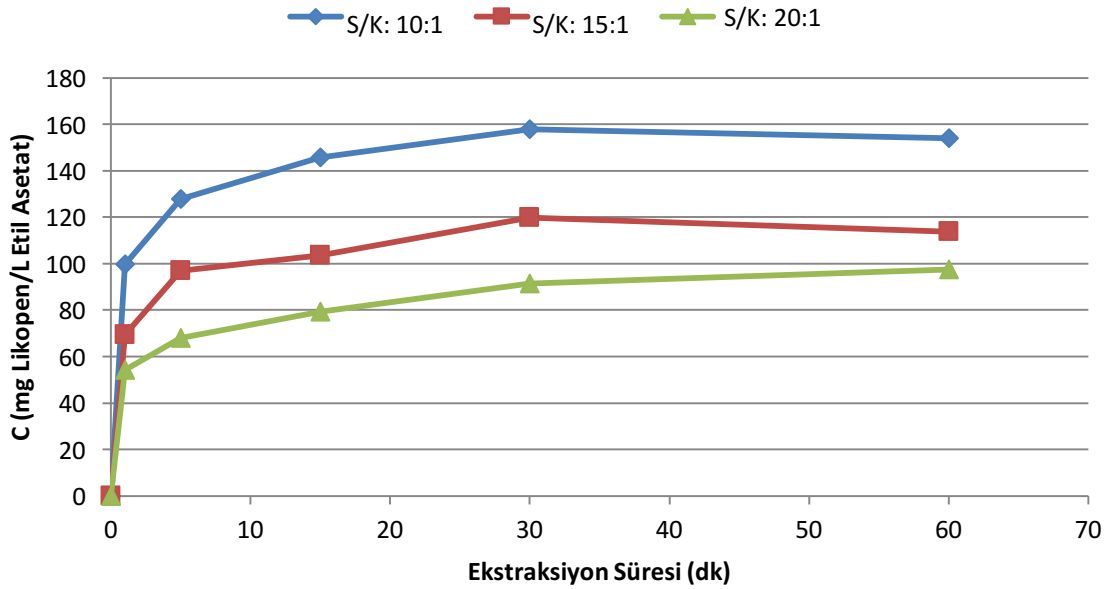
### 5.3.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından etil asetat çözücüsü ile likopen ekstraksiyonunda sıvı/katı oranının etkisi;  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki

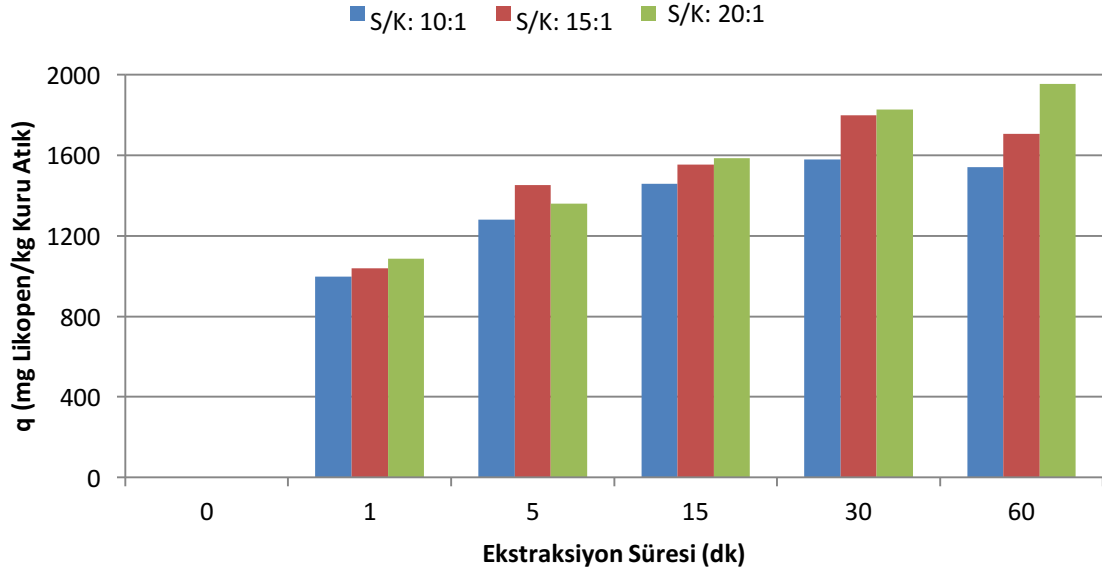
3 g kuru atıkla, 60°C sıcaklıkta ve çözücü olarak %5 BHT içeren 30 mL, 45 mL ve 60 mL etil asetat S/K oranı 10:1, 15:1 ve 20:1'e ayarlanarak gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarıyla araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağılı değişim eğrileri Şekil 5.40.'da, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağılı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.41.'de verilmiştir.

Şekil 5.40.'dan etanolle yapılan ultrason destekli ekstraksiyon çalışmalarında elde edilen sonuçlara benzer olarak, çalışılan tüm S/K oranlarında etil asetat çözücüsü ile likopen ekstraksiyonunun da çok hızlı ve kısa sürede gerçekleştiği görülmektedir. Yine aynı şekilden S/K oranının 10:1'den 20:1'e kadar artırılmasıyla (çözücü miktarı arttıkça) çözücüye geçen likopen derişiminin önemli ölçüde azaldığı gözlenmektedir. Çalışılan tüm S/K oranlarında ekstraksiyon yarım saatte kararlı hale ulaşmıştır.

Şekil 5.41.'den de S/K oranının artmasıyla birim kuru atıktan ekstrakte edilen likopen miktarının da arttığı ve 20:1 S/K oranında ekstrakte edilen likopen miktarının en yüksek değerde olduğu görülmektedir.



**Şekil 5.40.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağılı Değişimi (Sıcaklık:60°C)



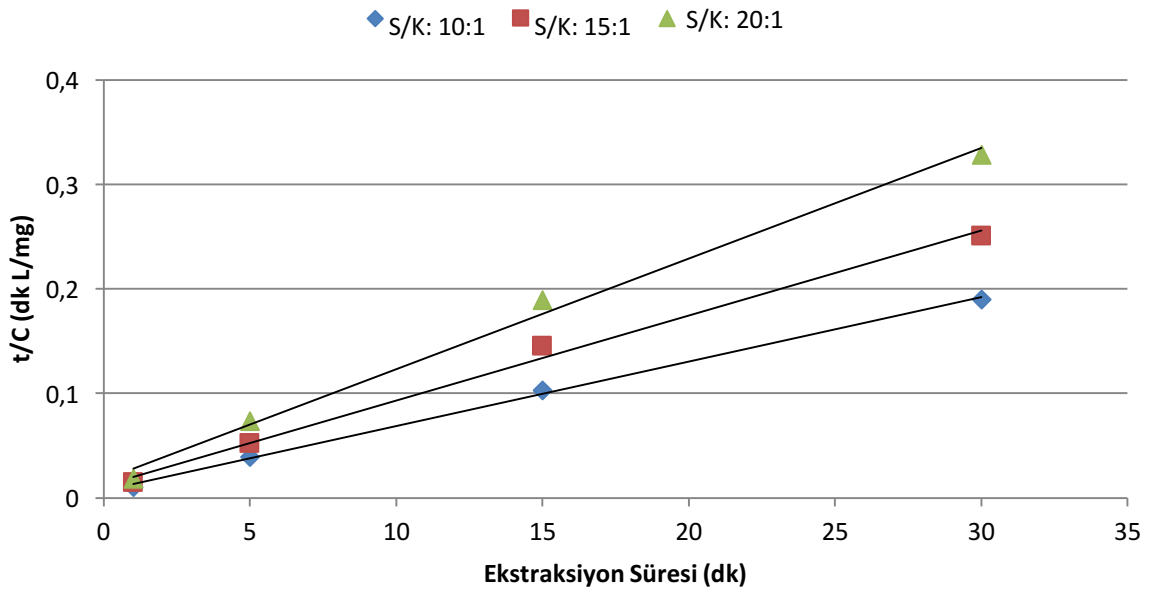
**Şekil 5.41.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:60°C)

Kurutulmuş atıktan etil asetat çözücüsü ile farklı sıvı/katı oranlarında likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütle başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.27.'de sunulmuştur. Çizelgeden de kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun 20:1 sıvı/katı oranında en yüksek kapasite ve verimle gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.27.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

Sıvı/Katı Oranı	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
<b>10:1</b>	157,95	1579,48	0,158
<b>15:1</b>	119,88	1798,18	0,180
<b>20:1</b>	97,60	1952,08	0,195

Ultrason destekli ekstraksiyonda etil asetat çözücüsü ile 10:1, 15:1 ve 20:1 sıvı/katı oranlarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $t/C$ 'ye karşı  $t$  değerleri grafiğe alınarak, elde edilen doğruların (Şekil 5.42.) eğim değerlerinden teorik ekstraksiyon dengesi durumunda (kararlı durumda) çözücüye geçen likopen derişimi ( $C_{den,teo}$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktalarından da ikinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_2$ ) değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.28.'de sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm sıvı/katı oranlarında deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları ikinci derece kinetik modelin farklı sıvı/katı oranlarında ultrason destekli likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun 10:1 sıvı/katı oranında en yüksek başlangıç hızına sahipken, 20:1 sıvı/katı oranında en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.42.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.28.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Etil Asetat Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

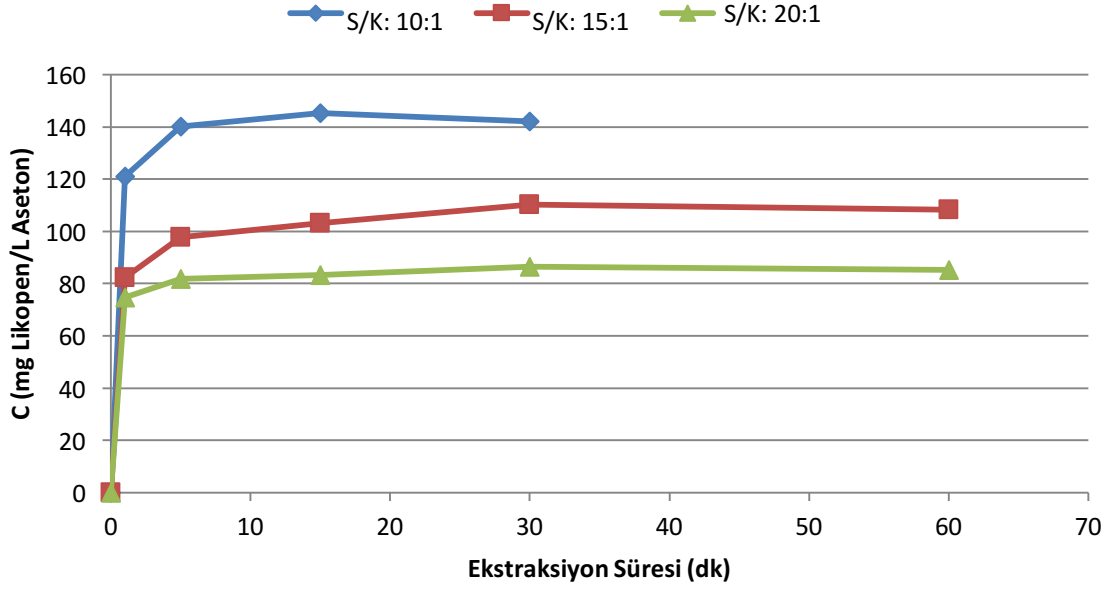
Sıvı/Katı Oranı	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_2 \cdot 10^{+4}$ (L/mg dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
10:1	157,95	161,29	55,71	138,98	0,999	2,12
15:1	119,88	123,46	56,56	81,28	0,994	2,99
20:1	97,60	94,34	64,57	61,52	0,994	3,35

### 5.3.3. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Sıvı/Katı Oranının Etkisi

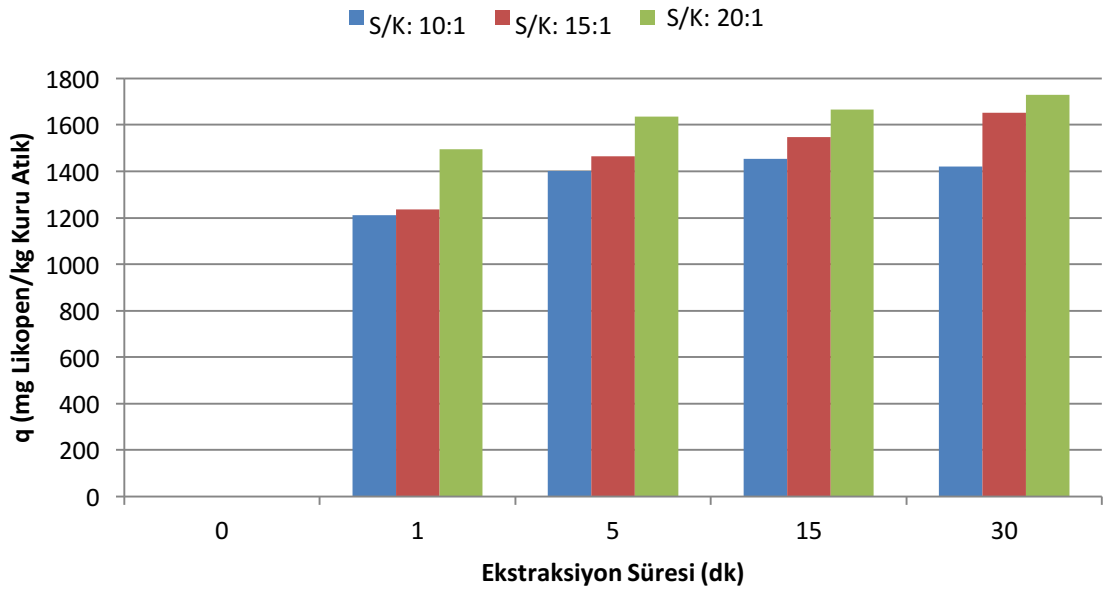
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından aseton çözücüsü ile likopen ekstraksiyonunda sıvı/katı oranının etkisi;  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki 3 g kuru atıkla,  $60^\circ\text{C}$  sıcaklıkta ve çözücü olarak %5 BHT içeren 30 mL, 45 mL ve 60 mL asetonunda S/K oranı 10:1, 15:1 ve 20:1'e ayarlanarak gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarıyla araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonunda elde edilen, çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 5.43.'te, birim kuru atık kütle başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 5.44.'te verilmiştir.

Şekil 5.43.'ten asetonla ultrason destekli likopen ekstraksiyonun en yüksek hızla gerçekleştiği, ortalama yarım saat içerisinde kararlı duruma ulaşıldığı ve S/K oranının 10:1'den 20:1'e kadar artırılmasıyla (çözücü miktarı arttıkça) da çözücüye geçen likopen derişiminin önemli derecede azaldığı gözlenmektedir.

Şekil 5.44.'ten de S/K oranının artmasıyla birim kuru atıktan ekstrakte edilen likopen miktarının da arttığı ve 20:1 S/K oranında ekstrakte edilen likopen miktarının en yüksek değerde olduğu görülmektedir.



**Şekil 5.43.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C)



**Şekil 5.44.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimi (Sıcaklık:45°C)

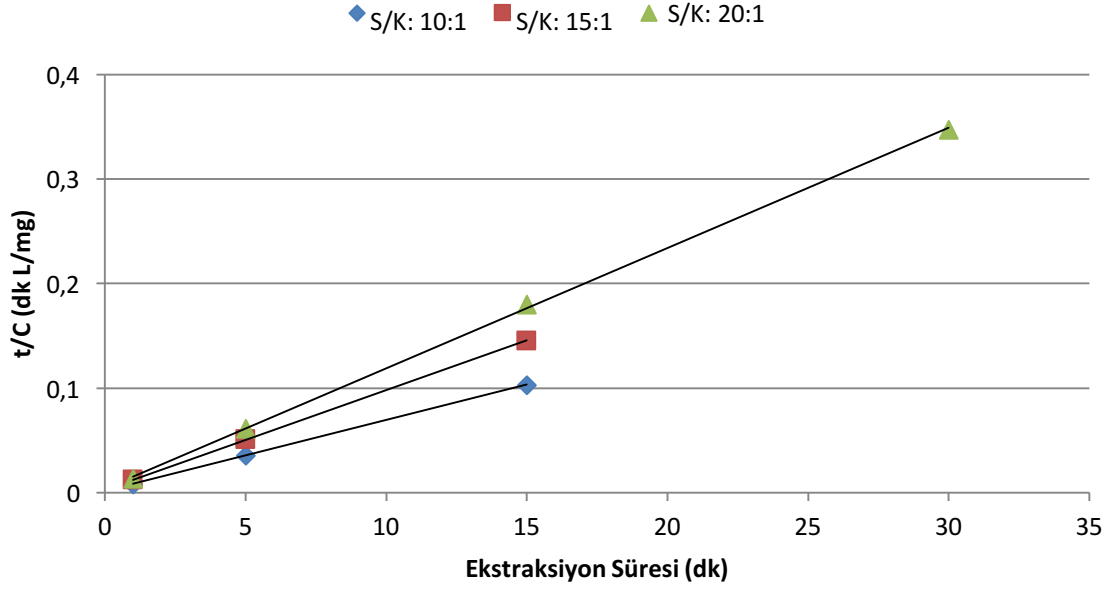


Kurutulmuş atıktan aseton çözücüsü ile farklı sıvı/katı oranlarında likopen ekstraksiyonunda kararlı durumda elde edilen çözücüye geçen likopen derişimleri ( $C_{den}$ ), birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarları ( $q_{den}$ ) ile % likopen verimleri Çizelge 5.29.'da sunulmuştur. Çizelgeden de kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonun 20:1 sıvı/katı oranında en yüksek kapasite ve verimle gerçekleştiği görülmektedir.

**Çizelge 5.29.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Kararlı Durumda Birim Çözücüye Geçen Likopen Derişimleri ( $C_{den}$ ), Birim Kuru Atık Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarları ( $q_{den}$ ) ile % Likopen Verimleri

Sıvı/Katı Oranı	$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Likopen Verimi
10:1	145,33	1453,32	0,145
15:1	110,15	1652,17	0,165
20:1	86,42	1728,35	0,173

Ultrason destekli ekstraksiyonda aseton çözücüsü ile 10:1, 15:1 ve 20:1 sıvı/katı oranlarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunda elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden ekstraksiyon kinetik modeli uygulanarak modelin geçerliliği araştırılmıştır. Bu amaçla her bir çalışma için  $t/C$ 'ye karşı  $t$  değerleri grafiğe alınarak, elde edilen doğruların (Şekil 5.45.) eğim değerlerinden teorik ekstraksiyon dengesi durumunda (kararlı durumda) çözücüye geçen likopen derişimi ( $C_{den,teo}$ ) değerleri, doğruların grafiğin y eksenini kesim noktalarından da ikinci derece ekstraksiyon hız sabiti ( $k_2$ ) değerleri bulunmuş,  $R^2$  ve Eşitlik 3.13.'ten hesaplanan % hata değerleri ile birlikte Çizelge 5.30.'da sunulmuştur. Çizelgeden çalışılan tüm sıvı/katı oranlarında deneysel  $C_{den,den}$  değerleri ile hesaplanan teorik  $C_{den,teo}$  değerlerinin birbirine yakın çıkması ve elde edilen yüksek korelasyon katsayıları ikinci derece kinetik modelin farklı sıvı/katı oranlarında ultrason destekli likopen ekstraksiyonunu oldukça iyi tanımladığını göstermektedir. Yine aynı çizelgeden kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonunun 10:1 sıvı/katı oranında en yüksek başlangıç hızına sahipken, 20:1 sıvı/katı oranında en yüksek kinetik hız sabitinin elde edildiği görülmektedir.



**Şekil 5.45.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen İkinci Derece Kinetik Doğruları

**Çizelge 5.30.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda Kurutulmuş Atıktan Aseton Çözücüsü ile Likopen Ekstraksiyonunda Farklı Sıvı/Katı Oranlarında Elde Edilen Deneysel ve Teorik Birim Çözücü Hacmi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Derişimleri, İkinci Derece Kinetik Hız Sabitleri, Başlangıç Ekstraksiyon Hızları, Korelasyon Katsayıları ve % Hata Değerleri

Sıvı/Katı Oranı	$C_{den,den}$ (mg/L)	$C_{den,teo}$ (mg/L)	$k_2 \cdot 10^4$ (L/mg dk)	$h$ (mg/L dk)	$R^2$	$\pm$ % Hata
10:1	145,33	147,06	289	610,41	0,999	1,19
15:1	110,15	105,26	291,13	353,20	0,999	4,43
20:1	86,42	86,96	357,43	266,93	0,999	0,62

## 5.4. Optimizasyon Çalışmaları: Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM)

### 5.4.1. Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Optimizasyon Çalışmaları

Tez çalışmasının bu kısmında kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda Yanıt Yüzey Yöntemi kullanılarak kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunu etkileyen parametrelerin ortak etkileri araştırılarak, bulunan ikinci derece quadratik polinom eşitlikten kurutulmuş atıktan özütlenen likopen miktarları hesaplanmış ve üç boyutlu yanıt yüzey eğrileri elde edilmiştir.

$0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki kuru atıkla, %5 BHT içeren etanol ortamındaki likopen ekstraksiyonunu etkileyen parametrelerden bağımsız değişkenler olarak karıştırma hızı (K.H.), sıcaklık (T), sıvı/katı oranı (S/K) ve ekstraksiyon süresi (t); bağımlı (yanıt) değişken olarak ise birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı (q) seçilmiştir. Bu değişkenlerin yanıt değişkeni üzerine tekli ve birlikte etkilerini incelemek amacıyla, Design Expert® paket programındaki merkezi kompozit tasarımına (Central Composite Design, CCD) göre bağımsız değişkenlerin uygun kombinasyonlarında deney setleri oluşturularak deneyler gerçekleştirilmiştir. Önerilen modelin uygunluğunun test edilmesi ve bağımsız değişkenler ile bunlara ait ikinci dereceden ve diğer interaktif etkilerin belirlenebilmesi için ANOVA testi uygulanmıştır.

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonu optimizasyon çalışmalarında seçilen bağımsız değişkenlerin kodlanmamış ve kodlanmış formları ile çalışma aralıkları (seçilen en düşük, merkez ve en yüksek değerler) belirlenmiş ve Çizelge 5.31.'de verilmiştir. Uygun kombinasyonlardan oluşturulan ve çalışılan 30 deney seti ise Çizelge 5.32.'de sunulmuştur.

**Çizelge 5.31.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda, Deney Sistemi için Seçilen Kodlanmamış ve Kodlanmış Formdaki Bağımsız Değişkenler Çalışma Aralıkları

Bağımsız Değişkenler	Kodlanmış Değişken	Çalışma Aralığı		
Karıştırma Hızı (rpm)	X <sub>1</sub>	60	90	120
Sıcaklık (°C)	X <sub>2</sub>	30	45	60
S/K Oranı	X <sub>3</sub>	10	15	20
Ekstraksiyon Süresi (dk)	X <sub>4</sub>	1	180	360

**Çizelge 5.32.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Yanıt Yüzey Yöntemi için Tasarlanan Deney Sayısı ve Buna Bağlı Olarak Kodlanmış Formdaki Bağımsız Değişkenlerin Çalışma Değerleri

Deney Sayısı	Karıştırma Hızı (rpm) $X_1$	Sıcaklık (°C) $X_2$	S/K Oranı $X_3$	Ekstraksiyon Süresi (dk) $X_4$
1	90	45	15	180
2	90	45	10	180
3	60	60	20	1
4	90	45	20	180
5	60	30	10	1
6	120	60	10	1
7	60	30	10	360
8	120	30	10	360
9	120	30	15	1
10	60	60	10	1
11	120	30	20	360
12	60	30	20	1
13	120	60	20	360
14	120	30	15	360
15	90	60	15	180
16	60	30	20	360
17	120	60	15	1
18	120	60	20	1
19	120	60	15	360
20	120	60	10	360
21	90	45	15	1
22	90	45	15	180
23	60	60	20	360
24	120	30	10	1
25	120	30	20	1
26	90	45	15	180
27	120	45	15	180
28	90	30	15	180
29	60	60	10	360
30	90	45	15	360

Design Expert® paket programı kullanılarak yapılan istatistiksel analiz sonucu, yanıt değişkeni olarak tanımlanan birim kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarını bağımsız değişkenler olarak tanımlanan sıcaklık (T), karıştırma hızı (K.H.), S/K oranı ve ekstraksiyon süresi (t) parametrelerine matematiksel olarak bağlayan ikinci dereceden quadratik bir polinom eşitlik bulunarak Eşitlik 5.1.'de sunulmuştur. Bu eşitlikten karıştırma hızı ve ekstraksiyon süresi parametrelerinin q'yu en çok etkileyen parametreler olduğu görülmektedir.

$$q_{teo} = +773,17 + 122,50 * K.H. + 49,88 * T - 92,15 * S/K + 220,15t + 13,64 * K.H. * T - 29,19 * K.H. * S/K + 19,33 * K.H. * t - 16,19 * T * S/K + 33,63 * T * t + 16,74 * S/K * t + 160,84 * K.H.^2 - 115,80 * T^2 - 41,08 * S/K^2 - 151,07 * t^2 \quad (5.1.)$$

Çizelge 5.32.'te verilen kombinasyonlarda gerçekleştirilen deneylerden elde edilen deneysel q değerleri, Eşitlik 5.1.'den bulunan teorik  $q_{teo}$  değerleriyle Çizelge 5.33.'te karşılaştırılmıştır. Çizelgeden deneysel q değerlerinin Eşitlik 5.1.'den hesaplanan teorik q değerlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca Ek 2'de verilen ANOVA test sonuçları da modelin %95 uyumlulukla deney sistemini tanımladığını göstermektedir.

**Çizelge 5.33.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Deneysel q Değerlerinin Yanıt Yüzey Yönteminden Bulunan Teorik  $q_{teo}$  Değerleri ile Karşılaştırılması

Deney Sayısı	Karıştırma Hızı (rpm) $X_1$	Sıcaklık (°C) $X_2$	S/K Oranı $X_3$	Ekstraksiyon Süresi (dk) $X_4$	q (mg/kg)	$q_{teo}$ (mg/kg)
1	90	45	15	180	754,94	773,17
2	90	45	10	180	1025,32	824,24
3	60	60	20	1	240,77	206,55
4	90	45	20	180	449,62	639,94
5	60	30	10	1	330,63	360,19
6	120	60	10	1	684,56	690,36
7	60	30	10	360	663,29	670,54
8	120	30	10	360	962,03	985,31
9	120	30	15	1	463,29	517,13
10	60	60	10	1	334,18	398,14
11	120	30	20	360	850,63	808,48
12	60	30	20	1	290,63	233,34
13	120	60	20	360	1010,63	970,40
14	120	30	15	360	943,30	937,98
15	90	60	15	180	765,57	707,25
16	60	30	20	360	613,67	610,48
17	120	60	15	1	609,12	577,26
18	120	60	20	1	354,43	382,00
19	120	60	15	360	1137,72	1132,27
20	120	60	10	360	1133,16	1211,98
21	90	45	15	1	413,92	398,88
22	90	45	15	180	754,94	773,17
23	60	60	20	360	721,01	717,85
24	120	30	10	1	602,53	597,86
25	120	30	20	1	391,90	354,24
26	90	45	15	180	754,94	773,17
27	120	45	15	180	1078,48	1056,51
28	90	30	15	180	571,14	607,49
29	60	60	10	360	845,57	842,65
30	90	45	15	360	855,19	848,26

Şekil 5.46. (a), (b), (c), (d), (e) ve (f)'de K.H.-T, K.H.-S/K, K.H.-t, K.H.-S/K, T-t ve S/K-t ikili kombinasyonlarının birim kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı (q) üzerine olan ortak etkileri üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinde gösterilmiştir.

Şekil 5.46.(a)'dan sıcaklığın 60°C'a ve karıştırma hızının 120 rpm'e kadar birlikte artmasıyla birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının arttığı gözlenmektedir. Şekilden 60°C sıcaklıkta ve 120 rpm karıştırma hızında birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen en yüksek likopen miktarının 1137,72 mg likopen/kg kuru atık olduğu görülmektedir.

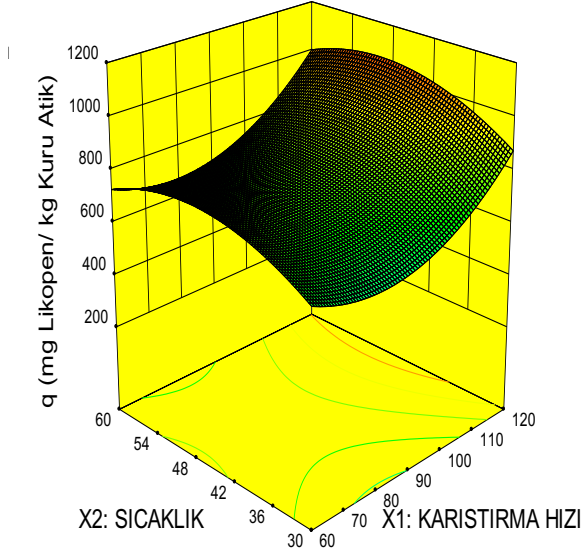
Şekil 5.46.(b)'den karıştırma hızının 120 rpm'e ve S/K oranının ise 15:1'e kadar birlikte artmasıyla birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının arttığı, S/K oranının 20:1'e kadar artışıyla ise birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının azaldığı gözlenmektedir. Şekilden 120 rpm karıştırma hızında ve 15:1 S/K oranında birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen en yüksek likopen miktarının 1137,72 mg likopen/kg kuru atık olduğu görülmektedir.

Şekil 5.46.(c)'den ekstraksiyon süresinin 180 dk'ya ve karıştırma hızının 120 rpm'e kadar birlikte artmasıyla birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının arttığı gözlenmektedir. Şekilden 180. dk'da ve 120 rpm karıştırma hızında birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen en yüksek likopen miktarının 1137,72 mg likopen/kg kuru atık olduğu görülmektedir.

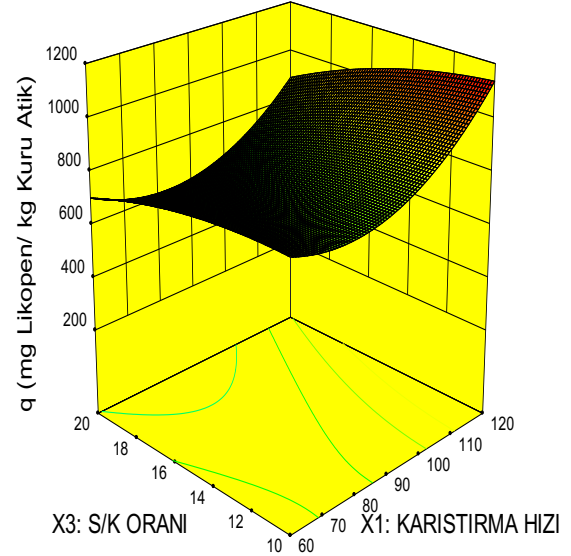
Şekil 5.46.(d)'den sıcaklığın 60°C'a ve S/K oranının ise 15:1'e kadar birlikte artmasıyla, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının arttığı, S/K oranının 20:1'e kadar artışıyla ise birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının azaldığı gözlenmektedir. Şekilden 60°C sıcaklıkta ve 15:1 S/K oranında birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen en yüksek likopen miktarının 1137,72 mg likopen/kg kuru atık olduğu görülmektedir.

Şekil 5.46.(e)'den sıcaklığın 60°C'a ve ekstraksiyon süresinin 180 dk'ya kadar birlikte artmasıyla birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının arttığı gözlenmektedir. Şekilden 60°C sıcaklıkta ve 180. dk'da birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen en yüksek likopen miktarının 1137,72 mg likopen/kg kuru atık olduğu görülmektedir.

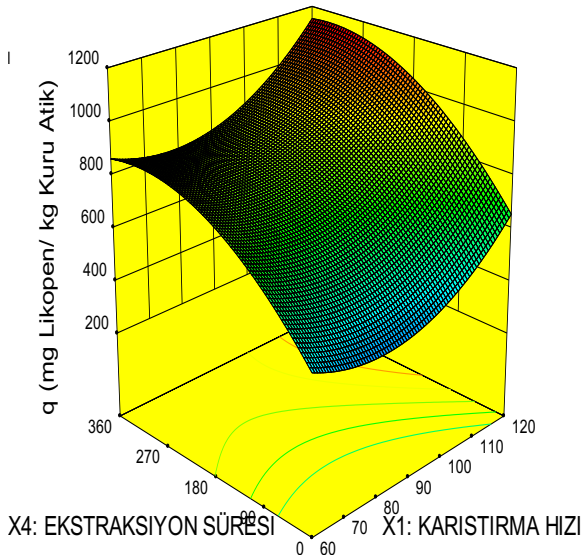
Şekil 5.46.(f)'den ekstraksiyon süresinin 180 dk'ya ve S/K oranının 15:1'e kadar birlikte artmasıyla, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının arttığı, S/K oranının 20:1'e kadar artışıyla ise birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının düştüğü gözlenmektedir. 180. dk'da ve 15:1 S/K oranında birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen en yüksek likopen miktarının 1137,72 mg likopen/kg kuru atık olduğu görülmektedir.



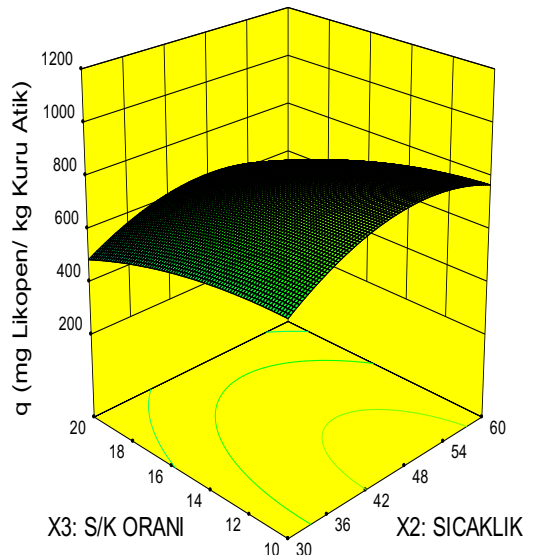
(a)



(b)

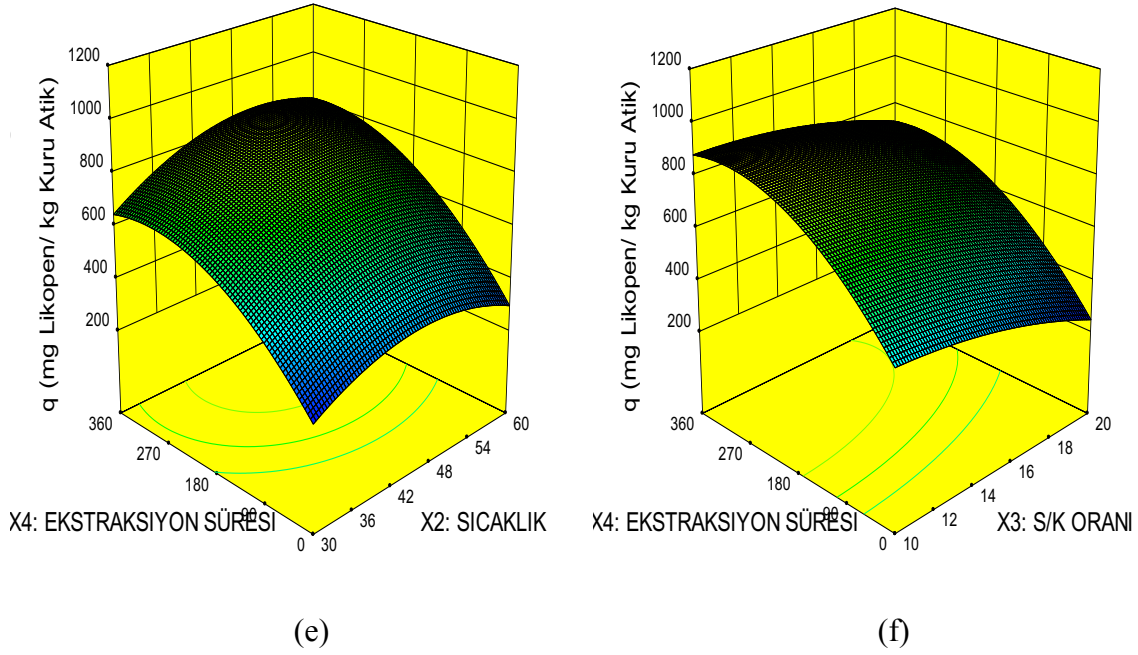


(c)



(d)





**Şekil 5.46.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunda Karıştırma Hızının, Sıcaklığın, S/K Oranının ve Ekstraksiyon Süresinin Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarı Üzerine Ortak Etkilerinin Gösterildiği Üç Boyutlu Yanıt Yüzey Grafikleri

#### 5.4.2. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Ekstraktör Çeşidine, Çözücü Türüne ve Sıvı/Katı Oranına Bağlı Optimizasyon Çalışmaları

Tez çalışmasının son kısmında kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunun ekstraktör çeşidine, çözücü türüne ve sıvı/katı oranına bağlı optimizasyon çalışmaları Yanıt Yüzey Yöntemi kullanılarak likopen ekstraksiyonunu etkileyen parametrelerin ortak etkileri araştırılarak, bulunan ikinci derece quadratik polinom eşitlikten kurutulmuş atıktan kararlı halde özütlenen likopen miktarları hesaplanmış ve üç boyutlu yanıt yüzey eğrileri elde edilmiştir.

Çalışılan 3 farklı ekstraktörde  $0,355\text{mm} < d_p < 0,5\text{mm}$  tanecik boyut aralığındaki kuru atıkla, %5 BHT içeren çözücü ortamındaki likopen ekstraksiyonunu etkileyen parametrelerden bağımsız değişkenler olarak ekstraktör çeşidi (E.C.), çözücü türü (C.T.) ve sıvı/katı (S/K) oranı; bağımlı (yanıt) değişken olarak da denge durumunda birim biber salçası fabrika atığı kütle başına ekstrakte edilen likopen miktarı ( $q_{den}$ ) seçilmiştir. Bu değişkenlerin yanıt değişkeni üzerine tekli ve birlikte etkilerini incelemek amacıyla, Design Expert® paket

programındaki merkezi kompozit tasarımına (Central Composite Design, CCD) göre bağımsız değişkenlerin uygun kombinasyonlarında deney setleri oluşturularak deneyler gerçekleştirilmiştir. Önerilen modelin uygunluğunun test edilmesi ve bağımsız değişkenler ile bunlara ait ikinci dereceden ve diğer interaktif etkilerin belirlenebilmesi için ANOVA testi uygulanmıştır.

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunun ekstraktör çeşidine, çözücü türüne ve sıvı/katı oranına bağlı optimizasyon çalışmalarında seçilen bağımsız değişkenlerin kodlanmamış ve kodlanmış formları ile çalışma aralıkları (seçilen en düşük, merkez ve en yüksek değerler) belirlenmiş ve Çizelge 5.34.'te verilmiştir. Uygun kombinasyonlardan oluşturulan ve çalışılan 20 deney seti ise Çizelge 5.35.'te sunulmuştur.

**Çizelge 5.34.** Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Ekstraktör Çeşidine, Çözücü Türüne ve Sıvı/Katı Oranına Bağlı Optimizasyonunda Deney Sistemi için Seçilen Kodlanmamış ve Kodlanmış Formdaki Bağımsız Değişkenler ve Çalışma Aralıkları

Bağımsız Değişkenler	Kodlanmış Değişken	Çalışma Aralığı		
		-1	-2	-3
Ekstraktör Çeşidi	X <sub>1</sub>	-1	-2	-3
Çözücü Türü	X <sub>2</sub>	1	2	3
S/K Oranı	X <sub>3</sub>	10	15	20

X<sub>1</sub> kodlanmış değişken;  
 -1: Kesikli karıştırmalı ekstraktör  
 -2: Ultrason destekli ekstraktör  
 -3: Sokslet ekstraktörü

X<sub>2</sub> kodlanmış değişken;  
 1: Etanol  
 2: Etil asetat  
 3: Aseton

**Çizelge 5.35.** Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Ekstraktör Çeşidine, Çözücü Türüne ve Sıvı/Katı Oranına Bağlı Optimizasyonunda Yanıt Yüzey Yöntemi için Tasarlanan Deney Sayısı ve Buna Bağlı Olarak Kodlanmış Formdaki Bağımsız Değişkenlerin Çalışma Değerleri

Deney Sayısı	Ekstraktör Çeşidi	Çözücü Türü	S/K Oranı
	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	-3	1	15
2	-3	1	10
3	-3	1	20
4	-3	2	10
5	-3	2	20
6	-3	2	15
7	-2	1	15
8	-2	1	10
9	-2	1	20
10	-2	2	15
11	-2	2	10
12	-2	3	20
13	-2	3	15
14	-2	3	20
15	-1	1	15
16	-1	1	10
17	-1	1	20
18	-1	2	15
19	-1	3	10
20	-1	3	20

$X_1$  kodlanmış değişken;      -1: Kesikli karıştırmalı ekstraktör  
    -2: Ultrason destekli ekstraktör  
    -3: Sokslet ekstraktörü

$X_2$  kodlanmış değişken;      1: Etanol  
    2: Etil asetat  
    3: Aseton

Design Expert® paket programı kullanılarak yapılan istatistiksel analiz sonucu, yanıt değişkeni olarak tanımlanan kararlı durumda birim biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarını bağımsız değişkenler olarak tanımlanan ekstraktör çeşidi (E.C.), çözücü türü (C.T.) ve S/K oranı parametrelerine matematiksel olarak bağlayan ikinci dereceden quadratik bir polinom eşitlik bulunarak Eşitlik 5.2.'de sunulmuştur. Bu eşitlikten çözücü türü parametresinin  $q_{den}$ 'i en çok etkileyen parametre olduğu görülmektedir.

$$q_{den,teo} = +1799,99 - 22,27 * E.C. + 211,73 * C.T. + 56,40 * S/K - 8,61 * C.T. * E.C. + 50,15 * S/K * C.T. - 8,52 * S/K * E.C. - 96,14 * E.C.^2 - 394,65 * C.T.^2 - 11,24 * S/K^2 \quad (5.2.)$$

Çizelge 5.35.'te verilen kombinasyonlarda gerçekleştirilen deneylerden elde edilen  $q_{den,den}$  değerleri, Eşitlik 5.2.'den bulunan  $q_{den,teo}$  değerleriyle Çizelge 5.36.'da karşılaştırılmıştır. Çizelgeden deneysel  $q_{den,den}$  değerlerinin Eşitlik 5.2.'den hesaplanan teorik  $q_{den,teo}$  değerlerine oldukça iyi uyduğu görülmektedir. Ayrıca Ek 3'te verilen ANOVA test sonuçları da modelin %96 uyumlulukla deney sistemini tanımladığını göstermiştir.

**Çizelge 5.36.** Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Ekstraktör Çeşidine, Çözücü Türüne ve Sıvı/Katı Oranına Bağlı Optimizasyonunda Deneysel  $q_{den}$  Değerlerinin Yanıt Yüzey Yönteminden Bulunan Teorik  $q_{den}$  Değerleri ile Karşılaştırılması

Deney Sayısı	Ekstraktör Çeşidi $X_1$	Çözücü Türü $X_2$	S/K Oranı $X_3$	$q_{den,den}$ (mg/kg)	$q_{den,teo}$ (mg/kg)
1	-3	1	15	1143,80	1111,13
2	-3	1	10	1064,30	1085,12
3	-3	1	20	1160,51	1114,66
4	-3	2	15	1723,25	1726,13
5	-3	2	10	1722,58	1649,97
6	-3	2	20	1652,38	1779,80
7	-2	1	10	1106,84	1176,12
8	-2	1	20	1217,21	1188,62
9	-2	1	15	1124,05	1193,61
10	-2	2	15	1798,18	1799,99
11	-2	2	20	1952,08	1845,15
12	-2	3	10	1453,32	1499,28
13	-2	3	20	1728,35	1712,37
14	-2	3	15	1652,17	1617,06
15	-1	1	15	1137,72	1083,82
16	-1	1	10	1133,17	1074,85
17	-1	1	20	1010,63	1070,30
18	-1	2	15	1634,16	1681,58
19	-1	3	10	1385,91	1380,78
20	-1	3	20	1566,57	1576,82

$X_1$  kodlanmış değişken; -1:Kesikli karıştırmalı ekstraktör  
-2:Ultrason destekli ekstraktör  
-3:Soksalet ekstraktörü

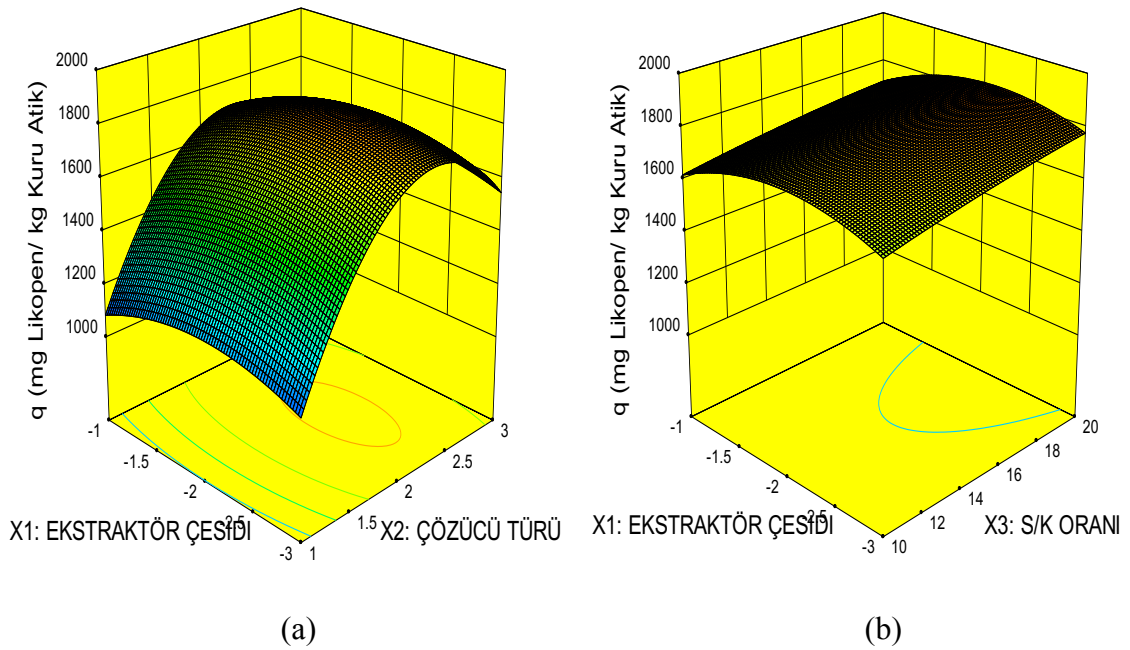
$X_2$  kodlanmış değişken; 1:Etanol  
2:Etil asetat  
3:Aseton

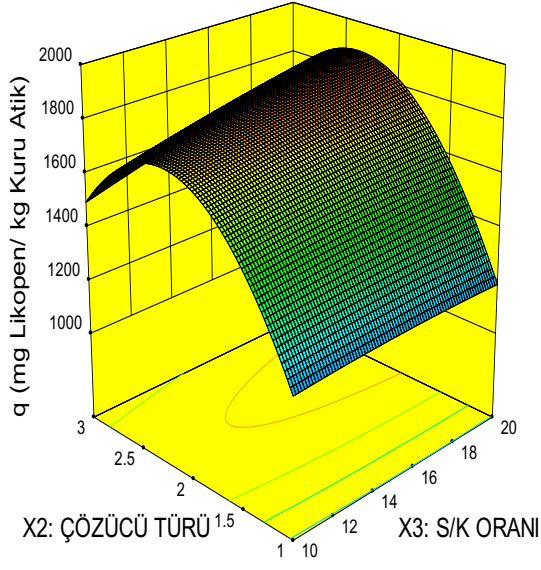
Şekil 5.47. (a), (b) ve (c)'de E.C.-C.T., E.C.-S/K ve C.T.-S/K ikili kombinasyonlarının dengede birim kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı üzerine olan ortak etkileri üç boyutlu yanıt yüzey grafiklerinde gösterilmiştir.

Şekil 5.47.(a)'dan kuru atıktan likopen ekstraksiyonunda ekstraktör çeşidi ve çözücü türünün ortak etkisine bakıldığında, ultrason destekli ekstraktörün ve etil asetatın çözücü olarak kullanıldığı durumda dengede birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının 1952,08 mg likopen/kg kuru atık olarak en yüksek değere ulaştığı görülmektedir.

Şekil 5.47.(b)'den kuru atıktan likopen ekstraksiyonunda ultrason destekli ekstraktörde dengede birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının en yüksek olduğu ve S/K oranının 20:1'e kadar artmasıyla değerinin bir miktar arttığı ve dengede birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen en yüksek likopen miktarının 1952,08 mg likopen/kg kuru atık olduğu görülmektedir.

Şekil 5.47.(c)'den kuru atıktan likopen ekstraksiyonunda çözücü türünün etil asetat olduğu durumda dengede birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının en yüksek olduğu ve değerinin S/K oranının 20:1'e kadar artmasıyla bir miktar arttığı ve dengede birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen en yüksek likopen miktarının 1952,08 mg likopen/kg kuru atık olduğu görülmektedir.





(c)

**Şekil 5.47.** Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Likopen Ekstraksiyonunun Ekstraktör Çeşidine, Çözücü Türüne ve Sıvı/Katı Oranına Bağlı Optimizasyonunda Dengede Birim Kuru Atık Kütle Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarı Üzerine Ortak Etkilerinin Gösterildiği Üç Boyutlu Yanıt Yüzey Grafikleri

## 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında ekonomik değer taşımayan kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonu kesikli karıştırmalı, soksalet ve ultrason destekli ekstraksiyon olmak üzere üç farklı ekstraksiyon sisteminde incelenmiştir.

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarının ilk kısmında kırmızı biber salçası fabrika atığının yaş, dondurulmuş ve kurutulmuş formları kullanılarak likopen ekstraksiyonu incelenmiştir. Çalışmaların daha sonraki kısmında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonuna BHT (Bütil Hidroksi Toluen) varlığının, tanecik boyut aralığının, karıştırma hızının, sıcaklığın, sıvı/katı oranının, ekstraksiyon süresinin ve çözücü türünün likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır. Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda elde edilen sonuçlar toplu olarak Çizelge 6.1.'de verilmiştir.

Soksalet ekstraksiyonu çalışmalarında kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonuna BHT varlığının, tanecik boyut aralığının, sıvı/katı oranının, ekstraksiyon süresinin ve çözücü türünün likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır. Soksalet ekstraksiyonunda elde edilen sonuçlar toplu olarak Çizelge 6.2.'de verilmiştir.

Ultrason destekli ekstraksiyonu çalışmalarında ise kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonuna çözücü türünün ve çözücü türüne bağlı olarak sıvı/katı oranının likopen ekstraksiyon hız ve verimliliğine etkileri araştırılmıştır. Ultrason destekli ekstraksiyonda elde edilen sonuçlar toplu olarak Çizelge 6.3.'de verilmiştir.

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarında ilk olarak kırmızı biber salçası fabrika atığının yaş, dondurulmuş ve kurutulmuş formları kullanılarak likopen ekstraksiyonu hız ve verimlilik açısından karşılaştırılmıştır. Çizelge 6.1.'den dondurulmuş atığın en yüksek likopen ekstraksiyon kapasitesine sahip olduğu görülmektedir. Kurutulmuş atıktan likopen ekstraksiyonu kurutma süresine ve sıcaklığına bağlı olarak, likopenin içeriğinin bir kısmının bozunmasıyla en düşük verimle gerçekleşmiştir, ancak kurutma işlemiyle kurutulmuş atığın içerdiği likopenin bozunmasının geciktirilmesi ve depolama koşullarının avantajları gibi nedenlerle daha sonraki deneylerin tümü sadece kurutulmuş atıkla gerçekleştirilmiştir.

Kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarının devamında kuru atıktan likopen ekstraksiyonuna çözücüdeki BHT varlığının etkisi araştırılmış ve BHT varlığının likopen ekstraksiyonunun hızını ve Çizelge 6.1.'den görüldüğü üzere ekstraksiyon verimini



arttırdığı saptanmıştır. BHT likopenin ekstraksiyon koşullarından daha az etkilenmesini sağlamıştır. Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda tanecik boyut aralığının etkisi  $0,150\text{mm}<d_p<0,355\text{mm}$ ,  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  ve  $0,5\text{mm}<d_p<1\text{mm}$  boyut aralıklarındaki taneciklerle incelenmiş ve Çizelge 6.1.'den görüldüğü üzere  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  boyut aralığındaki taneciklerin en yüksek likopen ekstraksiyon kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Daha küçük boyut aralığındaki taneciklerin çözücü ile temasında çamurlaşması nedeniyle çözücü ile etkileşiminin azalmasına bağlı olarak likopen ekstraksiyonu daha düşük düzeyde gerçekleşmiştir, daha büyük boyut aralığındaki taneciklerde ise tanecik boyutunun artması nedeniyle toplam yüzey alanının azalmasına bağlı olarak ekstraksiyon verimi düşmüştür. Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda karıştırma hızının etkisi 60 rpm-120 rpm aralığında incelenmiş ve karıştırma hızının kuru atığın likopen ekstraksiyon kapasitesi üzerinde oldukça önemli bir etkisi olduğu saptanmıştır. Çizelge 6.1.'den görüldüğü üzere karıştırma hızının 120 rpm'e artması, atığın çözücü ile etkileşimini arttırarak likopen ekstraksiyon kapasitesini yaklaşık %40 arttırmıştır. Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda sıcaklığın etkisi  $30^{\circ}\text{C}$ - $60^{\circ}\text{C}$  aralığında incelenmiş ve sıcaklığın likopenin çözücüdeki çözünürlüğünün artmasına bağlı olarak kuru atığın likopen ekstraksiyon kapasitesini arttırdığı saptanmıştır. Çizelge 6.1.'den görüldüğü üzere sıcaklığın  $30^{\circ}\text{C}$ 'dan  $60^{\circ}\text{C}$ 'a artmasıyla atığın likopen ekstraksiyon kapasitesi %20'lik bir artışla 943 mg/kg'dan 1137 mg/kg'a yükselmiştir. Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda sıvı/katı oranının etkisi S/K 10:1-20:1 aralığında değiştirilerek araştırılmış ve Çizelge 6.1.'den görüldüğü üzere 10:1 ve 15:1 sıvı/katı oranlarında kuru atık en yüksek likopen ekstraksiyon kapasitesine ulaşmıştır ve sonuçlardan 10:1 S/K oranında kullanılan çözücü miktarının atıktaki likopenin ekstraksiyonu için yeterli olduğuna karar verilmiştir. Kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda çözücü türünün etkisi, çözücü olarak etanol, etil asetat ve aseton kullanılarak S/K oranı 10:1-20:1 aralığında değiştirilerek incelenmiştir. Deneysel sonuçlar, çalışılan tüm S/K oranlarında etil asetat çözücüsü ile kuru atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek kapasiteyle gerçekleştiğini göstermiştir. Çizelge 6.1'den 15:1 S/K oranında etil asetat çözücüsünün kullanıldığı likopen ekstraksiyonunda kuru atığın likopen ekstraksiyon kapasitesinin 1634 mg/kg'a ulaştığı görülmektedir.

**Çizelge 6.1.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda İncelenen Tüm Parametreler İçin Kararlı Durumda Elde Edilen Birim Kuru Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığı Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarlarının ( $q_{den}$ ), Çözücüye Geçen Likopen Derişimlerinin ( $C_{den}$ ) ve % Verim Değerlerinin Karşılaştırılması

Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon	Parametre	Değer		$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% Verim
	Atık Türü	Yaş		60,25	903,80	0,090
		Dondurulmuş		66,63	999,49	0,099
		Kurutulmuş		51,24	768,61	0,077
	BHT Varlığı	BHT Var		57,82	867,34	0,087
		BHT Yok		52,25	783,80	0,078
	Tanecik Boyutu Aralığı (mm)	$0,150 < d_p < 0,355$		55,60	833,92	0,083
		$0,355 < d_p < 0,5$		57,82	867,34	0,087
		$0,5 < d_p < 1$		49,42	741,27	0,074
	Karıştırma Hızı (rpm)	60		44,25	663,80	0,066
		90		58,43	876,46	0,088
		120		71,90	1078,48	0,108
	Sıcaklık (°C)	30		62,89	943,29	0,094
		45		71,90	1078,48	0,108
		60		75,85	1137,72	0,114
	S/K Oranı	10:1		113,32	1133,17	0,113
		15:1		75,85	1137,72	0,114
		20:1		50,53	1010,63	0,101
	Çözücü Türü - S/K Oranı	Etanol	10:1	113,32	1133,17	0,113
		Etanol	15:1	75,85	1137,72	0,114
		Etanol	20:1	50,53	1010,63	0,101
		Etil Asetat	10:1	159,03	1590,28	0,159
		Etil Asetat	15:1	108,94	1634,16	0,163
		Etil Asetat	20:1	80,46	1609,18	0,161
		Aseton	10:1	138,59	1385,91	0,139
		Aseton	15:1	99,49	1492,42	0,149
		Aseton	20:1	78,33	1566,57	0,157

Soksalet ekstraksiyonu çalışmalarında kuru atıktan likopen ekstraksiyonuna çözücüdeki BHT varlığının etkisi araştırılmış ve kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmada elde edilen sonuçlara benzer olarak BHT varlığının likopen ekstraksiyonunun hızını ve Çizelge 6.2.'den görüldüğü üzere ekstraksiyon verimini arttırdığı saptanmıştır. BHT likopenin ekstraksiyon koşullarından daha az etkilenmesini sağlamıştır. Soksalet ekstraksiyonunda tanecik boyut aralığının etkisi  $0,150\text{mm}<d_p<0,355\text{mm}$ ,  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  ve  $0,5\text{mm}<d_p<1\text{mm}$  boyut aralıklarındaki taneciklerle incelenmiş ve Çizelge 6.2.'den görüldüğü üzere  $0,355\text{mm}<d_p<0,5\text{mm}$  boyut aralığındaki taneciklerin en yüksek likopen ekstraksiyon kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Daha küçük boyut aralığındaki taneciklerin çözücü ile temasında çamurlaşması nedeniyle çözücü ile etkileşiminin azalmasına bağlı olarak likopen ekstraksiyonu daha düşük düzeyde gerçekleşmiştir, daha büyük boyut aralığındaki taneciklerde ise tanecik boyutunun artması nedeniyle toplam yüzey alanının azalmasına bağlı olarak ekstraksiyon verimi düşmüştür. Soksalet ekstraksiyonunda sıvı/katı oranının etkisi S/K 10:1-20:1 aralığında değiştirilerek araştırılmış ve Çizelge 6.2.'den görüldüğü üzere 20:1 sıvı/katı oranında kuru atık en yüksek likopen ekstraksiyon kapasitesine sahiptir. Soksalet ekstraksiyonunda karıştırmanın olmamasının çözücünün kuru atık tanecikleriyle doğrudan temasını engellemesinden dolayı, S/K oranı arttıkça atığın taze çözücü ile daha iyi temas etmesine bağlı olarak birim atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarı artmıştır. Soksalet ekstraksiyonunda çözücü türünün etkisi, çözücü olarak etanol ve etil asetat kullanılarak S/K oranı 10:1-20:1 aralığında değiştirilerek incelenmiştir. Deneysel sonuçlar, çalışılan tüm S/K oranlarında etil asetat çözücüsü ile kuru atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek kapasiteyle gerçekleştiğini göstermiştir. Çizelge 6.2.'den 10:1 ve 15:1 S/K oranlarında etil asetat çözücüsünün kullanıldığı likopen ekstraksiyon çalışmalarında kuru atığın likopen ekstraksiyon kapasitelerinin yaklaşık aynı olduğu ve 1723 mg/kg'a ulaştığı görülmektedir.

**Çizelge 6.2.** Soksalet Ekstraksiyonu Çalışmalarında İncelenen Tüm Parametreler İçin Kararlı Durumda Elde Edilen Birim Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığı Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarlarının ( $q_{den}$ ), Çözücüye Geçen Likopen Derişimlerinin ( $C_{den}$ ) ve % Verim Değerlerinin Karşılaştırılması

Soksalet Ekstraksiyonu	Parametre	Değer		$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% verim
	BHT Varlığı	BHT Var			76,25	1143,80
BHT Yok				68,05	1020,76	0,102
Tanecek Boyutu Aralığı (mm)	0,150< $d_p$ <0,355			63,80	956,96	0,096
	0,355< $d_p$ <0,5			76,25	1143,80	0,114
	0,5< $d_p$ <1			54,08	811,14	0,081
S/K Oranı	10:1			106,43	1064,30	0,106
	15:1			76,25	1143,80	0,114
	20:1			58,03	1160,51	0,116
Çözücü Türü- S/K Oranı	Etanol	10:1		106,43	1064,30	0,106
	Etanol	15:1		76,25	1143,80	0,114
	Etanol	20:1		58,03	1160,51	0,116
	Etil Asetat	10:1		172,26	1722,58	0,172
	Etil Asetat	15:1		114,88	1723,25	0,172
	Etil Asetat	20:1		82,62	1652,38	0,165

Ultrason destekli ekstraksiyonda çözücü türünün etkisi, çözücü olarak etanol, etil asetat ve aseton kullanılarak S/K oranı 10:1-20:1 aralığında değiştirilerek incelenmiştir. Kuru atıktan ultrason destekli likopen ekstraksiyonun diğer ekstraksiyonlara göre çok daha hızlı ve yüksek verimde gerçekleştiği ve 15-30 dakika içerisinde kararlı duruma ulaşıldığı gözlenmiştir. Deneysel sonuçlar, çalışılan tüm S/K oranlarında etil asetat çözücüsü ile kuru atıktan likopen ekstraksiyonunun en yüksek kapasiteyle gerçekleştiğini göstermiştir. Çizelge 6.3'den 20:1 S/K oranında etil asetat çözücüsünün kullanıldığı likopen ekstraksiyonunda kuru atığın likopen ekstraksiyon kapasitesinin 1952 mg/kg'a ulaştığı görülmektedir.

**Çizelge 6.3.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda İncelenen Tüm Parametreler İçin Kararlı Durumda Elde Edilen Birim Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığı Kütlesi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarlarının ( $q_{den}$ ), Çözücüye Geçen Likopen Derişimlerinin ( $C_{den}$ ) ve % Verim Değerlerinin Karşılaştırılması

Ultrason Destekli Ekstraksiyon	Parametre	Değer		$C_{den}$ (mg/L)	$q_{den}$ (mg/kg)	% verim
	Çözücü Türü - S/K Oranı	Etanol	10:1		110,68	1106,84
Etanol		15:1		74,94	1124,05	0,112
Etanol		20:1		64,51	1290,13	0,129
Etil Asetat		10:1		157,95	1579,48	0,158
Etil Asetat		15:1		119,88	1798,18	0,180
Etil Asetat		20:1		97,60	1952,08	0,195
Aseton		10:1		145,33	1453,32	0,145
Aseton		15:1		110,15	1652,17	0,165
Aseton		20:1		86,42	1728,35	0,173

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunda çalışılan her bir çözücü için, en yüksek likopen ekstraksiyon kapasitesinin elde edildiği S/K oranlarında çözücüye geçen likopen derişiminin ekstraksiyon süresine bağlı değişim eğrileri Şekil 6.1.'de, birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının zamana bağlı değişimi ise sütun grafiklerle Şekil 6.2.'de karşılaştırılmıştır. Bu grafiklerin elde edilmesinde kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarında etanol ve etil asetat çözücüleri ile 15:1 S/K oranında, aseton çözücüsü ile 20:1 S/K oranında; sokslet ekstraksiyon çalışmalarında etanol çözücüsü ile 20:1 S/K oranında, etil asetat çözücüsü ile 15:1 S/K oranında; ultrason destekli ekstraksiyon çalışmalarında ise tüm çözücülerle 20:1 S/K oranında bulunan C-t ve q-t değerleri kullanılmıştır.

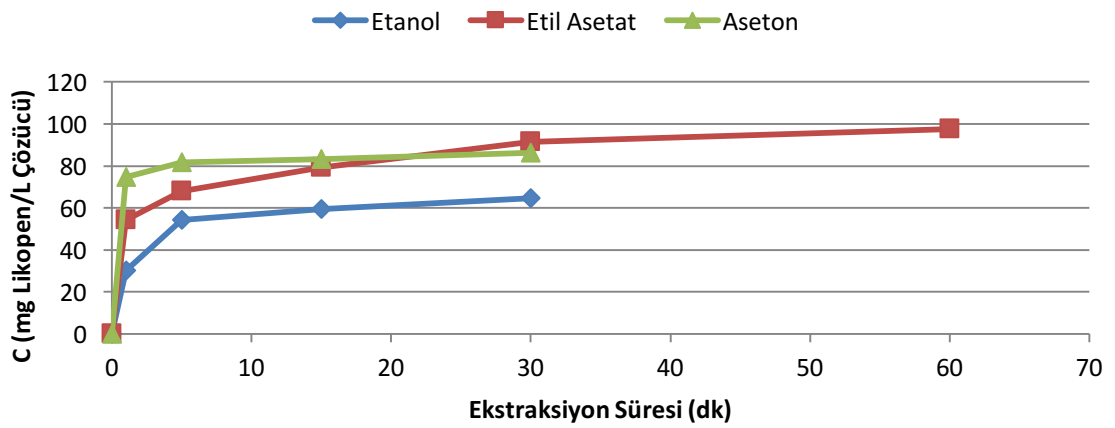
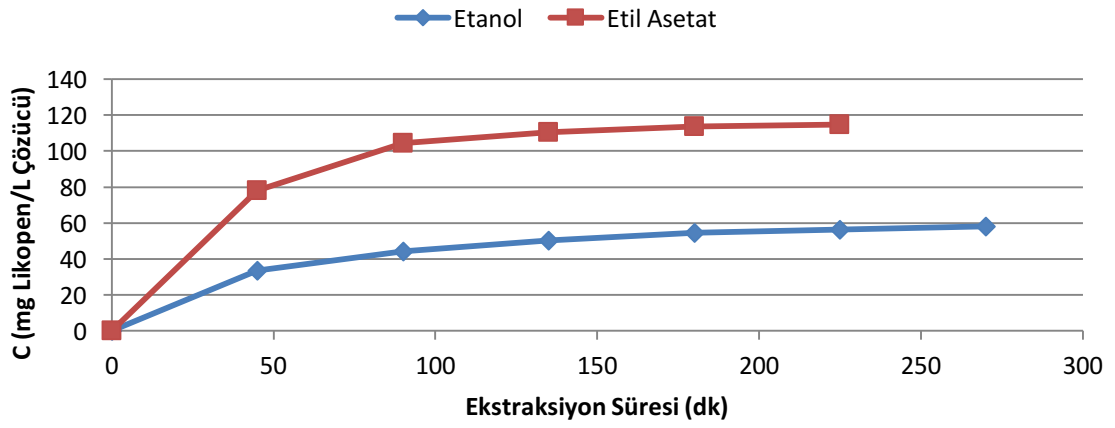
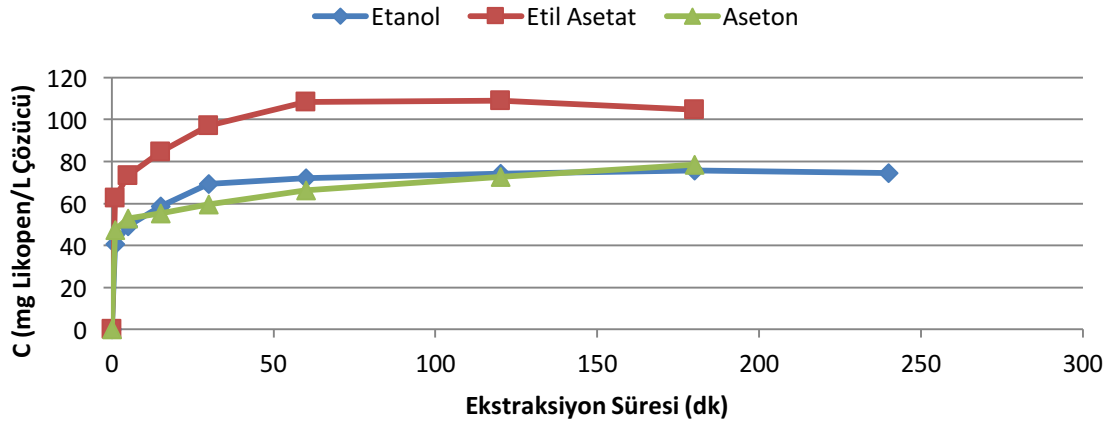
Şekil 6.1.(a)'dan kesikli karıştırmalı likopen ekstraksiyonunun ultrason destekli ekstraksiyona göre daha düşük hızda gerçekleştiği ve ekstraksiyonun kararlı duruma daha uzun sürede ulaştığı görülmektedir. Etanol çözücüsü ile gerçekleştirilen ekstraksiyonda üç saatte kararlı duruma ulaşılmış ve çözücüye geçen likopen derişimi 75,85 mg/L olarak tayin edilmiştir. Etil asetat çözücüsü ile gerçekleştirilen ekstraksiyonda ise bir saatte kararlı duruma ulaşılmış ve çözücüye geçen likopen derişimi 108,94 mg/L olarak saptanmıştır.

Aseton çözücüsü ile gerçekleştirilen ekstraksiyonda ise iki saatte denge durumuna ulaşılmış ve çözücüye geçen likopen derişimi 78,33 mg/L olarak bulunmuştur.

Şekil 6.1.(b)'den sokslet likopen ekstraksiyonunun en düşük hızla gerçekleştiği ve ekstraksiyonun en uzun sürede kararlı duruma ulaştığı gözlenmektedir. Etanol çözücüsü ile gerçekleştirilen ekstraksiyonda dört saatte kararlı duruma ulaşılmış ve çözücüye geçen likopen derişimi 58,03 mg/L olarak tayin edilmiştir. Etil asetat çözücüsü ile gerçekleştirilen ekstraksiyonda ise üç saatte kararlı duruma ulaşılmış ve çözücüye geçen likopen derişimi 114,88 mg/L olarak saptanmıştır.

Şekil 6.1.(c)'den ultrason destekli likopen ekstraksiyonunun en hızlı gerçekleştiği ve çok daha kısa sürede kararlı duruma ulaşıldığı görülmektedir. Etanol çözücüsü ile gerçekleştirilen ekstraksiyonda 30 dakikada kararlı duruma ulaşılmış ve çözücüye geçen likopen derişimi 64,51 mg/L olarak tayin edilmiştir. Etil asetat çözücüsü ile gerçekleştirilen ekstraksiyonda ise bir saatte kararlı duruma ulaşılmış ve çözücüye geçen likopen derişimi 97,60 mg/L olarak saptanmıştır. Aseton çözücüsü ile gerçekleştirilen ekstraksiyonda ise 15 dakikada denge durumuna ulaşılmış ve çözücüye geçen likopen derişimi 86,42 mg/L olarak bulunmuştur.

Likopen ekstraksiyonunda çalışılan ekstraktörlerden bağımsız olarak, kullanılan çözücülerin moleköl yapılarına, moleköl büyüklüklerine, polaritelerine vb. bağı olarak kuru atıkla ve likopenle değışen etkileşimlerinden dolayı farklı ekstraksiyon hız ve verim değerleri elde edilmiştir.



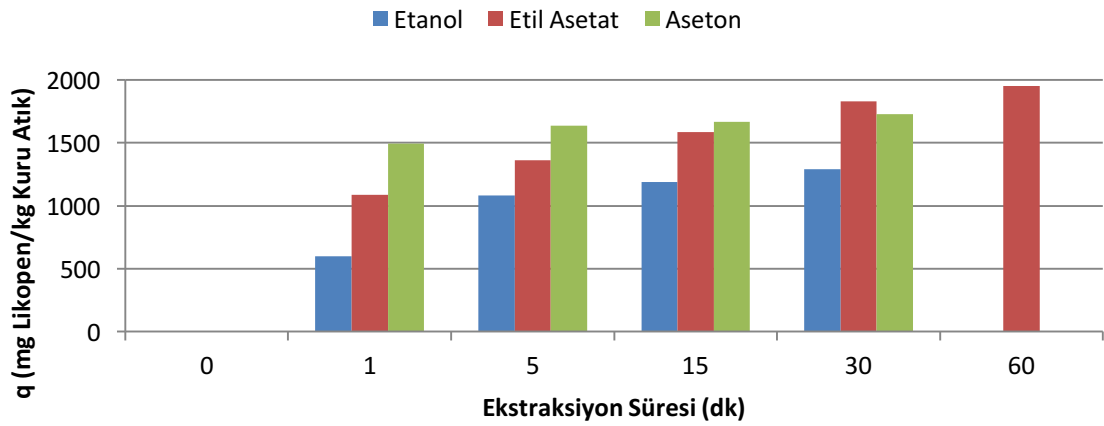
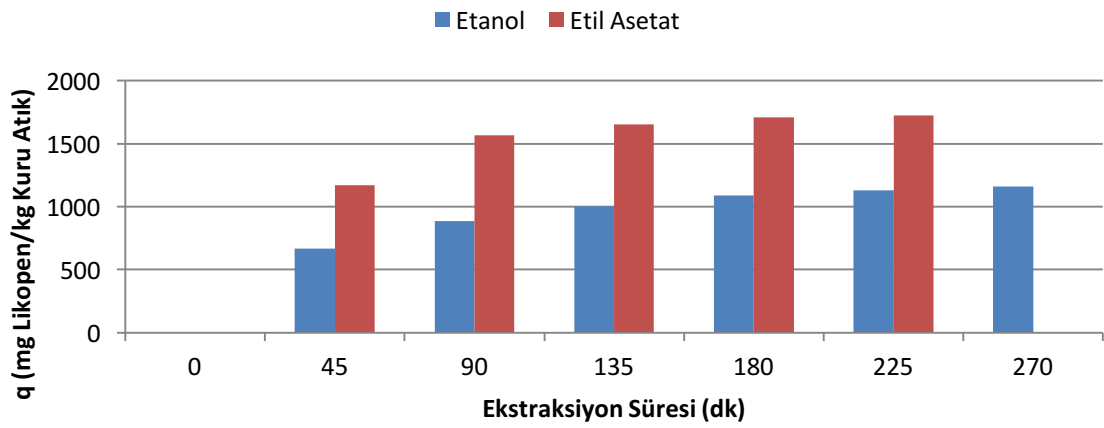
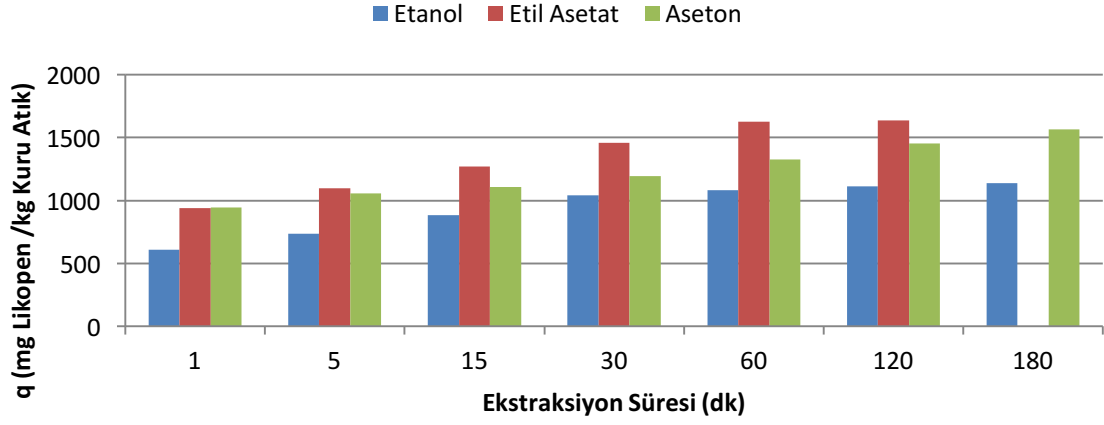
**Şekil 6.1.** Kesikli Karıştırmalı (a), Soksalet (b) ve Ultrason Destekli (c) Ekstraksiyon Çalışmalarında Farklı Çözücülerle Likopen Ekstraksiyonunda Çözücüye Geçen Likopen Derişiminin Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişim Eğrilerinin Karşılaştırılması

Şekil 6.2.(a)'dan kesikli karıştırmalı likopen ekstraksiyonunda birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının etanol çözücüsünde 1137,72 mg/kg, etil asetat çözücüsünde 1634,16 mg/kg ve aseton çözücüsünde 1566,57 mg/kg olduğu görülmektedir.

Şekil 6.2.(b)'den sokslet likopen ekstraksiyonunda birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının bir miktar artarak etanol çözücüsünde 1160,51 mg/kg'a ve etil asetat çözücüsünde 1723,25 mg/kg'a ulaştığı gözlenmektedir.

Şekil 6.1.(c)'den ultrason destekli likopen ekstraksiyonunda ise birim kuru atık kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının etanol çözücüsünde 1290,13 mg/kg, etil asetat çözücüsünde 1952,08 mg/kg ve aseton çözücüsünde 1728,35 mg/kg olduğu saptanarak en yüksek değerlerin elde edildiği görülmektedir.





**Şekil 6.2.** Kesikli Karıştırmalı (a), Soksalet (b) ve Ultrason Destekli (c) Ekstraksiyon Çalışmalarında Farklı Çözücülerle Likopen Ekstraksiyonunda Birim Kuru Kırmızı Kuru Biber Salçası Fabrika Atığı Kütleşi Başına Ekstrakte Edilen Likopen Miktarlarının Ekstraksiyon Süresine Bağlı Değişimlerinin Karşılaştırılması

Kesikli karıştırmalı ve ultrason destekli ekstraksiyon çalışmalarında elde edilen deneysel verilere ikinci dereceden, soksalet ekstraksiyonu çalışmalarında elde edilen deneysel verilere ise birinci dereceden kinetik modeller uygulanarak bu modellere ait kinetik sabitler bulunmuş, modellerin geçerliliği araştırılmış ve kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4.'de, soksalet ekstraksiyonundan elde edilen sonuçlar Çizelge 6.5'de ve ultrason destekli ekstraksiyonda elde edilen sonuçlar Çizelge 6.6.'da toplu olarak karşılaştırılmıştır. Çalışılan tüm ekstraksiyon sistemleri için önerilen kinetik modellerin kuru atıktan likopen ekstraksiyon mekanizmasını en iyi şekilde tanımladığı gösterilmiştir. Genel olarak tüm çizelgelerdeki başlangıç hız değerleri karşılaştırıldığında, ultrason destekli ekstraksiyonun en hızlı gerçekleştiği de görülmektedir.

**Çizelge 6.4.** Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyonda İkinci Derece Kinetik Modelden Elde Edilen Hız Sabitlerinin ve Başlangıç Hızlarının Karşılaştırılması

Kesikli Karıştırmalı Ekstraksiyon	Parametre	Değer		$k_2 \cdot 10^{+4}$ (L/mg dk)	h (mg/L dk)
	Atık Türü	Yaş		13,04	4,73
		Dondurulmuş		38,94	17,29
		Kurutulmuş		7,47	1,96
	BHT Varlığı	BHT Var		13,21	4,42
		BHT Yok		9,19	2,51
	Tanecik Boyutu Aralığı (mm)	0,150<d <sub>p</sub> <0,355		13,17	4,07
		0,355<d <sub>p</sub> <0,5		13,24	4,43
		0,5<d <sub>p</sub> <1		12,48	3,05
	Karıştırma Hızı (rpm)	60		10,16	1,99
90		10,80	3,69		
120		47,67	24,64		
Sıcaklık (°C)	30		46,82	18,51	
	45		47,67	24,64	
	60		50,21	28,89	
S/K Oranı	10:1		64,04	82,23	
	15:1		50,21	28,89	
	20:1		29,80	7,61	
Çözücü Türü - S/K Oranı	Etanol	10:1	64,04	82,23	
	Etanol	15:1	50,21	28,89	
	Etanol	20:1	29,80	7,61	
	Etil Asetat	10:1	41,42	104,75	
	Etil Asetat	15:1	31,89	37,85	
	Etil Asetat	20:1	29,43	19,05	
	Aseton	10:1	259,20	497,86	
	Aseton	15:1	40,20	39,79	
	Aseton	20:1	36,27	22,25	

**Çizelge 6.5.** Soksalet Ekstraksiyonunda Birinci Derece Kinetik Modelden Elde Edilen Hız Sabitlerinin ve Başlangıç Hızlarının Karşılaştırılması

Soksalet Ekstraksiyonu	Parametre	Değer		$k_1 \cdot 10^{+4}$ (1/dk)	h (mg/L dk)
	BHT Varlığı	BHT Var		138,18	1,05
		BHT Yok		119,76	0,81
	Tanecik Boyutu Aralığı (mm)	0,150 < $d_p$ < 0,355		99,03	0,63
		0,355 < $d_p$ < 0,5		138,18	1,05
		0,5 < $d_p$ < 1		94,42	0,51
	S/K Oranı	10:1		108,24	1,15
		15:1		138,18	1,05
		20:1		154,30	0,90
	Çözücü Türü- S/K Oranı	Etanol	10:1	108,24	1,15
Etanol		15:1	138,18	1,05	
Etanol		20:1	154,30	0,90	
Etil Asetat		10:1	175,30	3,02	
Etil Asetat		15:1	253,33	2,91	
Etil Asetat		20:1	297,09	2,45	

**Çizelge 6.6.** Ultrason Destekli Ekstraksiyonda İkinci Derece Kinetik Modelden Elde Edilen Hız Sabitlerinin ve Başlangıç Hızlarının Karşılaştırılması

Ultrason Destekli Ekstraksiyon	Parametre	Değer		$k_2 \cdot 10^{+4}$ (L/mg dk)	h (mg/L dk)
	Çözücü Türü - S/K Oranı	Etanol	10:1	64,07	78,42
		Etanol	15:1	109,12	61,28
		Etanol	20:1	110,45	45,96
		Etil Asetat	10:1	55,71	138,98
		Etil Asetat	15:1	56,56	81,28
		Etil Asetat	20:1	64,57	61,52
		Aseton	10:1	289	610,41
		Aseton	15:1	291,13	353,20
		Aseton	20:1	357,43	266,93

Deneysel sonuçların değerlendirilmesinde çözücü olarak etanolün kullanıldığı kesikli karıştırmalı ekstraksiyon çalışmalarında Yanıt Yüzey Yöntemi (RSM) de kullanılarak, bağımsız değişkenler olarak seçilen karıştırma hızı, sıcaklık, sıvı/katı oranı ve ekstraksiyon süresi parametrelerinin bağımlı değişken olarak seçilen dengede birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarına ortak etkileri araştırılmıştır. Dengede birim kuru kırmızı biber salçası fabrika atığı kütlesi başına ekstrakte edilen likopen miktarının hesaplanmasını sağlayacak ikinci dereceden quadratik bir polinom eşitlik bulunarak üç boyutlu yanıt yüzey eğrileri de elde edilmiştir. Önerilen modele ait sonuçlar ANOVA testi yapılarak istatistiksel açıdan da değerlendirilmiştir. Deneysel  $q_{den}$  değerleri ile hesaplanan  $q_{den}$  değerlerinin birbirine yakın bulunması ve ANOVA istatistiksel test sonuçları Yanıt Yüzey Yönteminin kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunun optimizasyonunda kullanılabileceğini göstermiştir.

Tez çalışmasının son kısmında Yanıt Yüzey Yöntemi, kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunun ekstraktör çeşidine, çözücü türüne ve sıvı/katı oranına bağlı optimizasyon çalışmaları için tekrar kullanılarak likopen ekstraksiyonunu etkileyen parametrelerin ortak etkileri araştırılmış, bulunan ikinci derece quadratik polinom eşitlikten kurutulmuş atıktan kararlı halde özütlenen likopen miktarları hesaplanmış ve üç boyutlu yanıt yüzey eğrileri elde edilmiştir. Önerilen modele ait sonuçlar ANOVA testi yapılarak istatistiksel açıdan da değerlendirilmiştir. Deneysel  $q_{den}$  değerleri ile hesaplanan  $q_{den}$  değerlerinin birbirine yakın bulunması ve ANOVA istatistiksel test sonuçları Yanıt Yüzey Yönteminin ekstraktör çeşidine, çözücü türüne ve sıvı/katı oranına bağlı olarak kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından likopen ekstraksiyonunun optimizasyonunda kullanılabileceğini göstermiştir.

Çizelge 6.7.'de literatürde farklı biber türlerinden farklı ekstraksiyon yöntemleriyle likopen eldesinde bulunan sonuçlar tez sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Çizelgeden literatürde değişik türden biberlerle değişik ekstraktörlerde yapılan ekstraksiyon çalışmalarında, biberlerden özütlenen likopen miktarlarının 1,8 mg/kg ile 322 mg/kg aralığında değiştiği görülmektedir. Tez çalışmasında ise etil asetat çözücüsü kullanılarak birim kuru kırmızı biber salçası atığı kütlesinden özütlenen likopen miktarı kesikli karıştırmalı ekstraksiyonda 1634,16 mg/kg, sokslet ekstraksiyonunda 1723,25 mg/kg, ultrason destekli ekstraksiyonda ise 1952,08 mg/kg olarak bulunmuştur. Genel olarak literatürde kırmızı biberden likopen ekstraksiyonu ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır.

**Çizelge 6.7.** Literatürde Farklı Biber Türlerinden Farklı Ekstraksiyon Yöntemleriyle Likopen Eldesinde Bulunan Sonuçların Tez Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

Referans	Biber Türü	Ekstraksiyon Sistemi	Deney Koşulları	Q <sub>den</sub> (mg/kg)
Adebisi, A. [93]	Yaş Kayen	Kesikli Karıştırmalı	Petrol Eteri	161,6±1,1
	Kurutulmuş Kayen	Kesikli Karıştırmalı	Petrol Eteri	26,5±1,1
	Kırmızı Amerikan Dolmalık	Kesikli Karıştırmalı	Petrol Eteri	65,3±2,7
	Yeşil	Kesikli Karıştırmalı	Petrol Eteri	30,6±1,7
	Tatlı Kırmızı	Kesikli Karıştırmalı	Petrol Eteri	7,9±0,6
	Acı Kırmızı	Kesikli Karıştırmalı	Petrol Eteri	7,1±0,0
Sánchez, E. [94]	Kırmızı Amerikan Dolmalık	Homojenizatör	Hekzan/Aseton/Etanol 2:1:1	322,0
Chávez Mendoza, C. Muñoz Marquez, E. [95]	Kırmızı Amerikan Dolmalık	Homojenizatör	Hekzan/Aseton/Etanol 2:1:1	42,3
	Yeşil Amerikan Dolmalık	Homojenizatör	Hekzan/Aseton/Etanol 2:1:1	19,1
Hallmann, E. Rembalkowska, E. [96]	Acı Kırmızı			1,8
	Kırmızı Amerikan Dolmalık			2,2
	Organik Acı Kırmızı			3,3
	Organik Kırmızı Amerikan Dolmalık			3,6

Tez Çalışması	Kurutulmuş Kırmızı(Kapya) Biber Salçası Fabrika Atığı	Kesikli Karıştırmalı	S/K=15:1 T= 60°C K.H.=120 rpm Çözücü=Etanol	1137,72
			S/K=15:1 T= 60°C K.H.=120 rpm Çözücü=Etil Asetat	1634,15
			S/K=20:1 T= 45°C K.H.=120 rpm Çözücü=Aseton	1566,57
		Soksalet	S/K=20:1 Çözücü=Etanol	1160,51
			S/K=15:1 Çözücü=Etil Asetat	1723,25
		Ultrason Destekli	S/K=20:1 T= 60°C Çözücü=Etanol	1290,13
			S/K=20:1 T= 60°C Çözücü=Etil Asetat	1952,08
			S/K=20:1 T= 45°C Çözücü=Aseton	1728,35

Sonuç olarak tez çalışması kapsamında Türkiye’de üretilen kırmızı biber salçası fabrikalarından atık olarak çıkan ve ekonomik değer taşımayan bir atıktan likopen ekstraksiyonu ilk defa olarak ve başarıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar hız ve verimlilik açısından karşılaştırıldığında bu atığın likopen ekstraksiyonunda ekonomik olarak kullanılabileceğini göstermektedir. İleriki çalışmalarda bu atıktan farklı çözücülerin ve süperkritik ve mikrodalga destekli gibi farklı ekstraktörlerin likopen ekstraksiyonunda kullanımının araştırılması ve ürün olarak likopenin ayrılması ve raf ömrünün uzatılması işlemlerinin optimizasyonunu hedeflenmektedir.

## REFERANSLAR

- [1] Anonim, European Environment Agency [DK], <https://www.eea.europa.eu/tr/isaretler/isaretler-2014/makaleler/uretimden-atiga-gida-sistemi> (Eylül, **2017**)
- [2] Anonim, European Environment Agency [DK], <https://www.eea.europa.eu/tr/isaretler/isaretler-2012/yakin-plan/gida-atiklari> (Eylül, **2017**)
- [3] Özdemir M, Şeker M, Taşçı Ö., Gıda Sektörü, *Kocaeli Sanayi için Teknolojik Uzgörü Raporu*, 137-148, **2001**.
- [4] Yağcı, S., Altan, A., Göğüş, F., Maskan, M., Gıda atıklarının alternatif kullanım alanları, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, Gaziantep, **2006**.
- [5] Thassitou, P.K., Arvanitoyannis, I.S., Bioremediation: a novel approach to food waste management, *Trends in Food Science and Technology*, 12, 85-196, **2001**.
- [6] Ghazi, S., Drakhshan, A., The effects of different levels of tomato pomace in broilers chick performance, *12th European Poultry Conference*, Verona, Italy, **2006**.
- [7] Rahmatnejad, E., Bojarpour, M., Mirzadeh, Kh., Chaji, M., Mohammadabadi, T., The effects of different levels of dried tomato pomace on broilers chicken hematological indices, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(10), 1989-1992, **2009**.
- [8] Işık, F., Yapar A., Değişik oranlarda salça üretim atıkları ilave edilerek üretilen tarhanaların oksidasyon parametrelerinin zamana bağlı değişimi, *Akademik Gıda*, 14(2), 123-135, **2016**.
- [9] Knoblich, M., Anderson, B., Latshaw, D., Analyses of tomato peel and seed byproducts and their use as a source of carotenoids, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1166-1170, **2005**.
- [10] Fıratlıgil, D.E., *Kırmızı Biber Tohumunun Endüstriyel Olarak Değerlendirilmesi: Protein Ekstraksiyonu, Fonksiyonel Özellikleri ve Mayonez Üretiminde Kullanımı*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2008**.
- [11] Farı, M., Pepper (*Capsicum annum L.*), *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, 2, 345, **1986**.
- [12] Sen, A., Laskawy, G., Schieberle, P., and Grosch, W., Quantitative determination of (E)- $\beta$ -damascenone in foods using stable isotope dilution assay, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39 (4), 757-759, **2005**.
- [13] Dasgupta, P., Fowler, C. J., Chillies: From antiquity to urology, *British Journal of Urology*, 80, 845-852, **1997**.
- [14] Raghavan, S., *Handbook of Spices, Seasonings and Flavorings(2nd ed)*, CRC Press, p.352, Florida. **2007**.
- [15] Azcarte, C., Barringer, S., Effect of enzyme activity and frozen storage on jalapeño pepper volatiles by selected ion flow tube mass spectrometry, *Journal of Food Science*, 75(9), 710-721, **2010**.
- [16] Verit, A., Yeni, E., Ünal, D., Tarihten günümüz ürolojisine kırmızı acı biber, *Türk Üroloji Dergisi*, 27, 399-402, **2001**.



- [17] Özalp, R., Ülkemizde biber üretimi ve örtü altı biber yetiştiriciliği, *Tarım Türk Dergisi*, 24, 29-32, **2010**.
- [18] Tıraş, M., Kahramanmaraş merkez ilçede kırmızı biber tarımı, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 10, 66-80, **2003**.
- [19] Buzkan, N., Yüzer, D., Kahramanmaraş kırmızı biberlerinde tohumla taşınan virüslerin moleküler tanısı, *Alatarım*, 8 (1), 1-7, **2009**.
- [20] Anonim, <http://nutritiondata.self.com/> (Eylül, **2017**)
- [21] Topuz, A., *Farklı Gamma Işınlama Dozlarının ve Depolamanın Kırmızı Pul Biberin (Capsicum annuum L.) Bazı Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkileri*, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, **2002**.
- [22] Ittah, Y., Kanner, J., Granit, R., Hydrolysis study of carotenoid pigments of paprika (Capsicum annuum L. Variety Lehava) by HPLC/Photodiode Array Detection, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 899-901, **1993**.
- [23] Vanderslice, J. T., Higgs, D.J., Hayes, J.M., Block, G., Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of foods-as-eaten, *Journal of Food Composition and Analysis*, 3, 105-118, **1990**.
- [24] Anonymous, Peppers, University of District of Columbia, *Center For Nutrition Diet And Health*, 1, 10, **2010**.
- [25] Anonymous, Sweet Pepper (Capsicum annuum), *Agriculture, Forestry and Fisheries Republic Of South Africa*, **2013**.
- [26] Anonim, <http://www.tuik.gov.tr/> (Eylül, **2017**)
- [27] Anonim, <http://www.worldstopexports.com/top-sweet-pepper-and-chili-pepper-exporters/> (Ekim, **2017**)
- [28] Baysal, T., Güres, H., Yurdagel, Ü., Biber salçası yapımında palper öncesi farklı haşlama yöntem ve sürelerinin palper verimi ve şıra kalitesine etkileri, *Gıda*, 15, 73-78, **1990**.
- [29] Gül, A., Özel, R., Işık, H., Adana ili merkezinde tüketicilerin biber salçası tüketimini etkileyen faktörler, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2005 9(4), 23-31, **2005**.
- [30] Okur, M., *Biber Salçası Üretiminde ve Sonrasında Sorun Oluşturan Mikroorganizmaların Tespit Edilmesi ve Bu Sorunların Giderilme Yöntemlerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, **2011**.
- [31] Türkcan, O., Ökmen, G., Mikrobiyal Karotenoidler, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5 (1), 115-122, **2012**.
- [32] Bağdathoğlu, N., Demirbaker, B., Gıda işlemede karotenoidlerde meydana gelen gelişmeler, *Gıda*, 9, 48- 51, **1999**.
- [33] Aşıcıoğlu, Y.T., *Sıçanlardaki Kronik Alkolik Karaciğer Hasarına Likopenin Etkisi*, Uzmanlık Tezi, T.C. Sağlık Bakanlığı Şişli Etfal Eğitim Hastanesi, Biyokimya ve Klinik Biyokimya Bölümü, İstanbul, **2005**.
- [34] Anonymous, *Methods of vitamin assay*, The Association of Vitamin Chemists Inc. Interscience publishers, 301, New York, **1951**.

- [35] Owen, R., Fennema, *Food Chemistry*, University of Wisconsin Madison Madison, Wisconsin, Third Edition, 673-678, **2016**.
- [36] Parker, R.S., Absorption, metabolism, and transport of carotenoids, *FASEB Journal*, 10, 542–551, **1996**.
- [37] Mortensen, A., Skibsted, L.H., Relative stability of carotenoid radical cations and homologue tocopheroxyl radicals. A real time kinetic study of antioxidant hierarchy, *FEBS Letter*, 417, 261-266, **1997**.
- [38] Hart, D.J., Scott, K.J., Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK, *Food Chemistry*, 54, 101–111, **1995**.
- [39] Deming, D.M., Erdman, J.W., Mammalian carotenoid absorption and metabolism, *Pure and Applied Chemistry*, 71, 2213–2223, **1999**.
- [40] Schieber, A., Carle, R., Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: Technological, analytical and nutritional implications, *Trends in Food Science and Technology*, 16, 416–422, **2005**.
- [41] Gökbulut, A., Şarer, E., Karotenoitler ve sağlık, *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 37 (2), 123-144, **2008**.
- [42] Bohm, V., Putpitasaki-Nienaber, N.L., Ferruzzi, M.G., and Schwartz, S.J., Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrical isomers of  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene, lycopene and zeaxanthin, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 221–226, **2002**.
- [43] Krinsky, N.I., Russet, M.D., Hendelman, G.J., and Snadderly, D.M., Structural and geometrical isomers of carotenoids in human plasma, *Journal of Nutrition*, 120, 1654–1661, **1990**.
- [44] Kopsell, D.A., Kopsell, D.E., Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops, *Trends Plant Science*, 11, 499-507, **2006**.
- [45] Stahl, W., Sies, H., Review: Lycopene: a biologically important carotenoid for humans, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 1, 336(1), 1-9, **1996**.
- [46] Yaping, Z., Suping, Q., Wenli, Y., Zheng, X., Hong, S., Side, Y., Dapu, W., Antioxidant activity of lycopene extracted from tomato paste towards trichloromethyl peroxy radical  $\text{CCl}_3\text{O}_2$ , *Food Chemistry*, 77, 209-212, **2002**.
- [47] Handelman, G.J., The evolving role of carotenoids in human biochemistry, *Nutrition*, 17(10), 818–22, **2001**.
- [48] Bramley, P.M., Is lycopene beneficial to human health, *Phytochemistry*, 54(3), 233-6, **2000**.
- [49] Olson, J.A. and Krinsky, N.I., Introduction: the colorful, fascinating world of the carotenoids: important physiologic modulators, *Faseb Journal*, 9, 1547-1550, **1995**.
- [50] Van Breemen, R.B., Pajkovic, N., Multitargeted therapy of cancer by lycopene, *Cancer Letter*, 269, 339-351, **2008**.
- [51] Toor, R.K., Savage, G.P., Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes, *Food Chemistry*, 94, (1), 90-97, **2006**.

- [52] Di Mascio, P., Kaiser, S., Sies, H., Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 274, 532-538, **1989**.
- [53] Mortensen, A., Skibsted, L.H., Relative stability of carotenoid radical cations and homologue tocopheroxyl radicals. A real time kinetic study of antioxidant hierarchy, *FEBS Letter*, 417, 261-266, **1997**.
- [54] Woodall, A.A., Lee, S.W., Weesie, R.J., Jackson, M.J., and Britton, G., Oxidation of carotenoids by free radicals: relationship between structure and reactivity, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1336, 33-42, **1997**.
- [55] Giovannucci, E., A review of epidemiologic studies of tomatoes, lycopene, and prostate cancer, *Experimental Biology and Medicine*, 227, 852-859, **2002**.
- [56] Shi, J., Maguer, L.M., Lycopene in tomatoes: Chemical and physical properties affected by food processing, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(1), 1-42, **2000**.
- [57] Bohm, V., Bitsch, R., Intestinal absorption of lycopene from different matrices and interactions to other carotenoids, the lipid status and the antioxidant capacity of human plasma, *European Journal of Nutrition*, 38, 118-125, **1999**.
- [58] İzgü, C., *Farklı Kurutma Metotlarının Domatesteki Likopen Miktarına Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, **2012**.
- [59] Giovannucci, E., Tomatoes, tomato-based products, lycopene and cancer, review of the epidemiologic literature, *Journal of the National Cancer Institute*, 17, 91(4), 317-331, **1999**.
- [60] Sendão, M.C., Behling, E.B., dos Santos, R.A., Antunes, L.M., de Lourdes Pires Bianchi, M., Comparative effects of acute and subacute lycopene administration on chromosomal aberrations induced by cisplatin in male rats, *Food Chemical Toxicology*, 44, 1334-1339, **2006**.
- [61] Handelman, G.J., The evolving role of carotenoids in human biochemistry, *Nutrition*, 17(10), 818-822, **2001**.
- [62] Kozuki, Y., Miura, Y., Yagasaki, K., Inhibitory effects of carotenoids on the invasion of rat ascites hepatoma cells in culture, *Cancer Letter*, 151, 111-115, **2000**.
- [63] Young, A.J., Lowe, G.M., Antioxidant properties of carotenoids, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 385, 20-27, **2001**.
- [64] Mashima, R., Witting, P.K., Stocker, R., Oxidants and antioxidants in atherosclerosis, *Current Opinion in Lipidology*, 12(4), 411-418, **2001**.
- [65] Rousseau, E.J., Davison, A.J., Dunn, B., Protection by beta-carotene and related compounds against oxygen-mediated cytotoxicity and genotoxicity. Implications for carcinogenesis and anticarcinogenesis, *Free Radical Biology and Medicine*, 13(4), 407-433, **1992**.
- [66] Collins, A.R., Carotenoids and genomic stability, *Mutation Research*, 475, 21-28, 2001.
- [67] Anonim, <http://aves.akdeniz.edu.tr/ImageOfByte.aspx?Resim=8&SSNO=35&USER=1764> (Ekim, **2017**)

- [68] Perry, R.H., Green, D., *Perry's Chemical Engineers Handbook*, 6th ed., Mc Graw Hill., New York, **1985**.
- [69] Schönbacher, A., *Thermische Verfahrenstechnik*, 1st ed., Springer, Berlin, Heidelberg, **2002**.
- [70] Kutlular, Ö., *Bazı Adaçayı ve Kekik Türlerinin Uçucu Yağlarının Süper Isıtılmış Su İle Ekstraksiyonları ve Gc-Ms İle Karakterizasyonları*, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, **2007**.
- [71] Rezaie, M., Farhoosh, R., Iranshahi, M., Sharif, A., Golmohamadzadeh, S., Ultrasonic-assisted extraction of antioxidative compounds from Bene (*Pistacia Atlantica* Subsp. *Mutica*) hull using various solvents of different physicochemical properties, *Food Chemistry*, 173, 577-83, **2015**.
- [72] Gu, C.-H., Li, H., Gandhi, R.B., R Aghavan, K., Grouping solvents by statistical analysis of solvent property parameters: implication to polymorph screening, *International Journal of Pharmaceutics*, 283, 117-25, **2004**.
- [73] Aguleira, J.M., *Solid-Liquid Extraction. In: Extraction optimization in food engineering*, CRC Press, 35-55, **2003**.
- [74] Perez-Serradilla, J.A., Capote, P.F., Castro, L.M.D., Simultaneous ultrasound-assisted emulsification-extraction of polar and nonpolar compounds from solid plant samples, *Analytical Chemistry*, 79, 6767-6774, **2007**.
- [75] Wang, L., Weller, C.L., Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 300-312, **2006**.
- [76] Castro, M.D.L., Priego-Capote, F., Soxhlet extraction: past and present panacea, *Journal of chromatography A*, 1217 (16), 2383-2389, **2010**.
- [77] Chemat, F., Tomao, V., Viot, M., *Ultrasound assisted extraction in food analyses. In: Handbook of Food Analysis Instruments*, CRC Press, 85-99, **2008**.
- [78] Takeuchi, T.M., Pereira, C.G., Braga, M.E.M., Marostica, M.R., Leal, P.F., Meireles M.A.A., *Low pressure solvent extraction, microwave assisted, and ultrasound from condimentary plant. In: Extracting Bioactive Compounds for Food Products*, CRC Press, 137-218, **2008**.
- [79] Torley, P.J., Bhandari, B.R., *Ultrasound in food processing and preservation. In: Handbook of Food Preservation*, Second Edition. CRC Press, 713-732, **2007**.
- [80] Vinatoru, M., An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs, *Ultrasonics Sonochemistry*, 8(3), 303- 313, **2001**.
- [81] Vieira, G. S., Cavalcanti, R.N., Meireles, M.A.A., and Hubinger, M., Chemical and economic evaluation of natural antioxidant extracts obtained by ultrasound assisted and agitated bed extraction from jussara pulp (*Euterpe edulis*), *Journal of Food Engineering*, 119(2), 196-204, **2013**.
- [82] Wu, H., Zhu, J., Diao, W., and Wang, C., Ultrasound assisted enzymatic extraction and antioxidant activity of polysaccharides from pumpkin (*Cucurbita moschata*), *Carbohydrate Polymers*, 113,314–324, **2014**.
- [83] Gonzalez, R., Serra, F. C., Femenia, A., Rossello, C., and Simal, S., Effect of power ultrasound application on aqueous extraction of phenolic compounds and antioxidant activity from grape pomace (*Vitis vinifera* L.): Experimental kinetics and modeling, *Ultrasonics Sonochemistry*, 22, 506-514, **2015**.

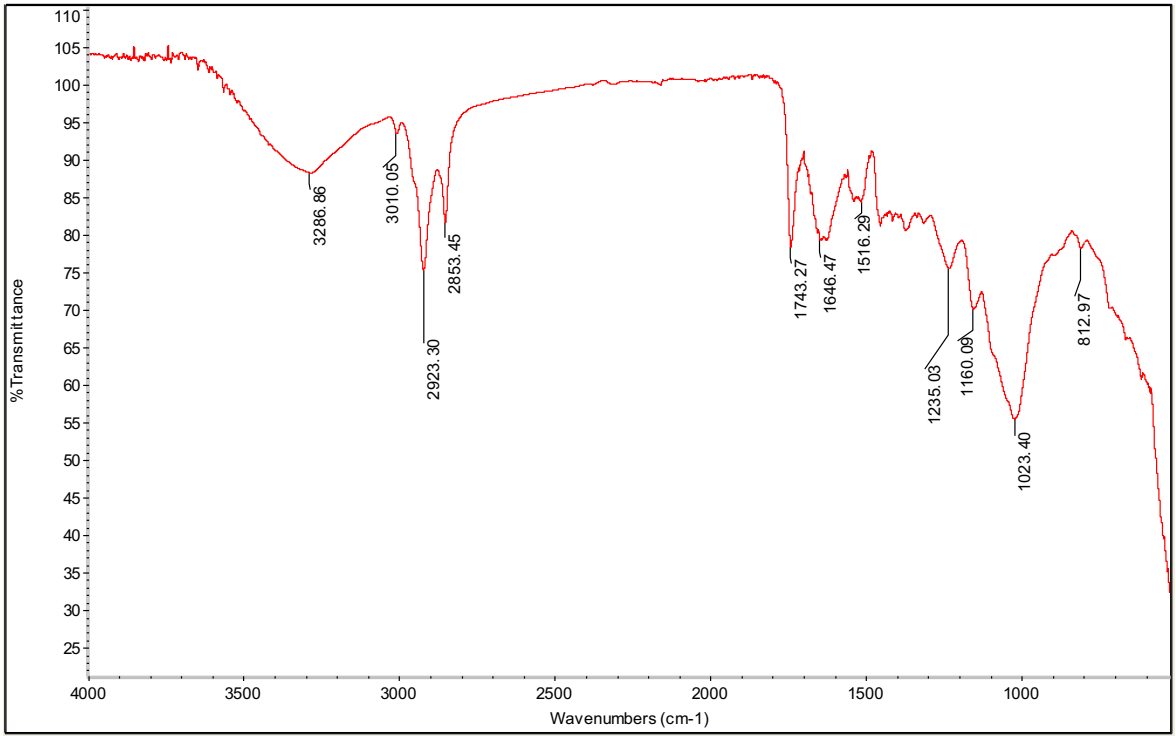
- [84] Vinatoru, M., An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs, *Ultrasonics Sonochemistry*, 8(3), 303- 313, **2001**.
- [85] Hwang, S., Hansen, C.L., Modeling and optimization in anaerobic bioconversion of complex substrates to acetic and butyric acids, *Biotechnology and Bioengineering*, 54, 451-460, **1997**.
- [86] İsmail, A., Linder, M. and Ghoul, M., Optimization of butylgalactoside synthesis by  $\beta$ -galactosidase from *Aspergillus oryzae*, *Enzyme and Microbial Technology*, 25(3–5), 208-213, **1999**.
- [87] Myers, R.H., Montgomery, D.C. and Anderson-Cook, C.M., *Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments*, John Wiley & Sons, Third Ed., 680, **2009**.
- [88] Subaşı, A., *Yanıt Yüzey Yöntemi Yardımıyla Isı Değiştirici Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, **2010**.
- [89] Montgomery, D.C., *Design and Analysis of Experiments*, John Wiley, New York, **2005**.
- [90] Myers, R.H., Montgomery, D.C., *Response Surface Methodology*, John Wiley and Sons, 2nd Ed. New York, **2002**.
- [91] Vieira, S., Hoffman, R., *Estatística Experimental*, Atlas, São Paulo, **1989**.
- [92] Strati, I.F., Oreopoulou, V., Effect of extraction parameters on the carotenoid recovery from tomato waste, *Journal of Food Science and Technology*, 46, 23-29, **2010**.
- [93] Adebisi, J.A., Oyewo E.B., and Jibodu, I.S., Vitamins A, C and Lycopene Contents of Some Varieties of Tomato and Pepper in the Southwest Region of Nigeria, *Advances in Life Science and Technology*, 23, 63-67, **2014**.
- [94] Chávez-Mendoza, C., Sánchez, E., Carvajal-Millán, E., Muñoz-Márquez, E., and Guevara-Aguilar, A., Characterization of the Nutraceutical Quality and Antioxidant Activity in Bell Pepper in Response to Grafting, *Molecules*, 18, 15689-15703, **2013**.
- [95] Chávez-Mendoza, C., Sánchez, E., Carvajal-Millán, E., Muñoz-Márquez, Sida-Arreola, J.P., and Flores-Cordova, M.A., Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Grafted Varieties of Bell Pepper, *Antioxidants*, 4, 427-446, **2015**.
- [96] Hallmann, E., Rembiałkowska, E., The Content of Selected Antioxidant Compounds in Bell Pepper Varieties from Organic and Conventional Cultivation Before and After Freezing Process, *16<sup>th</sup> IFOAM Organic World Congress*, **2008**.
- [97] Bunghez, I.R., Radulby, M., Doncea, S., Akşahin, I., Ion, R.M., Lycopene Determination İn Tomatoes By Different Spectral Techniques (Uv-Vis, Ftir and Hplc), *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 6(3), 1349-1356, **2011**.
- [98] Aghel, N., Ramezani, Z., Amirfakhrian, S., İsolation and Quantification of Lycopene From Tomato Cultivated in Dezful, *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 6(1), 9-15, **2011**.

## EKLER

### EK 1. Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığından Ekstraksiyonla Elde Edilen Özütün FTIR Analizleri

FTIR analizleri kırmızı biber salçası fabrika atığından ekstraksiyonla elde edilen özütün yani likopenin karakteristik fonksiyonel gruplarını tanımlayabilmek amacıyla yapılmıştır.

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığının FTIR spektrumu Şekil E1.1.'de verilmiştir.

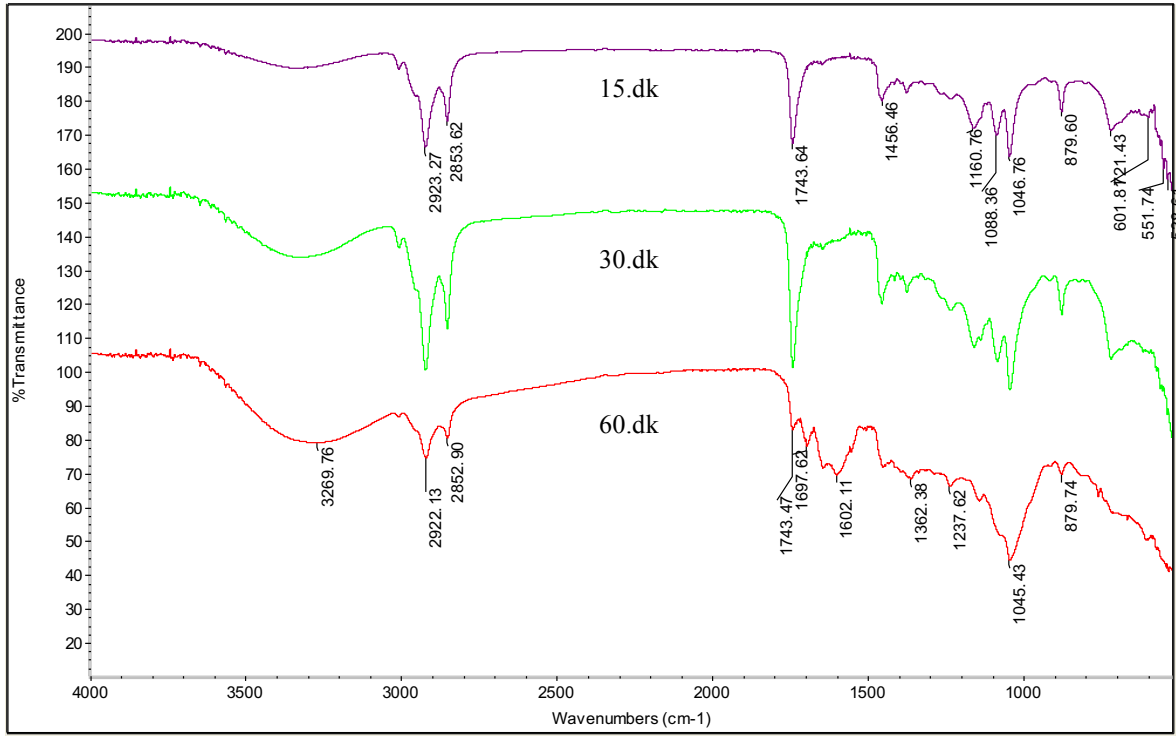


Şekil E1.1. Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığının FTIR Spektrumu

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığıyla BHT içermeyen etanol çözücüsünde, 60°C'da, 120 rpm'de 10:1 S/K oranında gerçekleştirilen ekstraksiyonda 15 dk, 30 dk ve 60 dk sonunda elde edilen özütlerin FTIR spektrumları Şekil E1.2.'de verilmiştir. Şekilden görülen ve 1730 cm<sup>-1</sup>-1765 cm<sup>-1</sup> ve 3000 cm<sup>-1</sup>-2800 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralıklarında yer alan pikler lipid gruplarından kaynaklanmaktadır. 1477 cm<sup>-1</sup>-1400 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında gözlenen pikler C-H bağlarının bükülmesini, 1100 cm<sup>-1</sup>-1400 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında gözlenen pikler C-C ve C-C-H bağlarının gerilmelerini, 1170 cm<sup>-1</sup>-1115 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında gözlenen pikler ise C-O bağlarının gerilmelerini ifade etmektedir. 3700 cm<sup>-1</sup>-3000 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında görülen pikler O-H gerilme titreşimlerinden ve suyun varlığından kaynaklanmaktadır. 1200 cm<sup>-1</sup>-900 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında yer alan yoğun pikler ise karbonhidratların ve asitlerin C-O-C bağlarının titreşimlerini göstermektedir

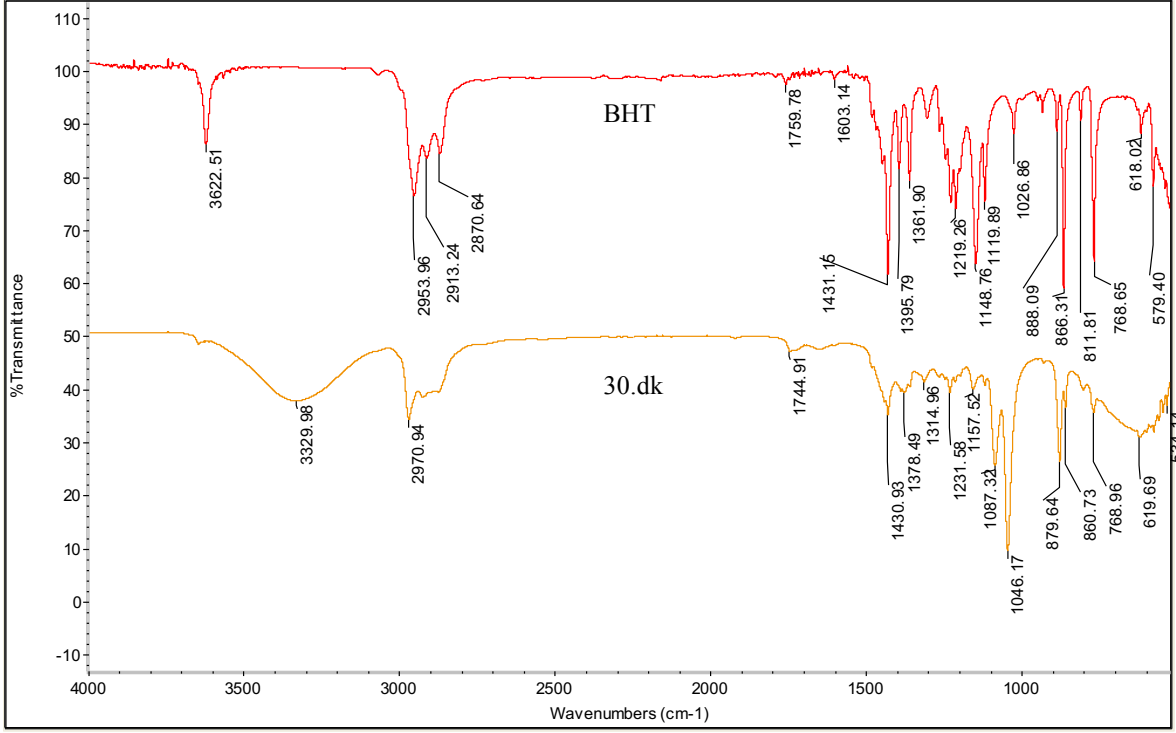
[97].  $900\text{ cm}^{-1}$ - $670\text{ cm}^{-1}$  boyu aralığında görünen pikler C-H alken bağlarından, C-H alken bağlarının bükülmesinden ve bükülen C-H alken bağlarının gerilmesinden oluşmaktadır [98]. Elde edilen sonuçlar kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından etanol çözücüsünde ekstrakte edilen özütün likopen yapıda olduğunu göstermektedir.

60. dakikada  $1600\text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki pikin trans C=C bağının varlığını göstermesi ve  $1100\text{ cm}^{-1}$ - $1000\text{ cm}^{-1}$  dalga boyu aralığında görülen pikler yapının bozulmaya başladığını göstermektedir.



**Şekil E1.2.** Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığıyla BHT İçermeyen Etanol Çözücüsünde, 10:1 S/K Oranında Gerçekleştirilen Ekstraksiyonda 15 dk, 30 dk ve 60 dk Sonunda Elde Edilen Özütlerin FTIR Spektrumları

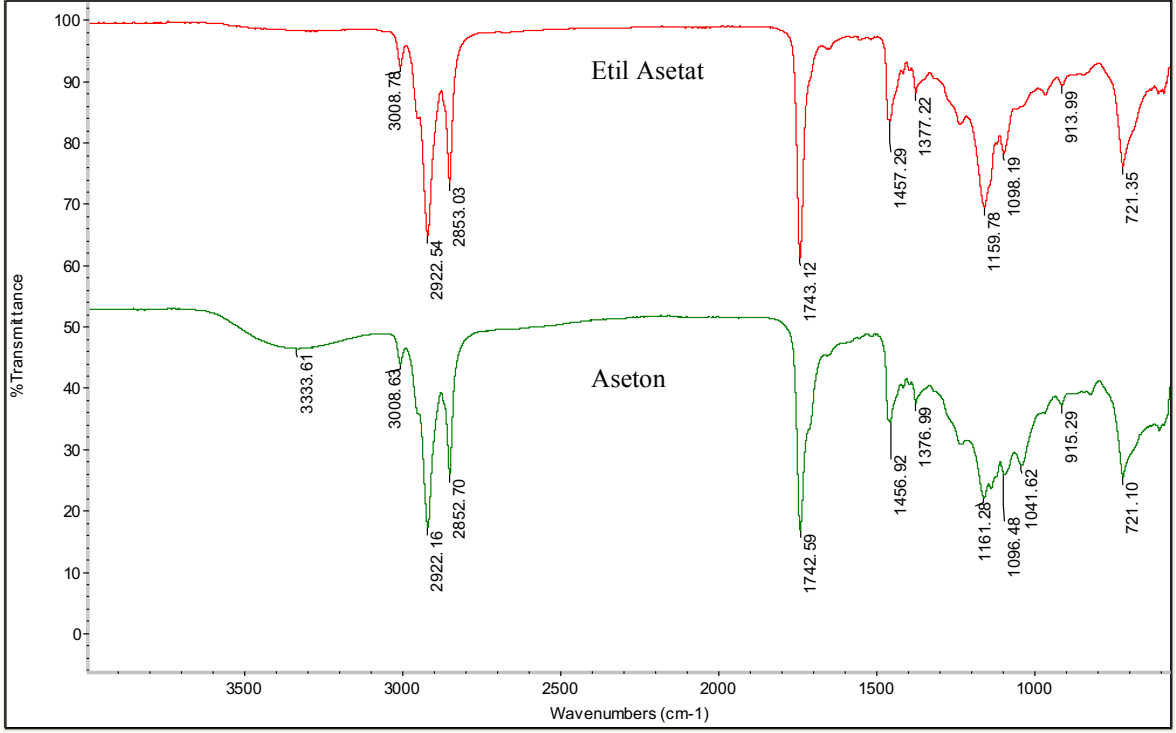
Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığıyla %5 BHT içeren etanol çözücüsünde, 60°C’da, 120 rpm’de 10:1 S/K oranında gerçekleştirilen ekstraksiyonda 30 dk sonunda elde edilen özütün ve BHT’in FTIR spektrumları Şekil E1.3.’de verilmiştir. BHT’nin varlığı likopenin FTIR spektrumunda yer alan piklerin görünümünü engellemiştir.



**Şekil E1.3.** Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığıyla %5 BHT İçeren Etanol Çözücüsünde, 10:1 S/K Oranında Gerçekleştirilen Ekstraksiyonda 30 dk Sonunda Elde Edilen Özütün ve BHT'in FTIR Spektrumları

Kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığıyla BHT içermeyen etil asetat ve aseton çözücülerinde, etil asetatla 60°C'da, asetonla 45°C'da, 120 rpm'de 10:1 S/K oranında gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmalarında 30 dk sonunda elde edilen özütlerin FTIR spektrumları Şekil E1.4.'de verilmiştir. Şekilden görülen ve 1730 cm<sup>-1</sup>-1765 cm<sup>-1</sup> ve 3000 cm<sup>-1</sup>-2800 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralıklarında yer alan pikler lipid gruplarından kaynaklanmaktadır. 1477 cm<sup>-1</sup>-1400 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında gözlenen pikler C-H bağlarının bükülmesini, 1100 cm<sup>-1</sup>-1400 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında gözlenen pikler C-C ve C-C-H bağlarının gerilmelerini, 1170 cm<sup>-1</sup>-1115 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında gözlenen pikler ise C-O bağlarının gerilmelerini ifade etmektedir. 3700 cm<sup>-1</sup>-3000 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında görülen pikler O-H gerilme titreşimlerinden ve suyun varlığından kaynaklanmaktadır. 1200 cm<sup>-1</sup>-900 cm<sup>-1</sup> dalga boyu aralığında yer alan yoğun pikler ise karbonhidratların ve asitlerin C-O-C bağlarının titreşimlerini göstermektedir [97]. 900 cm<sup>-1</sup>-670 cm<sup>-1</sup> boyu aralığında görünen pikler C-H alken bağlarından, C-H alken bağlarının bükülmesinden ve bükülen C-H alken bağlarının gerilmesinden oluşmaktadır [98]. Elde edilen sonuçlar kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrikası atığından etil asetat ve aseton çözücülerinde ekstrakte edilen özütlerin yine likopen yapıda olduğunu göstermektedir.





**Şekil E1.4.** Kurutulmuş Kırmızı Biber Salçası Fabrika Atığıyla BHT İçermeyen Etil Asetat ve Aseton Çözücülerde, 10:1 S/K Oranında Gerçekleştirilen Ekstraksiyon Çalışmalarında 30 dk Sonunda Elde Edilen Özütlerin FTIR Spektrumları

## EK 2. Kesikli Karıştırılmalı Likopen Ekstraksiyonunda Uygulanan Yanıt Yüzey Yönteminde Bulunan İstatistiksel Analiz Sonuçları

Aşağıda verilen ANOVA istatistiksel test sonuçları, etanol çözücüsü ile gerçekleştirilen kesikli karıştırılmalı likopen ekstaksiyonunda bağımsız değişken parametreleri olarak seçilen karıştırma hızı, sıcaklık, S/K oranı ve ekstraksiyon süresinin bağımlı değişken olarak belirlenen birim kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından özütlenen likopen miktarını önemli derecede ve doğrudan etkilediğini, elde edilen ikinci dereceden polinom eşitliğin ise ekstraksiyon sistemini % 95 uyumlulukla tanımladığını göstermektedir.

**Response**                      **q mg Likopen/ kg Kuru Atık**

### ANOVA for Response Surface Quadratic model

#### Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1.927E+006	14	1.377E+005	18.95	< 0.0001	significant
<i>A-KARISTIRMA HIZI</i>	<i>2.538E+005</i>	<i>1</i>	<i>2.538E+005</i>	<i>34.93</i>	<i>&lt; 0.0001</i>	
<i>B-SICAKLIK</i>	<i>52736.23</i>	<i>1</i>	<i>52736.23</i>	<i>7.26</i>	<i>0.0167</i>	
<i>C-S/K ORANI</i>	<i>1.529E+005</i>	<i>1</i>	<i>1.529E+005</i>	<i>21.04</i>	<i>0.0004</i>	
<i>D-EKSTRAKSIYON SURESI</i>	<i>1.078E+006</i>	<i>1</i>	<i>1.078E+006</i>	<i>148.36</i>	<i>&lt; 0.0001</i>	
<i>AB</i>	<i>3584.55</i>	<i>1</i>	<i>3584.55</i>	<i>0.49</i>	<i>0.4932</i>	
<i>AC</i>	<i>13636.23</i>	<i>1</i>	<i>13636.23</i>	<i>1.88</i>	<i>0.1909</i>	
<i>AD</i>	<i>7160.26</i>	<i>1</i>	<i>7160.26</i>	<i>0.99</i>	<i>0.3366</i>	
<i>BC</i>	<i>4191.82</i>	<i>1</i>	<i>4191.82</i>	<i>0.58</i>	<i>0.4593</i>	
<i>BD</i>	<i>22500.61</i>	<i>1</i>	<i>22500.61</i>	<i>3.10</i>	<i>0.0988</i>	
<i>CD</i>	<i>4460.68</i>	<i>1</i>	<i>4460.68</i>	<i>0.61</i>	<i>0.4455</i>	
<i>A<sup>2</sup></i>	<i>44185.84</i>	<i>1</i>	<i>44185.84</i>	<i>6.08</i>	<i>0.0262</i>	
<i>B<sup>2</sup></i>	<i>31944.07</i>	<i>1</i>	<i>31944.07</i>	<i>4.40</i>	<i>0.0534</i>	
<i>C<sup>2</sup></i>	<i>7784.80</i>	<i>1</i>	<i>7784.80</i>	<i>1.07</i>	<i>0.3170</i>	
<i>D<sup>2</sup></i>	<i>53759.94</i>	<i>1</i>	<i>53759.94</i>	<i>7.40</i>	<i>0.0158</i>	
Residual	1.090E+005	15	7265.64			
<i>Lack of Fit</i>	<i>1.090E+005</i>	<i>13</i>	<i>8383.43</i>			
<i>Pure Error</i>	<i>0.000</i>	<i>2</i>	<i>0.000</i>			
Cor Total	2.036E+006	29				

The Model F-value of 18.56 implies the model is significant. There is only a 0.01% chance that an F-value this large could occur due to noise. Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case A, B, C, D, A<sup>2</sup>, D<sup>2</sup> are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

Std. Dev.	85.24	R-Squared	0.9465
Mean	686.90	Adj R-Squared	0.8965
C.V. %	12.41	Pred R-Squared	0.8251
PRESS	3.561E+005	Adeq Precision	16.681
-2 Log Likelihood	331.07	BIC	382.09
		AICc	395.35

The "Pred R-Squared" of 0.8251 is in reasonable agreement with the "Adj R-Squared" of 0.8965; i.e. the difference is less than 0.2.

### EK 3. Likopen Ekstraksiyonunda Ektraktör Çeşidine, Çözücü Türüne ve Sıvı/Katı Oranına Bağlı Olarak Uygulanan Yanıt Yüzey Yönteminde Bulunan İstatistiksel Analiz Sonuçları

Aşağıda verilen ANOVA istatistiksel test sonuçları, genel likopen ekstaksiyonunda bağımsız değişken parametreleri olarak seçilen ekstraktör çeşidinin, çözücü türünün ve sıvı/katı oranının bağımlı değişken olarak belirlenen birim kurutulmuş kırmızı biber salçası fabrika atığından özütlenen likopen miktarını doğrudan etkilediğini, elde edilen ikinci dereceden polinom eşitliğin ise ekstraksiyon sistemini % 96 uyumlulukla tanımladığını göstermektedir.

**Response**                      **q   mg Likopen/ kg Kuru Atık**

#### ANOVA for Response Surface Quadratic model

#### Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1.646E+006	9	1.829E+005	29.09	< 0.0001	significant
<i>A-EKSTRAKTÖR ÇESIDI</i>	3397.48	1	3397.48	0.54	0.4791	
<i>B-ÇÖZÜCÜ TÜRÜ</i>	3.949E+005	1	3.949E+005	62.82	< 0.0001	
<i>C-S/K ORANI</i>	38760.36	1	38760.36	6.17	0.0324	
<i>AB</i>	336.65	1	336.65	0.054	0.8217	
<i>AC</i>	550.96	1	550.96	0.088	0.7732	
<i>BC</i>	23091.55	1	23091.55	3.67	0.0843	
<i>A<sup>2</sup></i>	37021.91	1	37021.91	5.89	0.0356	
<i>B<sup>2</sup></i>	4.372E+005	1	4.372E+005	69.56	< 0.0001	
<i>C<sup>2</sup></i>	530.44	1	530.44	0.084	0.7774	
Residual	62862.11	10	6286.21			
Cor Total	1.709E+006	19				

The Model F-value of 29.09 implies the model is significant. There is only a 0.01% chance that an F-value this large could occur due to noise. Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case A, B, B<sup>2</sup>, C<sup>2</sup> are significant model terms. Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.

Std. Dev.	79.29	R-Squared	0.9632
Mean	1418.36	Adj R-Squared	0.9301
C.V. %	5.59	Pred R-Squared	0.8386
PRESS	2.758E+005	Adeq Precision	13.821
-2 Log Likelihood	217.82	BIC	247.77
		AICc	262.26

The "Pred R-Squared" of 0.8386 is in reasonable agreement with the "Adj R-Squared" of 0.9301; i.e. the difference is less than 0.2.

# ÖZGEÇMİŞ

## Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Gizem AKBULUT ALTUNAL  
Doğum Yeri: Ankara  
Doğum Yılı: 1987  
Medeni Hali: Evli  
E-posta: [gizemakbulutt@gmail.com](mailto:gizemakbulutt@gmail.com)  
Adres: Hacettepe Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü  
BEYTEPE/ANKARA

## Eğitim

Lise: Deneme Lisesi  
Lisans: Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü

## Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce: İyi düzey

## İş Deneyimi

2007 Aselsan A.Ş. (staj)

## Deneyim Alanları

Enerji Kaynakları  
Biyoteknoloji  
Ekstraksiyon

## Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

## Tezden Üretilmiş Yayınlar

## Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 09/01/2018

Tez Başlığı / Konusu: Gıda Sanayiinde Kullanılan Kappa Biberin Atıklarından Likopen Ekstraksiyonu

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 129 sayfalık kısmına ilişkin, 09/01/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 5 'tir.


Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/~~dahil~~
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

09/01/2018

  
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Gizem Akbulut Altunal  
Öğrenci No: N10324489  
Anabilim Dalı: Kimya Mühendisliği  
Programı: Tezli Yüksek Lisans  
Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.



Prof. Dr. Zümriye Aksu  
(Unvan, Ad Soyad, İmza)