

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KARİDES İŞLEME ARTIKLARINDAN ASTAKSANTİN EKSTRAKSİYONU:
FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ASTAKSANTİN VERİM VE
KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Cavit AKTAR

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

MAYIS 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**KARİDES İŞLEME ARTIKLARINDAN ASTAKSANTİN EKSTRAKSİYONU:
FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ASTAKSANTİN VERİM VE
KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Cavit AKTAR

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

MAYIS 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARİDES İŞLEME ARTIKLARINDAN ASTAKSANTİN EKSTRAKSİYONU:
FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ASTAKSANTİN VERİM VE
KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Cavit AKTAR
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez T.C. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon
Birimi tarafından FYL-2017-2951 nolu proje ile desteklenmiştir.**

MAYIS 2019

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARİDES İŞLEME ARTIKLARINDAN ASTAKSANTİN EKSTRAKSİYONU:
FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ASTAKSANTİN VERİM VE
KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Cavit AKTAR
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 15/05/2019 tarihinde jüri tarafından Oy birliği / Oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Şükran ÇAKLI

Prof. Dr. Pınar Yerlikaya KEBAPÇIOĞLU

Doç. Dr. Osman Kadir TOPUZ (Danışman)



ÖZET

KARİDES İŞLEME ARTIKLARINDAN ASTAKSANTİN EKSTRAKSİYONU: FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ASTAKSANTİN VERİM VE KALİTESİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Cavit AKTAR

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Osman Kadir Topuz

Mayıs 2019; 56 Sayfa

Kırmızı karides (*Aristaeomorpha foliacea*) Akdeniz’de ve özellikle ülkemiz kıyılarında avcılığı yapılan önemli bir karides türüdür. Kırmızı karideslerin işlenmesinden arta kalan yenmeyen artık kısımlar doğal renk maddesi ve güçlü bir antioksidan olarak bilinen kırmızı renkli astaksantin bioaktif maddesi açısından zengindir. Astaksantin, güçlü antioksidan özelliğinden dolayı fonksiyonel gıda sektöründe renk verme özelliğinden dolayı su ürünleri yetiştiriciliği alanında kullanılmaktadır. Karides artıklarından astaksantin elde edilmesinde en önemli aşama ekstraksiyon öncesi artık maddelerdeki suyun uzaklaştırılması aşamasıdır. Bu tezde dondurarak kurutucuda kurutma, akışkan yataklı kurutucuda kurutma ve geleneksel laboratuvar tipi fırında kurutma gibi 3 farklı kurutma yönteminin astaksantin verimine ve kalitesine etkileri test edilerek astaksantin ekstraksiyonu için en uygun kurutma yönteminin araştırılması hedeflenmiştir.

Farklı yöntemlere göre kurutulup ekstraksiyona tabi tutulan karides (*Aristaeomorpha foliacea*) işleme artıklarından en yüksek astaksantin miktarı (288.85 ± 11.26 ppm) ve antioksidan aktivite değeri (1.99 ± 0.07 TEAC) dondurarak kurutucuda kurutulan örneklerde tespit edilirken en düşük astaksantin içeriğine (251.57 ± 7.78^b) ve antioksidan aktivitesine (1.39 ± 0.03^b) geleneksel laboratuvar tipi fırında kurutulan örneklerde rastlanmıştır. Renk a değeri (14.66 ± 0.68) ve elde edilen EPA-DHA yağ asitleri (25.92 ± 0.90) içeriği açısından elde edilen sonuçlar incelendiğinde dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulmuş örneğe ait sonuçların da bu tespiti desteklediği görülmüştür. Tüm bu sonuçlar ışığında kırmızı karides işleme artıklarından en iyi kalitede ve verimde astaksantin eldesi için karides artıklarının dondurarak kurutucuda kurutulmasının en iyi sonuç vereceği tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Kırmızı karides, *Aristaeomorpha foliacea*, İşleme artıkları, Astaksantin, Kurutma yöntemleri.

JÜRİ: Prof. Dr. Şükran ÇAKLI

Prof. Dr. Pınar Yerlikaya KEBAPÇIOĞLU

Doç.Dr. Osman Kadir TOPUZ

ABSTRACT

ASTAKSANTIN EXTRACTION FROM SHRIMP BYPRODUCTS: THE INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT DRYING METHODS ON THE EFFICIENCY AND QUALITY OF ASTAKSANTIN

Cavit AKTAR

MSc Thesis in Fisheries Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Osman Kadir TOPUZ

May 2019; 56 pages

Red shrimp (*Aristaeomorpha foliacea*) is an important shrimp species that are catching in the Mediterranean sea and in Turkey. As the name suggests, red shrimp by products contain a bioactive substance called astaxanthin, known as a natural colorant and a powerful antioxidant. Astaxanthin is widely used in functional food industry because it is known as a strong antioxidant. The most important step in the evaluation of shrimp by products is the stage of drying these by products before extraction. In this thesis, the effects of 3 different drying methods including freeze drying, fluid bed drying and conventional drying on the efficiency and quality of astaxanthin were tested and the most suitable drying method for astaxanthin extraction is determined.

The highest amount (288.85 ± 11.26 ppm) of astaxanthin and antioxidant activity values (1.99 ± 0.07 TEAC) of shrimp processing byproducts which were dried and extracted according to different methods were also determined from the extract of the dried sample by freeze-drying. When the color a value (14.66 ± 0.68) and the results obtained in terms of EPA-DHA fatty acid (25.92 ± 0.90) yield were examined, it was seen that the dried sample results of freeze drying method also supported this determination. In the light of all these results, in the thesis study, it is thought that the freeze drying method of astaxanthin, will be the most appropriate method.

KEY WORDS : Red shrimp, *Aristaeomorpha foliacea*, Shrimp byproduct, astaxanthin, drying methods.

COMMITTEE: Prof. Dr. Şükran ÇAKLI

Prof. Dr. Pınar Yerlikaya KEBAPÇIOĞLU

Associated. Dr. Osman Kadir TOPUZ

ÖNSÖZ

Kırmızı karides (*Aristaeomorpha foliacea*) Akdeniz’de ve özellikle ülkemiz kıyılarında avcılığı yapılan önemli bir karides türüdür. Kırmızı karides eti elde edebilmek amacıyla baş ve kabuk çıkarma işlemi uygulanmaktadır. Adından da anlaşılacağı gibi kırmızı karides artıkları doğal renk maddesi ve güçlü bir antioksidan olarak bilinen astaksantin adında bioaktif madde içermektedir. Astaksantin gıda ve ilaç sanayisinde antioksidan olarak kullanılmasının yanında su ürünleri sektöründe hem yavru balık yetiştiriciliğinde hem de somon ve alabalık gibi balıkların et renginin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Kırmızı karides etinin işlenmesi sonucu ortaya çıkan artıkların işletmelerde depolanarak uzaklaştırılması ekonomik kayıplara ve çevresel problemlere neden olmaktadır. Kırmızı karides artıklarında bulunan bu değerli bioaktif maddenin en uygun koşullarda ekstrakte edilerek ekonomiye geri kazandırılması bu tezin ana konusudur. Astaksantin geri kazanımında en kritik aşamalardan birisi karides artıklarının ekstraksiyon işlemi öncesi kurutulmasıdır. Karides atıklarını yüksek sıcaklıkta uzun süre kurutmak astaksantin kayıplarına neden olduğu için bu tez çalışmasında akışkan yataklı kurutucu ve dondurarak kurutucuda kurutmak gibi alternatif kurutma yöntemlerinin astaksantin kalite ve verime etkileri araştırılarak en uygun yöntemin dondurularak kurutucuda kurutma yöntemi olduğu belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında desteğini benden esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Osman Kadir TOPUZ’a, Tez değerlendirme jürisine, Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi öğretim üyelerine, Doç. Dr. Yaşar ÖZVAROL’a, Su Ürünleri Yüksek Mühendisi Adem KAYA’ya, ayrıca en büyük destekçilerimden sevgili eşim Öğretmen Şükran AKTAR ve oğlum Kutay AKTAR’a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	3
2.1. <i>Aristaeomorpha foliacea</i> (Kırmızı Karides)	3
2.2. Astaksantin	5
2.2.1. Astaksantin'in etki mekanizması	8
2.2.2. Astaksantin'in kullanım alanları	9
2.2.3. Astaksantin'in insan sağlığı üzerine etkileri	9
2.2.4. Astaksantin'in ekonomik değeri	10
2.3. Kurutma	11
2.3.1. Geleneksel fırında kurutma yöntemi	15
2.3.2. Akışkan yataklı kurutucuda kurutma	16
2.3.3. Dondurarak kurutucuda kurutma	18
2.4. Ekstraksiyon Teknolojisi ve Astaksantin'in Ekstraksiyonu	20
2.4.1. Ultrasonik destekli çözgen ekstraksiyonu	21
3. MATERYAL VE METOT	25
3.1. Materyal	25
3.2. Metot	25

3.2.1. Geleneksel laboratuvar tipi fırında kurutma	25
3.2.2. Akışkan yataklı kurutucu yardımı ile kurutma	26
3.2.3. Dondurarak kurutma	27
3.2.4. Ekstraksiyon	28
3.3. Analizler	32
3.3.1. Karides artık miktarı analizi	32
3.3.2. Yağ asitleri kompozisyonu	32
3.3.3. Antioksidan aktivite analizi	33
3.3.4. Astaksantin analizi	34
3.3.5 Renk ölçümü	34
3.3.6. İstatiksel analizler	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	36
4.1. Karides (<i>Aristaeomorpha foliacea</i>) İşleme Artık Miktarı	36
4.2. Karides (<i>Aristaeomorpha foliacea</i>) Artıklarının Yağ Asitleri Kompozisyonu	36
4.3. Karides (<i>Aristaeomorpha foliacea</i>) İşleme Artıklarının Astaksantin İçerikleri, Antioksidan Aktiviteleri ve Renk Değerleri	38
5. SONUÇLAR.....	42
6. KAYNAKLAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “*Karides İşleme Artıklarından Astaksantin Ekstraksiyonu Farklı Kurutma Yöntemlerinin Astaksantin Verim ve Kalitesine Etkilerinin Araştırılması*” adlı bu çalışmanın, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

15/05/2019

Cavit AKTAR



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: yüzde
cm	: santimetre
mg/g	: miligram/gram
kq	: etkisizleştirme yeteneği oran sabiti
mg	: miligram
\$/kg	: dolar/kilogram
kHz	: kilohertz
f	: frekans
g/ml	: gram/mililitre
aw	: su aktivitesi değeri
dk	: dakika
mm	: milimetre
KAM	: karides artık miktarı
DHA	: dokosahekzaenoik asit
EPA	: eikosapentaenoik asit
ml	: mililitre
µm	: mikrometre
rpm	: dakikadaki devir sayısı (Revolutions per Minute)
TEAC	: trolox eşdeğeri antioksidan kapasite
ppm	: mg/L
ABTS	: 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)
°C	: santigrat derece
µM	: mikromolar

μm : mikrometre
nm : nanometre
L : parlaklık
a : kırmızı-yeşil
b : sarı-mavi

Kısaltmalar

UAE	Ultrasonik Destekli Ekstraksiyon (Ultrasonic Assisted Extraction)
SAS	İstatiksel Analiz Sistemi (Statistical Analysis System)
GC	Gaz Kromatografisi (Gas Chromatography)
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. <i>Aristaeomorpha foliacea</i>	3
Şekil 2.2. 2000-2017 Yılları arasında Türkiye kıyılarında avlanan toplam karides miktarları..	4
Şekil 2.3. Astaksantin kimyasal yapısı	6
Şekil 2.4. 3S, 3S yapısında astaksantin için <i>Haemotococcus pluvialis</i> molekülünden enine hücre zarı kesiti	7
Şekil 2.5. Akışkan yataklı kurutucu sistemi.....	16
Şekil 2.6. Sıcak hava ile kurutma ve dondurarak kurutucuda kurutma arasındaki farklar	18
Şekil 2.7. n-Hekzan kimyasal, fiziksel ve akut özellikleri.....	24
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan karides işleme artıkları.....	25
Şekil 3.2. Karides işleme artıklarının etüvde kurutulması	26
Şekil 3.3. Karides işleme artıklarının akışkan yataklı kurutucuda kurutulması	26
Şekil 3.4. Karides işleme artıklarının dondurarak kurutucuda kurutulması	27
Şekil 3.5. a) Kurutulmuş karides; b) Öğütme; c) Eleme (Standardizasyon); d) Homojenizasyon	28
Şekil 3.6. Farklı kurutma yöntemleriyle elde edilmiş son ürünlerin homojenizasyonu	29
Şekil 3.7.a) Ekstraksiyon öncesi çözgen+karides işleme artığı karışımı; b) Ultrasonik destekli ekstraksiyon.....	29
Şekil 3.8. a) Kaba filtre kağıdı ile filtrasyon; b) Ekstraksiyon sonrası çözgen+astaksantin içerikli ekstrakt	30
Şekil 3.9 Astaksantin ekstraksiyon koşullarına ait iş akış şeması	31
Şekil 3.10. a) Ayırma hunisi ile süzme ; b) Faz ayrımının gerçekleşmesi	32
Şekil 3.11. a) Ekstraktların filtrasyonu (0.45 µm membran filtre); b) Viallerin oto örnekleyiciye yerleştirilmesi.....	34
Şekil 4.1. Geleneksel kurutma yöntemine göre HPLC kromatogramı.....	39
Şekil 4.2. Akışkan yataklı kurutma yöntemine göre HPLC kromatogramı.....	39

Şekil 4.3. Dondurarak kurutma yöntemine göre HPLC kromotogramı.....	40
--	----



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. <i>Aristaeomorpha foliacea</i> karidesinin işleme artık miktarı	36
Çizelge 4.2. Farklı kurutma yöntemlerine göre kurutulmuş karides (<i>Aristaeomorpha foliacea</i>) işleme artığının yağ asitleri değerleri.....	37
Çizelge 4.3. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş karides (<i>Aristaeomorpha foliacea</i>) işleme artıklarının astaksantin miktarları, antioksidan aktivite değerleri ve renk değerleri	40



1. GİRİŞ

Yeryüzünde yaşayan insan nüfusunun sürekli bir artış halinde olduğu ve buna bağlı olarak gıda ürünlerine olan talepte de sürekli olarak arttığı bilinmektedir. Bu yüzden mevcut doğal kaynaklardan azami faydanın elde edilmeye çalışılması büyük önem arz etmektedir (Arıca 2017; Kaya 2009).

Doğada bulunan kaynakları bir çok yönden sömürmeyi öğrenen insanoğlu denizlerin servet ve potansiyelini tanımasıyla deniz ürünlerini de besin kaynağı olarak kullanmıştır. Günümüzde de insanlar tarafından tercih edilen gıdalar arasında ilk sırayı su ürünleri almaktadır. Yapısında bulundurduğu çoklu doymamış yağ asitleri, esansiyel amino asitler, vitaminler, karatenoitler ve diğer mineral maddeler sağlıklı ve dengeli beslenmede su ürünlerini değerli kılmaktadır (Hunter ve Roberts, 2000; Uauy ve Valenzuela, 2000).

Gıda endüstrisinde önemli bir yere sahip su ürünleri arasında farklı türdeki balıkların yanısıra karidesler, ıstakozlar, kerevitler, yengeçler gibi kabuklular da yer almaktadır. Kabuklu su ürünleri lezzetlerinin yanında amino asit, peptit, protein, kalsiyum ve vitamin gibi faydalı besin içerikleriyle insan beslenmesinde öneme haiz bir yer kaplayarak kayda değer bir ticari alan da oluşturmuşlardır (Heu, Kim ve Shahidi, 2003).

Kabuklu su ürünlerinden olan karidesin avcılığı dünyada ekvator dan kutuplara kadar geniş bir alanda yapılmakta ve elde edilen bu karideslerin büyük çoğunluğu bütün halde önemli bir kısmı ise işlenmiş olarak tüketilmektedir. Karides tedariğinde avcılık önemli bir yer tutmakla birlikte son dönemlerde karides etine olan talep artışına paralel olarak karides yetiştiriciliğinde de önemli kazanımlar elde edilmiştir. Karides yetiştiriciliği başta Çin olmak üzere Tayland, Endonezya, Hindistan, Vietnam, Brezilya, Ekvador ve Bangladeş gibi ülkelerde yapılmaktadır (Anonymous 1).

Ülkemizde karides avcılığı ve özellikle Kırmızı karides (*Aristomorpha foliacea*) avcılığı ise Akdeniz kıyıları boyunca, Ege ve Marmara Denizlerinde yapılmaktadır. (Koukouras vd. 1992; Kocatas vd. 2001).

Avcılık yoluyla veya üretim yoluyla temin edilen karidesler işleme tesislerinde baş alma ve kabuk çıkarma işlemine tabi tutulmaktadır. Bu işlemler sonucu bütün karidesten arta kalan miktarı bütün karidesin yaklaşık % 40-56'sı civarında olduğu bildirilmiştir (Meyers 1986). Besinsel içeriğinin zengin olmasından dolayı kolayca bozulabilen işleme artıkları uygun koşullarda değerlendirilmedikleri takdirde önemli boyutta çevre kirliliğine neden olabilecektir. Bu artıkların bertaraf edilmeye çalışılması da fazladan bir işletme maliyetine sebep olmaktadır. Karides işleme tesislerinde işlenen karideslerden arta kalan maddeler bioaktif maddeler bakımından zengin olmasından dolayı önemli potansiyel içermektedir (Biswas ve Gargi 2013; Francisco vd.2015).

Karides artıklarının değerlendirilerek ekonomiye kazandırılması amacıyla bir çok çalışma yapılmıştır. Bazı araştırmacılar karides işleme artıklarında bulunan amino asitler, peptidler ve protein gibi değerli besin maddelerinin geri kazanımı sağlayarak gıdalarda katkı maddesi olarak kullanım olanaklarını araştırmıştır (Shahidi vd. 1995;

Ferrer ve ark. 1996; Synowiecki ve Al-Khateeb 2000; Ruttanapornvareesakul ve ark. 2005).

Bazı araştırmacılar ise karides artıklarında bulunan biyoaktif maddeleri geri kazanarak renklendirici ve kitosan üretiminde kullanım olanaklarını araştırmışlardır (Chen ve Meyers 1982; Coward-Kelly vd. 2006).

Karides artıklarında bulunan proteinlerden hidrolizat üretimi ile ilgili literatürde önemli çalışmalar yapılmıştır (Ferrer ve diğ. 1996; Synowiecki ve Al-Khateeb 2000).

Karideslerin yanı sıra diğer su ürünleri çoklu doymamış yağ asitleri, proteinler, peptitler, polisakkaritler, polifenoller, saponinler, steroller, astaksantin gibi pek çok biyoaktif maddenin zengin kaynağıdır (Plaza, Cifuentes, & Ibáñez, 2008).

Balık ve kabuklu deniz ürünlerinin artıklarından elde edilen protein hidrolizatının antioksidan aktivite gösterdiği farklı araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir (Shahidi ve Amarowicz 1996; Amarowicz ve Shahidi 1997; Mendis vd. 2005).

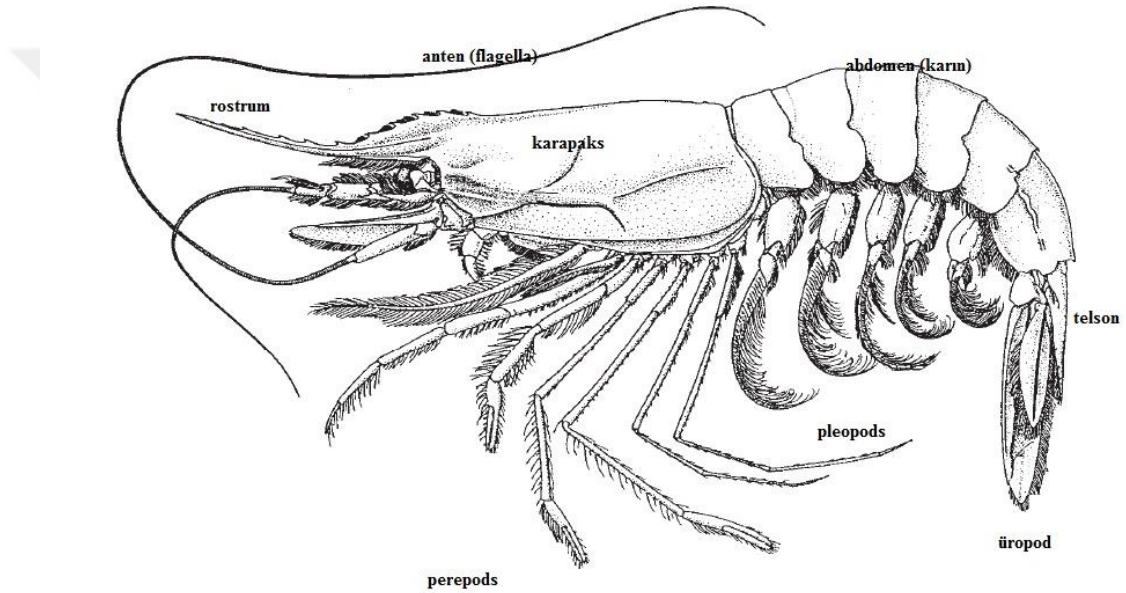
Karides, yengeç, kerevit gibi kabukluların işleme artıklarından astaksantin pigmenti eldesine yönelik literatürde bazı çalışmalarda yapılmakla birlikte bu çalışmalar genel olarak sadece astaksantin elde edilmesine yönelik çalışmalardır (Yeşilayer vd. 2008; Atar ve Alçiçek 2009).

Bu tez çalışmasında karides işleme artıklarından astaksantin ekstraksiyonunda önemli parametreler olan ekstraksiyon sıcaklığı, ekstraksiyon süresi ve karides artığı/çözgen oranı gibi parametreler sabit tutularak geleneksel kurutma (I), akışkan yataklı kurutucuda kurutma (II) ve dondurarak kurutucuda kurutma (III) gibi farklı kurutma yöntemlerinin astaksantin verim ve kalitesine etkileri araştırılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. *Aristaeomorpha foliacea* (Kırmızı Dev Karides)

Şube	: Arthropoda
Sınıf	: Crustacea
Altsınıf	: Malacostraca
Takım	: Decapoda
Alttakım	: Natantia
Bölüm	: Penaeidea
Familya	: Aristaeidae
Tür	: <i>Aristaeomorpha foliacea</i> (Risso 1827) şeklindedir.



Şekil 2.1. *Aristaeomorpha foliacea* (Fischer vd. 1987)

Dev kırmızı karides (*Aristaeomorpha foliacea*, Risso 1827); mavi-kırmızı karides (*Aristeus antennatus*, Risso 1816) ve kızıl karides (*Plesiopenaeus edwardsianus*, Holthuis 1987) gibi diğer önemli türleri de içeren Aristeidae ailesine ait bir türdür. İlk olarak on dokuzuncu yüzyılın başlarında Ligurian Denizi'nde (İtalya) Risso (1827) tarafından tarif edilmiştir (Şekil 2.1).

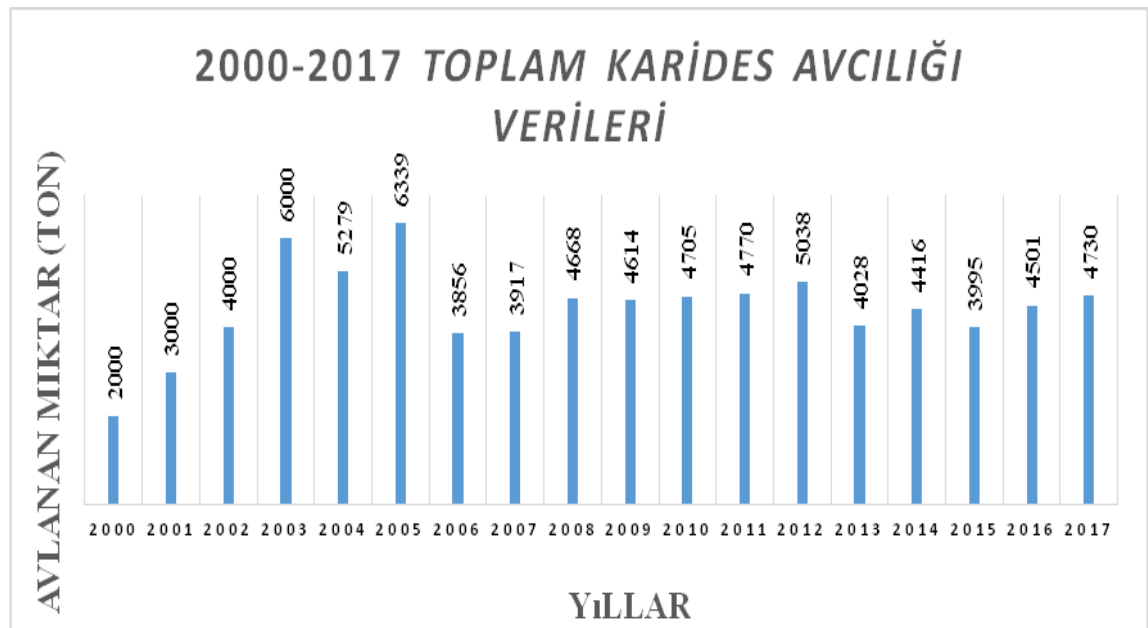
Dev kırmızı karidesin (*Aristaeomorpha foliacea*) yaşam alanı Akdeniz, Atlantik Okyanusu'nun orta kesimleri, Güney Afrika kıyıları, Pasifik Okyanusu'nun batı kesimleri ve Hint Okyanusu'nun kıtasal yamaçları boyunca 150 metreden 1850 metreye varan çamurlu dipleri kapsamakta ve bu türe ait bireyler 300-800 metre derinliklerde en yüksek yoğunluğa ulaşmaktadır (Grey vd. 1983; Holthuis 1987; Dietrich 1987; Pérez Farfante 1988; Bianchini ve Ragonese 1994).

Ülkemiz Ege denizi (Orta Akdeniz) yapılan derin su karides avcılığında hedef türlerin *Aristeus antennatus* ve *Aristeomorpha foliacea* olduğu ve yine Akdenizde 400 metre derinlikten daha derin sularda yapılan trol çekimlerinde kırmızı karidesin en sık karşılaşılan karides türü olduğu bildirilmektedir (Abello vd. 2002; D' Onghia vd. 2003; Deval vd. 2009). Dalyan (2010) tarafından yapılan araştırmaya göre *Aristeus antennatus* ve *Aristeomorpha foliacea* av miktarı yapılan toplam ticari karides avının % 13'ünü oluşturmaktadır.

Diğer karides türlerine göre daha büyük vücut yapısına sahip olmasından dolayı 'Dev kırmızı karides' olarak adlandırılan *Aristeomorpha foliacea*, dıştan koyu kırmızı bir renge sahip olup bu durum en önemli özelliği olarak belirtilmektedir (Bono vd. 2012).

Esnek ve hafif yapılı bir kabuk ile kaplı olan karidesin sert yapılı ve hareketli gözleri siyah rengiyle kırmızı vücut üzerinde belirgindir. Olgun dişilerinde, karnın sırt kısmı, olgun yumurtalıkların siyah renginden dolayı daha karanlıktır. Pleon (karın) bölgesi, üçüncü segmentten itibaren dorsal orta çizgi boyunca hafifçe aşağıya doğru sallanmakta olup, takip eden üç segmentte bu aşağı yönlü salınım belirginleşir ve keskin bir dik arka nokta ile biter (Bianchini, 1999).

Diğer önemli morfolojik özellikler uzun pereopodlar (yürüme ayakları) ve arkasından daha kısa olan pleopodlar (yüzme ayakları) gelmektedir. Uzun bir flagella' ya (anten) sahiptirler. Açık telikuma sahip kırmızı karideste beden büyüklüğü ve rostrum uzunluğu bakımından seksüel dimorfizm sözkonusu olup erkeklerde rostrum dişiler göre kısadır. Yetişkin dişiler yine erkek bireylere göre daha iridir. Karapaks kısmında iki ve rostrumunda ise 6 ile 12 arasında değişen dişe sahiptir (Fischer ve ark. 1987; Carpenter ve Niem 1998).



Şekil 2.2. 2000–2017 Yılları Arasında Türkiye Kıyılarında Avlanan Toplam Karides Miktarları (Ton) (Anonim 1)

Şekil 2.2’de de görülebileceği üzere ülkemiz sularından önemli miktarlarda karides avcılığı yapılmakta olup, bunların tür ayrımına dair bir istatistiğe rastlanmamaktadır (Anonim 1). Karides türleri ve diğer kabuklu deniz ürünlerinin işleme teknolojisinin gelişmesiyle beraber bu ürünlerin artıklarının da değerlendirilerek bir katma değer yaratılması önemli bir konu haline gelmiştir. Doğadaki en güçlü ve güvenli antioksidan olarak kabul edilmekte olan astaksantin bu işleme artıklarının geri dönüşümü sonucu elde edilmektedir.

2.2. Astaksantin

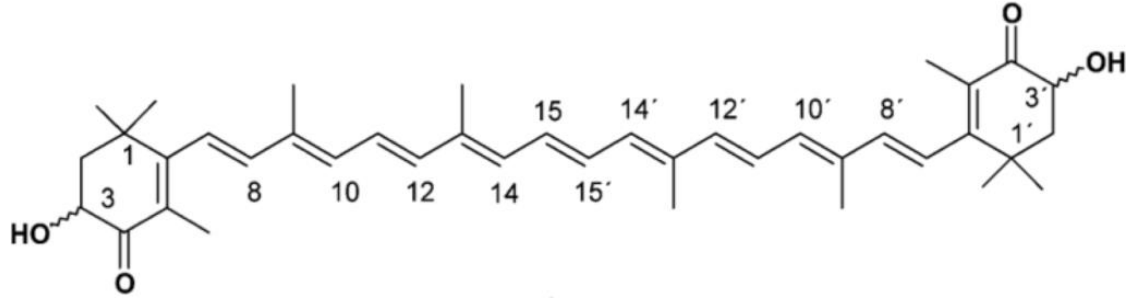
Karotenoitler, fotosentez yapan organizmaların hepsinde rastlanmakta (fitoplankton, alg ve bitkiler) olan ve meyve, bitki yaprakları, sucul canlılarda görülen sarı, turuncu, kırmızı renkli pigmentlerden oluşan içeriğinde azot bulunmayan bir gruptur. Yaklaşık 700’ün üzerinde pigmentten oluşan bir grup olan karotenoidlerin çoğu çift halkalı, 40 karbon atomu içeren doymamış hidrokarbonlardır. Karotenoidlerin oksijen içerenleri ksantofiller olarak adlandırılırken, tamamen karbon ve hidrojenle oluşanlar ise karotenler adlandırılır. Karotenoidler, çift bağ ihtiva ettikleri için havadaki oksijenle ve ultraviyole ışınlarla hızla oksitlenmektedirler. Astaksantin, zeastaksantin, violaksantin, β -karoten, lutein ve likopen karotenoitlerin başlıcalarıdır (Cohen 2000).

Astaksantin ilk kez 1938 yılında ıstakoz ekstresinden elde edilen ve önceleri “Haematochrom” olarak bilinen bu pigment, 1944 yılında Tisher tarafından yapılan çalışmada astaksantin olarak tescillenmiştir. 1954’te ise Goodwin ve Jamikorn diğer pigmentleri keşfetmişlerdir (Lorenz,1999). Yine aynı tarihlerde Droop *Haematococcus pluviialis*’ türündeki bir algden astaksantin oluşumunu etkileyen parametreleri incelemiştir. 1963’te Sestak ve Baslerova kağıt kromatografisi kullanarak karotenoid oluşumunu ve klorofil azalmasının astaksantin birikiminin işareti olduğunu bulmuştur. 1968 yılında Lang tarafından astaksantin proses analizi ilk kez ışık ve elektron mikroskopuyla yapılmış, 1984 yılında ise Santos ve Mesquita tarafından tekrar incelenmiştir (Anonymous 2).

Astaksantin Lorenz (1999) tarafından şu şekilde tanımlanmıştır.

Kimyasal Adı	: 3,3’-dihidroksi- β , β -karoten-4,4’-dione
Moleküler Formülü	: C ₄₀ H ₅₂ O ₄
Moleküler Ağırlığı	: 596.82
CAS Numarası	: 472-61-7
EINECS Numarası	: 207-451-4

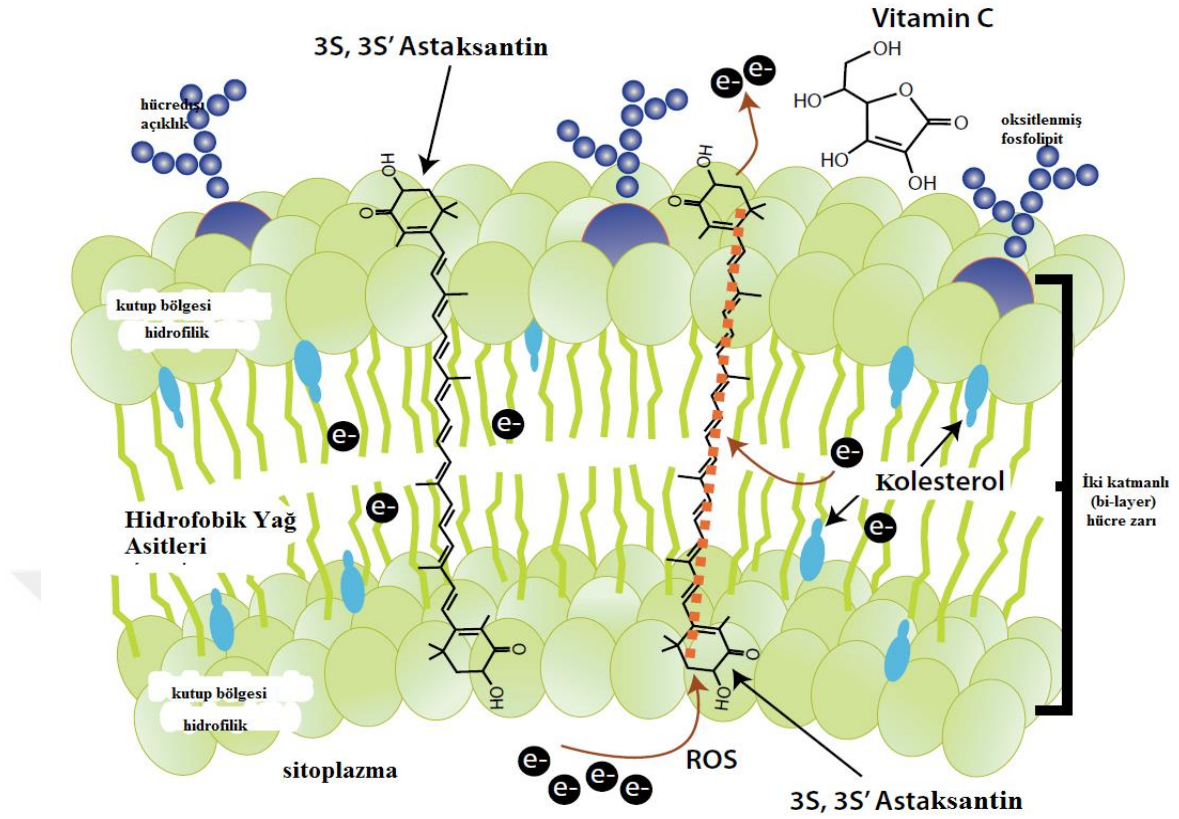
Kimyasal olarak β - karotene ve A vitaminine benzeyen astaksantin yapısı Şekil 2.3’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.3. Astaksantin kimyasal yapısı (Fassett ve Coombes 2011)

Astaksantin karotenoitlerin ksantofil alt sınıfına ait bir türüdür. Beta-karoten ve diğer alt grup karotenoitlerin moleküler yapısına benzer moleküler yapısı oksijen içermektedir. Astaksantin molekülü iki ucunda yeralan kutupsal bir yapı ve ortasında kutupsal olmayan bir bölge bulunan uzatılmış bir şekle sahiptir (Şekil 2.3). Kutupsal yapılar serbest radikalleri ve diğer okisdanları süpürme gücüne sahip iyonon (ionone) halkalarıdır (Fassett ve Coombes 2011; Bhosale vd. 2007).

Astaksantin (3,3'-dihidroksi-B, β -karoten-4, 4'-dion) benzoid halkasının 3 ve 3' bulunan iki asimetric C atomuna sahiptir. Hidroksil grubunun (-OH) bağlanma şekline göre R veya S konfigürasyonları oluşur. (3S, 3'S) en yaygın olmakla birlikte, (3R,3'R) ve (3R,3'S) toplamda üç esterleşmiş izomeri vardır. Şekil 2.4' te görüleceği üzere astaksantin molekülünün polar kutupları hücre zarının kutupsal sınırlarıyla çakışmakta, kutupsal olmayan orta kısmı ise hücre zarının kutupsal olmayan orta kısmına uymaktadır. Hücre zarının kutupsal bölgelerine uyum sağlayacak şekilde yerleşmiş olan astaksantin molekülü boyunca uzanan kesikli kırmızı çizgi muhtemelen hücre zarı dış kısmında bulunan vitamin C ve diğer antioksidanlara elektron iletimini sembolik olarak göstermektedir (Pashkow vd. 2008).



Şekil 2.4. 3S, 3S yapısında astaksantin için *Haemotococcus pluvialis* molekülünden enine hücre zarı kesiti

Astaksantin, karotenoitlerin biyoteknolojik önemi olan sekonder (keton) ailesinden olup özellikle deniz canlılarının (karides, yengeç, istakoz ve balık yumurtaları) kabuklarında doğal olarak bulunan kırmızı renkli bir pigmenttir. Hücre membran yapısının korunmasında etkili bir mekanizmaya sahip olduğu bildirilmektedir (Fabregas vd. 2001; Hata vd. 2001; Kobayashi vd. 1997a; 1997b).

Astaksantin antioksidan aktivitesi E vitamininden 550 kat, C vitamininden 6000 kat, Koenzim Q10'dan 800 kat, Karotenden 10 kat daha yüksektir (Shimidzu vd. 1996; Turujman vd. 1997; Hata vd. 2001; Hagen vd. 2001).

Astaksantin pigmenti insanoğlunun keşfettiği doğadaki en güçlü ve güvenli antioksidan olarak kabul edilmekte olup, diğer hayvanlar gibi metabolizmada sentezlenemediğinden diyet yoluyla alınması gerekmektedir. Kabuklu su canlıları, somon ve alabalık türleri ve flamingo gibi kuş türleri diyet yoluyla astaksantin birikimine örnek olarak verilebilir. Astaksantin, dünya üzerinde hayvanlar ve balıklar için gıda katkı maddesi olarak kullanılan, insanlar için de önemli bir gıda destekleyicisi olarak ticari öneme haiz bir karotenoittir (Bjerkeng vd. 2007; Tume vd. 2009; Wang vd. 2008; Stewart vd. 2008).

Denizel ortamda astaksantin, birincil üretim olarak mikroalgler ve fitoplankton tarafından besin zinciri içinde sentezlenir. Daha sonra bunlar zooplankton, böcekler

veya kabuklular tarafından tüketilir ve son olarak da bu canlılarla beslenen diğer canlılar tarafından vücutlarında biriktirilir (Kitahara 1984; Foss vd. 1987).

Astaksantin; mikroalg, maya-mantar (fungus) ve kabuklu yan ürünler gibi doğal kaynakların yanı sıra laboratuvar ortamında kimyasal olarak da sentezlenebilmektedir. Kimyasal olarak sentezlenen astaksantin yapısal izomerizm ve biyoaktivitede doğal formdan farklı olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Bakterilerle yapılan bir çalışmada astaksantin yalnız *Micrococcaceae* sp. ve *Mycobacteriaceae* sp. gibi bakteri türlerinde tespit edilebilmiştir (Denizci 1990).

Astaksantin mantarlar ve algler tarafından alışılmadık şartlarda stresli koşullar altında üretilip biriktirilmektedir. Parajo vd. (1998)'in yaptığı bir çalışmada kırmızı bir maya türü olan *Phaffia rhodozyma*'da astaksantin serbest formuna rastlanmıştır.

Johnson ve An (1991)'in çalışmalarında ise bir yeşil alg türü olan *Haematococcus pluvialis*'te astaksantin esterleşmiş formları tespit edilmiştir. Ayriyeten astaksantin en yüksek oranda *Haematococcus pluvialis*, *Haematococcus lacustris* ve bir maya türü olan *Xanthophyllomyces dendrorhous* tarafından üretildiği tespit edilmiştir (Zhang vd. 2009; Storebakken vd. 2004).

Haematococcus pluvialis'den astaksantin eldesi üzerine yapılan bir çalışmada vakum altında uygulanan kuru püskürtme ve dondurarak kurutma yöntemleri kullanılmış ve bunun sonucu olarak ta dondurarak kurutma yöntemiyle yapılan çalışmada diğerine nazaran % 41 daha yüksek verim elde edilmiştir (Ahmed vd. 2015).

2.2.1. Astaksantin etki mekanizması

Solunum ve farklı çeşitli mekanizmalar sonucu ortaya çıkan serbest radikallere karşı vücutta doğal bir savunma mekanizması vardır. Bu savunma mekanizmasını oluşturan bileşiklere “antioksidanlar” denir. Bu antioksidanların başında gelen astaksantin diğer karotenoidlerin etki mekanizmasında olduğu gibi tekli oksijenin uyarılmasıyla açığa çıkan enerjiyi absorbe ederek tekli oksijen ve serbest radikallerin elektron zengini polien zincirleri meydana getirerek uzaklaştırılmasını sağlar. Bu şekilde hücreleri ve dokuları oksidatif hasardan korumuş olur (Packer 1995; Ziegler 1991).

Ayrıca astaksantin keto-hidroksil gruplarını içerdiğinden bu özel moleküler yapısından dolayı hücre zarına çok iyi uyum sağlamakta ve hücrenin hem iç ve hem de dış membranında kalıcı olmakta, bu özelliği ile de sadece iç veya dış membranda lokalize olabilen beta-karotene ve vitamin C'ye göre hücreyi membran peroksidasyonundan daha iyi korumaktadır (Miki 1991; Ekpe vd. 2018).

Antioksidanlar başlıca dört yolla antioksidatif aktivite gösterdiği bildirilmektedir: süpürme etkisi (scavenging) (i): oksidanları daha zayıf yeni bir moleküle dönüştürerek etkisizleştirir; söndürme etkisi (quenching) (ii): oksidanlara bir hidrojen aktararak inaktive etmektedir; zincir reaksiyonlarını kırma etkisi (chain breaking) (iii): hemoglobin, serüloplazmin ve ağır mineraller oksidanları kendilerine bağlar ve inaktive eder; onarma etkisi (repair) (iv): oksidatif hasar görmüş biyomoleküllü onarılır (Miki 1991; Ekpe vd. 2018).

2.2.2. Astaksantin kullanım alanları

Astaksantin su ürünleri çiftliklerinde üretimi yapılan somon başta olmak üzere alabalık, çipura, karides, kerevit, mercan ve akvaryum balıklarının renklendirilmesinde kullanılmaktadır. Yine kümes hayvanları yetiştiriciliğinde yumurta sarılarının renklendirilmesinde kullanılan yemlere katılarak toplam maliyetin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Torrissen ve Christiansen 1995).

Tüketici eğitimi ve farkındalığının artmasıyla birlikte, sentetik olanların yerine doğal renklendirici kullanımına olan talep artmıştır. Astaksantin, evcil hayvan gıdalarına ek olarak da giderek daha popüler hale gelmektedir. Doğal astaksantin gıda sanayisinde renklendirici ve besin değeri artırıcı kullanılmaktadır. Kozmetik ve ilaç sanayilerinde de yüksek antioksidan aktivitesi nedeni ile oluşan biyo-yararlılığından dolayı uygulama alanı bulur (Lorenz ve Cysewski 2000; Fabregas 2001).

Astaksantin antioksidan özelliğinden kaynaklanan tedavi edici özelliği, yaşlanma etkilerini azaltan etkileri ve insanların doğal ürünlere olan ilgisinin artması nedeniyle insan diyet katkısı olarak kullanımı da yaygınlaşmaktadır (Kistler vd. 2002; Anderson 2001; Guerin vd. 2003).

2.2.3. Astaksantin insan sağlığı üzerine etkileri

Astaksantin yüksek aktivite sergileyen antioksidan özelliğinin insan sağlığı ve canlılar üzerine farklı olumlu etkiler yaratmaktadır. Astaksantin; lipidlerin ve dokuların ışığın, özellikle de UV ışığın etkilerine maruz kalması sonucu oluşabilecek tekli oksijen ve serbest radikallerin oluşumuna karşı koruyucu olarak görev yapar (Guerin vd. 2003).

Görme bozukluğunun önde gelen nedenlerinden yaşa bağlı maküler dejenerasyon ve yaşa bağlı kataraktların her ikisinin de nedeni olarak ışık kaynaklı oksidatif süreçler bulunmuş olup yüksek oranlı astaksantin diyeti ile her iki hastalık riskinin azaldığı tespit edilmiş ve varolan rahatsızlıklarda da iyileşme sağlanmıştır (Guerin vd. 2003; Papas 1998; O'Connor ve O'Brien 1998). Astaksantin antikanserojenik etkisi farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Fabregas 2000; Rao vd. 2013).

Alabalıklar ve siçanlar üzerinde yapılan çalışmalarda astaksantin güneş ışığı kaynaklı yanma, oksidasyon, iltihaplanma ve hatta deri kanserojenitesine karşı vitro, oral güneş koruyucu olarak hasar giderici veya tedavi edici olarak kullanılabileceğine dair bulgulara rastlanmıştır (Guerin vd. 2003; Fuchs 1998; Stahl vd. 2000; Meyers 1993; Torissen vd. 1989). Canlılar için zararlı olan ultraviyole ışınlarından deriyi koruyucu etkisi ile ilgili farklı çalışmalar bulunmaktadır (Hagen vd. 2001; O'Connor ve O'Brien 1998; Rao vd. 2013).

Astaksantin yapılan çalışmalarla astım eşlikli inflamasyon, egzersize bağlı kas hasarı, mide iltihaplanmaları vd. inflamasyonlarda hastalık belirtilerini azaltmada endike olduğu hem de önleyici etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Guerin vd. 2003; Aghdassi ve Allard 2000; Aw 1999; Greene 1995; Dekkers vd. 1996).

Astaksantin kanda bulunan LDL ve HDL kolesterol seviyelerini düzenleyerek kalp sağlığının korunmasında önemli bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Guerin vd. 2003; Frei 1995; Kritchevsky 1999; Miki vd. 1998; Murillo 1992).

Astaksantin mitokodriyal fonksiyonların korunmasına yardımcı olması ve hücrel membranların korunmasındaki üstün rolü ile yaşlanma ile mücadelede eşsiz bir antioksidan olduğu bildirilmektedir (Guerin vd. 2003; Gershon 1999; Goto 2001; Matsushita 2000; Allen 2000; Bertram 1999).

Yapılan çalışmalarda astaksantin antikanserojen etkisi hem hastalığı önleme-koruyucu hem de hastalığın gelişimini yavaşlatıcı-durdurucu olmak üzere tespit edilmiştir (Guerin vd. 2003; Gershon 1999; Goto 2001; Matsushita 2000; Kistler vd 2002).

Karaciğer yoğun katabolik ve anabolik olayların gerçekleştiği bir organdır. Bu fonksiyonlarını yerine getirirken serbest radikaller ve oksidatif yan ürünler meydana gelmektedir. Astaksantin karaciğer hücrelerini oksidatif hasara karşı koruyarak fonksiyonlarını yerine getirmede yardımcı olmakta ayrıca indüklediği metabolize edici enzimler ile detoks etkisi göstermekte olduğu bildirilmiştir (Guerin vd. 2003; Jewell vd. 1999; Gradelet vd. 1998).

Hayvanlarla *in vitro* ve *in vivo* şeklinde yapılan çeşitli denemelerde astaksantin kullanımının antikor üretimini zenginleştirdiği görülmüştür. Elde edilen diğer kanıtlar da astaksantin immün sistemi destekleyici etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Guerin vd. 2003; Jyonouchi vd. 1993,1994; Okai vd. 1996). Ayrıca insan kan hücreleri üzerine yapılan *in vitro* çalışmalarda astaksantin immüno-globulin üretimini artırarak immün sisteme faydasını göstermiştir (Jyonouchi vd. 1995).

Astaksantin Alzheimer ve Parkinson hastalıklarının oluşumunu önlemeye yardımcı olduğu ile ilgili çeşitli çalışmalara rastlanmaktadır (Grimmig vd. 2017, Anonymous 3). Gross ve Lockwood (2005), Chan vd. (2012) ve Dong vd. (2013) tarafından yapılan çalışmalarda astaksantin kullanımının şeker hastalığının oluşumunun önlenmesinde önemli etkileri olduğu bildirilmiştir.

2.2.4. Astaksantin ekonomik değeri

Astaksantin pazarı, genişleyen son kullanım uygulamaları, koruyucu sağlık ve fonksiyonel gıda konusunda artan farkındalık ve insan ve hayvan beslenmesinde doğal antioksidanlara olan talebin artması nedeniyle önem kazanmaktadır. Dünya genelinde nutrasötik ve kozmetik endüstrisindeki kilit oyuncular, insan sağlığına fayda sağlayan güçlü antioksidan aktivitesi nedeniyle astaksantin kullanmaktadırlar. Diyet takviyeleri segmentinin astaksantin en hızlı büyüyen uygulaması olduğu tahmin edilmektedir.

Büyüyen fonksiyonel gıda pazarı ile birlikte astaksantin kalp sağlığı, damar sağlığı ve nörolojik sağlık açısından sayısız yararları olduğu bildirilmiştir. 2017 yılında 553.6 milyon ABD Doları bir değere ulaşan küresel astaksantin pazarının % 8.02'lik bir artışla 2022 itibariyle 814.1 milyon ABD Doları'na yükseleceği öngörülmektedir (Anonymous 4).

Yapılan başka bir araştırmaya göre günümüzde astaksantin market satış fiyatı kilogramı 2500 ile 7200 dolar (\$/kg) arasında değişmektedir (Panis ve Carreon 2016; Anonymous 5).

Astaksantin, kimyasal sentezden veya mikroalg, maya ve kabuklu yan ürünler gibi doğal kaynaklardan ticari olarak temin edilebilmektedir (Higuera-Ciapara vd., 2006). Su ürünleri yetiştiricilik sektöründe ise pazarın % 95'lik kısmına kimyasal veya sentetik formdaki astaksantin, % 5'lik kısmına ise doğal kaynaklı astaksantin sahiptir (Delpech 2001). Su ürünleri yetiştiricilik sektöründe çok düşük seviyelerde kullanılan astaksantin son yıllarda doğal gıdalara ve katkı maddelerine olan ilginin artması ve yasal düzenlemelerle ileride artacağı düşünülmektedir.

Günümüzde doğal kaynaklardan astaksantin üretimi biyoteknolojideki en başarılı faaliyetlerden biri haline gelmiştir. İlk doğal kaynaklı astaksantin üretimi Hawai'de (ABD) bulunan Cyanotech ve Aquasearch firmaları tarafından başlatılmıştır. Her iki firma da astaksantin eldesi için astaksantin içeriği zengin bir yeşil alg türü olan *Haematococcus pluvialis*'i kullanmışlardır (Panis ve Carreon 2016; Olaizola vd. 2003).

Her ne kadar kimyasal sentez, büyük miktarlarda sabit bir astaksantin kaynağı sağlayabilse de, biyolojik fonksiyonları ve gıda güvenliği hakkında hala endişeler bulunmakta olduğu bildirilmiştir (Newsome, 1986).

Günümüzde astaksantine için gıda, yem, fonksiyonel gıda ve ilaç sanayisinde giderek artan bir talep vardır. Güncel duruma bakıldığında zaman astaksantin pazarında çeşitli markalar altında farklı ticari şekillere rastlanmakta ve bu ürünlerin bazılarının, diğer karotenoidler, multivitaminler, bitkisel özler ve omega-3 yağ asitleri ile yapıldığı görülmektedir (Ambati vd. 2014).

2.3. Kurutma

Dehidrasyon yani besin içeriğindeki suyun çeşitli yöntemlerle uzaklaştırılması uygulanmakta olan en eski gıda koruma yöntemidir. İnsanoğlu binlerce yıl güneş altında kurutarak muhafaza ettiği kurutulmuş et, balık, meyve ve sebzeleri yemiştir.

Günümüzde de kurutma gıda işlemede önemli aşamalardan birisidir. Kurutmada amaç frigorifik taşıma ve depolama gerektirmeden ürünün raf ömrünü uzatmaktır. Bu hedefe ulaşmak için de mevcut rutubeti veya su aktivitesini azaltmak gerekmektedir. Su aktivitesi değerinin 0.35 aw ve bu değer altına düşürülmeye çalışılmasının sebebi gıdada bozulmaya neden olabilecek patojenik mikroorganizmalar için uygun ortamın engellenmesi ve gıdaların içeriğinde varolan; 0.35 aw su aktivitesi değeri üzerinde aktif hale geçen enzimlerin aktivitesinin engellenmesidir. Eğer engel olunmazsa aktif hale geçen bu enzimler gıdada kalite kayıplarına sebep olmaktadır (Saldamlı 2007; Brennan ve Grandison 2012).

Bir gıdanın kurutulması esnasında; sıvıyı buharlaştırmak için gerekli olan ısı transferi ve buhar ve iç sıvı kütlelerinin transferi olmak üzere iki süreç söz konusudur. Her bir işlemin oranını belirleyen faktörler kurutma hızını da belirler. Ticari kurutma işleminin en temel amacı, işlem için gerekli ısıyı verimli bir şekilde sağlamaktır. Isı transferi; iletim, taşınım, ışıınım veya üçünün birleşimi şeklinde gerçekleşebilir.

Endüstriyel kurutucu tipleri, katıya olan ısı transferi yöntemlerine bağlı olarak değişir. Genelde ısı, önce katının dış yüzeyine sonra da katının içine doğru hareket eder. Bu durumun tersi yüksek frekanslı elektrik akımları aracılığı ile oluşur. Bu durumda iç bölgedeki sıcaklık dış yüzeyden daha yüksektir ve ısı akışı içeriden dışarıya doğru oluşur (Daghigh vd. 2010).

Kurutma ayrıca gıda ürününün ağırlığını da azaltmaktadır. Gıdada kurutmaya bağlı olarak meydana gelen büzülme ürünün hacmini azaltır. Ağırlık ve hacimsel olarak meydana gelen bu değişiklikler ambalaj, nakliye ve depolama maliyetlerinde önemli tasarruflara yol açabilir. Bununla birlikte kurutma kullanılan yöntemlere göre besin kalitesinde (vitamin ve aroma kayıpları) ve duyu özelliklerinde (renk, tat, koku vs.) kayıplar meydana gelebilmektedir (Brennan ve Grandison 2012).

Gıdaların kurutulmasında laboratuvar ortamı ile ticari işletmeler farklı ihtiyaçları göz önünde bulundurmaktadırlar. Bunların en başta geleni şüphesiz maliyet artışı olmaktadır. Gıdaların kurutulmasında gıdanın türü, hacmi, ticari değeri, zaman ve enerji maliyetleri gözönünde bulundurularak çeşitli kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Geçmişte güneşten yararlanılarak yapılan kurutma günümüzde teknolojinin imkanlarından da faydalanılarak farklı şekillere girmiştir. Bağımsız olarak bu kurutma yöntemlerinden her biri tek tek kullanılabildiği gibi farklı kurutma yöntemlerinin birarada kullanılabildiği durumlar da söz konusu olabilmektedir.

Gıda endüstrisinde farklı kurutma yöntemleri kullanılmaktadır bunlar;

Kızılötesi ışınlı kurutma: Isıl ısıtım, kızılötesi lambalar, gaz ısıtmalı akkor yansıtıcılar, buhar ısıtmalı kaynaklar ve genelde elektrikle ısıtılmış yüzeyler ile sağlanır. Kızılötesi, sadece bir malzemenin yüzeyi ve etrafında etkilidir, bu sebeple ince tabakaların kurutulması için uygundur (Cohen ve Yang 1995).

İletim ile kurutma: Kurutma silindirleri veya topları, düz yüzeyler, açık kazanlar ve daldırma ısıtıcılar direkt temaslı kurutmaya örnek olarak verilebilir. Isıtma yüzeyi, kurutulacak malzeme ile temas halinde olmalıdır. Bu sistemlerde nem miktarı aşırı ısınmayı önlemektedir. İletim ile kurutmada; yüksek kurutma hızı ve sabit bir ısı ve kütle transferi koşulları sağlanamaz, ağ boyunca zayıf bir nem profili oluşur, sistem istenildiği gibi kontrol edilemez, işletilmesi genelde pahalıdır, makina etrafında istenmeyen çalışma koşulları oluşur (Cohen ve Yang 1995).

Taşıyım ile kurutma: Neredeyse bütün kurutucularda bir miktar taşıyım ile kurutma olayı gerçekleşmektedir. Gerçek taşıyım kurutucular, dolaştırılan sıcak hava veya diğer gazları, temel ısı kaynağı olarak kullanırlar. Herbirinin kendine özgü artıları vardır (Cohen ve Yang 1995).

Döner kurutucular yardımı ile kurutma: Silindirik kısımlar, kurutulacak malzemeyi hava akımı içerisine fırlatarak kurutma yaparlar. Kurutmaya yapacak kısımlar doğrudan veya dolaylı olarak ısıtılır, hava akışı paralel veya ters akımlı olarak uygulanabilmektedir (Cohen ve Yang 1995).

Kabinli ve bölmeli kurutucular ile kurutma: Kabinli kurutucuların, ısıtılan tavanlı sistemlerden (bu sistemlerde sadece doğal taşıyım ve genelde zayıf ve düzensiz bir kurutma sağlanır), zorlanmış taşıyım ve özel olarak tasarlanmış bölmeli daha karmaşık

sistemlere kadar birçok modeli olmaktadır. Bu sistem hassas ve nemli malzemenin düşük sıcaklıklarda kurutulması için tasarlanmaktadır. Bu tip kurutucularda kurutma işlemi, kurutulacak malzemenin yüzey alanını arttırmak için tepsilere serilerek yapılmaktadır. Çeşitli çözücüler ile doymuş ürünlerin kurutulmasında, herhangi bir patlamaya neden olabilecek gaz oluşumunu engellemek için özel yapılar tasarlanmaktadır.

Tünel kurutucularda kurutma: Tünel kurutucular, sürekli veya yarı-sürekli çalışan yeniden tasarlanmış bölmeli kurutuculardır. Isıtılmış hava veya yanma gazları fanlar yardımıyla dolaştırılmaktadır. Malzeme, kurutucuda sürekli veya periyodik olarak tepsiler, arabalar veya bölmeler içerisinde hareket ettirilmektedir. Hava akışı paralel, çapraz veya merkez egzozuyla birlikte bu akışların birleşimi şeklinde hareket edebilmektedir. Hava tepsi yüzeyi boyunca, dikey olarak yatak boyunca veya herhangi bir doğrultuda akmaktadır. Kurutucudaki havanın tekrar ısıtılması veya dolaştırılması, hava egzoz edilmeden yüksek bir karışım kalitesine ulaşılmasını ve duyulur ısı kaybının azaltılmasını sağladığı bildirilmektedir.

Yüksek hızlı kurutucularda kurutma: Yüksek hızlı kurutucular, kağıt kurutmak için kullanılan silindirik kurutuculara benzer bir sistem olduğu bildirilmektedir. Silindirik kurutucularla birlikte kullanıldığı zaman, dokuma kalitesinde ve işlem kontrolünde bazı problemler gözlenebilmektedir. Kurutma hızında iç yayının kontrol edici etmen olmadığı ince zarımsı dokumalarda daha iyi sonuçlar vermekte olduğu bildirilmiştir.

Püskürtmeli kurutucularda kurutma: Sprey kurutucular, süttozu, kahve, sabun ve deterjan gibi maddelerin üretiminde kullanılmaktadır. Kurutulacak malzeme damlacık veya tanecik yapısı olarak homojen bir yapıda olduğundan kuruma süresi oldukça kısa olmaktadır.

Dondurarak kurutucuda kurutma: Dondurarak kurutucuda kurutma, eczacılık ürünleri, serumlar, bakteri ve virüs kültürleri, aşılar, meyve suları, kahve ve çay esansları, sebzeler, deniz ürünleri, etler ve süt gibi maddelerin kurutulmasında yaygın kullanılan bir yöntemdir. Kurutulacak malzeme önce düşük sıcaklıklara kadar dondurulur, sonra düşük sıcaklıklı bir yoğunlaştırıcı veya kimyasal kurutucuya bağlı yüksek vakum odasına yerleştirilir. Donmuş malzemeye ısı, kızılötesi ısıtım ile iletilir, uçucu madde gaz haline gelir, yoğunlaşır veya kimyasal kurutucu ile soğutulur. Birçok dondurucu kurutma işlemi, düşük basınçlar altında -40 ile -10 °C sıcaklık aralığında gerçekleşir. Bu işlem pahalı ve yavaş olmasına rağmen, ısıya duyarlı malzemelerin kurutulmasında oldukça yaygın kullanılmaktadır.

Akışkan yataklı kurutucuda kurutma: Akışkan yataklı sistemlerde katı parçacıklar hava hızıyla birlikte kurutulmaktadır.

Kızgın buhar ortamında kurutma: Kızgın buhar ortamında kurutma işleminde, katıların hava veya bir başka gaz ile kurutulması işlemi sırasında buharlaştırılan çözücü (su veya organik sıvı) yığın gaz akımına ulaşmak için durgun bir gaz filmine yayılmalıdır. Gaz filmi, kütle transferine karşı bir direnç gösterir ve kurutma miktarı, çözücü buharı yayılım oranına bağlı olarak değişir. Eğer gaz, çözücü buharı ile yer değiştirirse, buhar fazındaki kütle transferine olan direnç ihmal edilir ve kurutma oranı yalnızca ısı transfer oranına bağlı olarak alınır. Çözücü buharındaki kurutma oranı (kızgın buhar gibi), kurutucu akışkanın sıcaklık ve kütle akış oranından daha büyüktür. Bu yöntemin ısı

verimi oldukça yüksektir, çözücünün sisteme geri kazanılması mümkündür. Ayrıca aşırı kurutma gözlenmez ve havanın oluşturduğu oksitlenme ve diğer kimyasal reaksiyonlar gözlenmez. Kumaş kurutmada kızgın buhar kullanılırsa, reçine ve boya maddelerinin bir yerde birikmesi önlenir. Kızgın buharla kurutma, yüksek sıcaklıklar sebebiyle ısıya dayanıklı olmayan malzemelere uygulanmaz.

Alevli kurutucuda kurutma: Düzgün bir şekilde bölünmüş katı parçacıklar, sıcak gaz akımı içerisine yayılarak hızlı ve düzgün bir şekilde kurutulabilir. Ticari uygulamalarda; boya maddesi, sentetik reçine, yiyecek maddeleri, sulu bileşikler, alçıtaşı, kil ve tahta kurutulması gözlenmektedir.

Gıda işleme endüstrisinde farklı tip gıdalar için farklı kurutma sistemleri kullanılarak yapılan bir çok çalışma vardır. Sıvı gıdalara uygulanan yöntem püskürterek kurutmadır. Püskürterek kurutmada ilke, kurutulacak ürünün atomize edilmesiyle son derece geniş bir yüzey kazandırılması ve böylece sıcak hava içinde hızlı bir kuruma sağlanmasıdır. Damlacıklardan suyun buharlaşması o kadar hızlıdır ki, hem kuruyan ürünün sıcaklığı ıslak termometre derecesinin oldukça altında kalır, hem de kuruma çoğunlukla 1-20 saniye gibi kısa bir sürede gerçekleşir (Macrae vd. 1993).

Yine püskürtme yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışmada meyve suyu konsantrelerinde toplam fenoli madde içeriği ve antiosidan aktivitenin kurutma işleminden negatif yönde etkilenmediği tespit edilmiştir (Karaca vd. 2017).

Elma dilimlerinin kızılötesi ısıtım ile kurutulması ile ilgili yapılan bir çalışmada kızılötesi kurutma kinetiğinin ısı ısıtılmış yüzey ile ısı yayan yüzey arasındaki mesafeye ve hava hızına bağlı olduğu ifade edilmiştir (Nowak ve Lewicki 2004).

Radio Frekans (RF) ile mikrodalga ısıtma teknolojileri belirli frekanslardaki elektromanyetik dalgaların kullanıldığı ve ısıtımın gıdanın içerisinde oluşturularak gıda içerisinde bulunan suyun uzaklaştırılmasına dayalı bir kurutma yöntemidir. Mikrodalgada kullanılan frekanslar (2450 MHz ve/veya 900 MHz, ülkeye ve kullanım amacına göre) RF ısıtmada kullanılanlardan (13,56; 27,12 ve 40,68 MHz) daha yüksektir. Her iki teknoloji de gıdalarda kurutma ve pişirme amaçlı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Richardson 2001; McKenna vd. 2006).

Ohmik veya endüksiyonlu ısıtmaya dayalı kurutmada gıdanın alternatif elektrik akımına maruz bırakılması sonucu gıdanın içinde elektrik akımına karşı gösterilen direnç ile oluşan ısıya bağlı kurutmadır. (Sun, 2012). Japonya ve İngiltere'de meyve işleme tesislerinde, ABD'de ise sıvı yumurta üretiminde uygulama alanları mevcuttur. Ohmik ısıtmanın en bilinen avantajı, partikül içeren gıdalar dahil olmak üzere gıda maddelerini hızlı ve homojen şekilde ısıtması ve geleneksel yöntemlere göre gıdanın besin değerini ve rengini koruyabilmesidir (Sastry ve Barach, 2000; İcier vd. 2003).

Yürüyen bant sistemli kurutucular tünel ve tepsili kurutuculara kıyasla pahalı olmalarına karşın daha fazla miktarda ürünün sabit kalitede kurutulmasına imkan sağlamaktadır. Bu tip kurutucuların en büyük avantajı otomatik kontrolün kolay olmasından dolayı işçilik maliyetinin düşürülebilmesidir (Tang ve Yang 2004).

Kızgın buhar ile yapılan kurutma ve ön işleme tabii tutmanın aloe vera küplerinin tepsi kurutucudaki kuruma davranışları üzerindeki etkisi üzerine yapılan bir araştırmada kuruma süresinin kısaldığı tespit edilmiştir (Pisalkar vd. 2014).

Yüksek oranda nem ve sıvı besin maddelerini içeren karides işleme artıklarında bulunan suyun uzaklaştırılarak astaksantin elde edilecek karides artıklarının kurutulması ekstraksiyon verim ve kalitesini yakından etkilediğinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Tez çalışmasında karides artıklarının kurutulmasında ‘Geleneksel fırında kurutma yöntemi’ (i), ‘Akışkan yataklı kurutucuda kurutma yöntemi’ (ii) ve ‘Dondurarak kurutucuda kurutma yöntemi’ (iii) gibi farklı kurutma yöntemlerinin astaksantin verimine etkileri araştırılmıştır.

2.3.1. Geleneksel fırında kurutma yöntemi

Geleneksel kurutma işlemi fırın, etüv vb. kapalı kabine sahip ısıtıcılar içerisine, kurutulmak istenilen materyalin bir tepsi içerisinde, tele veya şişe dizilerek veya bir ızgara üstüne dizilerek yerleştirilip ortam sıcaklığının istenilen değerlere ayarlanarak zamana bağlı kurutulması işlemidir. Küçük bir yatırım ile elde edilebilecek pratik kurutma yöntemlerinden birisidir. Kurutma işlemi genellikle hava şartlarından bağımsızdır. Diğer kurutucularla kıyaslandığında verimlerinin az olması ve düşük kurutma sıcaklığının elde edilememesi nedeniyle istenilen ürün kalitesine ulaşılamaması ihtimali nedeniyle sürekli kullanım için uygun değildir (Çalışkan 2002).

Geleneksel kurutma işleminin, işlemin yüksek sıcaklıkta ve uzun sürede gerçekleşmesinden dolayı ürünün tat-aroma, renk ve besin içeriği gibi kalite özelliklerinde ciddi hasarlara neden olması ve kurutulan ürünün bulk yoğunluğunu ve rehidrasyon kapasitesini azaltması gibi bir takım dezavantajları bulunmaktadır (Lin vd. 1998; Konak vd. 2009).

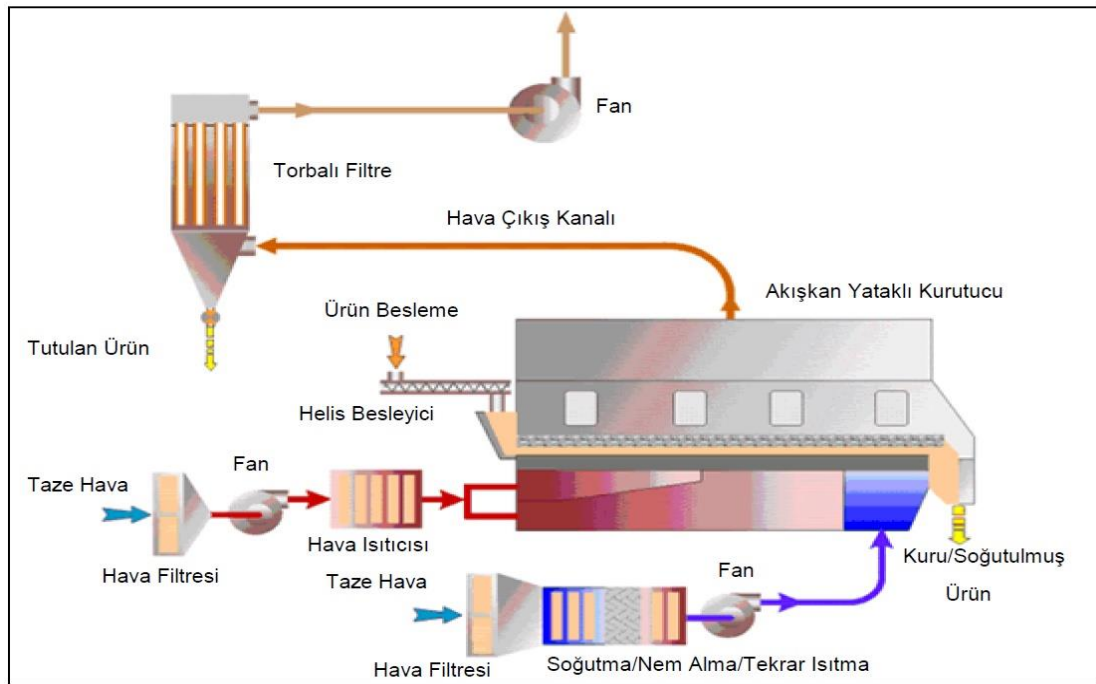
Diğer bir dezavantajı ise; yüksek sıcaklıkta ve uzun sürede gerçekleşen işlem sonucunda gıdalardan uçucu bileşiklerin buharlaşması ve su buharıyla birlikte oluşan bu kayıpların kurutulmuş ürünün karakteristik tat-aromasında önemli kayıplara neden olmasıdır. Doku sertleşmesi de hızlı kurutulma sonucu oluşan yaygın bir sorun olduğu bildirilmiştir (Yongsawatdigul ve Gunasekaran, 1996; Konak vd. 2009).

Geleneksel kurutmanın diğer bir dezavantajı; düşük enerji verimliliği ve kurutma süresinin azalan hız evresi boyunca uzun olmasıdır. Bu evrede gıda materyallerinin ısı iletkenliği düşük olduğu için kurutma sırasında gıdaların iç tabakalarına doğru ısı iletimi sınırlı kalmaktadır. Kurutma işleminde var olan problemlerin elimine edilmesi, önemli kalite kayıplarının önlenmesi, hızlı ve etkili ısı işlemlerin başarılı bir şekilde yapılması isteği geleneksel yöntemlere nazaran mikrodalga ile kurutma işlemine olan ilginin artmasına neden olmuştur. Kurutulma işlemi sonunda ürünün üzerine doğal koşullardaki serin hava verilerek, ürün depolanmadan önce soğutulur. Bu soğutma işleminin bir zaman süreci içerisinde yapılması gerekir. Aksi halde hızlı bir soğutma, özellikle taneli bitkilerde tane çatlamasına neden olabileceği bildirilmiştir (Ülger 1986).

2.3.2. Akışkan yataklı kurutucuda kurutma

Akışkan yataklı kurutucuda kurutma yöntemi istenilen sıcaklık derecelerinde kısa sürede kurutma işlemi sağlamasından dolayı çok çeşitli ürünlerin kurutulmasında sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Akışkan yataklı kurutucular kısa sürede, hızlı ve yüzeye temas etmeden kurutma yapmasının yanında termal ısının kurutulacak gıdaya homojen bir şekilde iletilmesi, laboratuvar gibi kısıtlı alanlarda kullanılabilmesi, hassas ürünlerin kurutulması sırasında ürün sıcaklığının hassas bir şekilde kontrol edilebilmesi ve gereksiz işleme aşamalarını eleme ederek kompleks bir sistem olması gibi avantajlara sahiptir. Akışkan yataklı kurutucuların geleneksel kurutuculara oranla yaklaşık 28 kat daha verimli ısı transferi sağladığı belirtilmiştir (Lipsanen, 2008).

Yatay ve düşey olmak üzere iki çeşidi bulunan akışkan yataklı kurutucular günümüzde yüksek kurutma oranı olmasının yanı sıra düşük maliyet ve kolay kontrol edilebilme özelliklerinden dolayı geleneksel kurutma yöntemlerine göre tercih sebebi olmuştur. Bir akışkan yataklı kurutma prosesi; ısıtılmış havanın ürünün yerleştirildiği tel hazne altından yerçekimi kuvvetini yenebilecek hızla basılarak katı taneciklerin havada askıda tutulup ürünün tüm yüzeyinin eşit hava akımına bırakılarak kurutma işleminin gerçekleştirilmesi prensibine dayanmaktadır. İstenilen nem oranına ulaşıldığında hava akımı kesilerek ürün kurutucudan dışarı alındığı bildirilmiştir (Parlak, 2014).



Şekil 2.5. Akışkan yataklı kurutucu sistemi

Şekil 2.5’de akışkan yataklı kurutucu sistemi akış şemasında ürün besleme noktasından konveyör hattına verilen kurutulacak ürün partikülleri arasından, ürüne etki eden sıcak hava yer çekimi kuvvetini yenecek kadar yüksek hızla zorlanarak, partikülleri havada askıda tutmaktadır. Ürün, kurutma işlemi süresince havada askıda

kalmakta ve aynı zamanda yatay olarak hareket etmektedir. Islak besleme yatağı yapılır. Kuru ürün ise alt kenardan alınır. Bir partikül için yatakta kalış süresi 30-120 saniyedir. (Sadece yüzeydeki sıvı buharlaştığında). Ürün içindeki suyun buharlaşması da söz konusu ise 15-30 dakika olabilmektedir. Ufak parçacıklar alttan gönderilen gazın çıkıştaki kuru termometre sıcaklığına kadar ısıtılır. Sıcaklığa duyarlı ürünler soğuk ortamda kurutulmalıdır. Eğer kuru üründe ufak parçacıklar varsa bu beslemeden yada kırılmalarından dolayı olabilir: önemli miktarda katı çıkış gazı ile taşınabilir. Bu yüzden siklonlar ve filtreler çıkan küçük parçacıkların geri kazanımı için gereklidir. Genel olarak, bu uygulama sonunda ürünün nem içeriği oldukça düzgün bir dağılım gösterir. Partikülleri havada askıda tutmayı sağlayan hava hızları, üründen ürüne özellikle de partikül büyüklüğüne ve yoğunluğuna bağlı olarak değişir. Genel olarak hava hızları 0,05 m/s ile 0,75 m/s arasında değişmektedir. Kolayca akışkanlaştırılamayan ürünler için, normal tasarımı değişiklikler yapılır. Örneğin, vibratörlü taşıyıcı, havada partikül süspansiyonunun oluşmasına ve hatta daha düşük hava hızlarının kullanımına olanak sağlar. Fıskırtmalı (emzikli) akışkan yataklı kurutucu normal, orijinal tasarımın değişik bir şeklidir. Ürün partikülleri, kurutucu bölmeye dikey bir hava jeti yardımıyla süspansiyon haline getirilir. Hava jetinin ortasındaki partiküller gerekli kurumanın sağlanabilmesi için süspansiyonda tutulur. Temas süresi oldukça kısa olduğundan bu yaklaşım, diğer akışkan yatak tasarımları kadar etkin değildir. (1) Akışkan yatak kurutucular granül ve kristal maddeler (partikül büyüklüğü 1-2 mm) için uygundur. Sürekli yada kesikli işlem gerçekleştirilebilir. Hızlı ve üniform ısı transferi, kısa kurutma süresi, kurutma kontrolü, taban alanı küçüklüğü açısından avantajlıdır. Güç gereksinimi diğer kurutuculara göre azdır. Hazne içine koyulacak ürün miktarı da önemli olup aşırı yükleme hava akımının katı tanecikler arasından geçmesini engelleyerek kurutmada istenilen verimin alınmasını engelleyecektir. Ayrıca ısıtılmış havanın giriş hızı iyi ayarlanmaz ise sabit ve eşit bir kuruma elde edilemeyecektir (Deniz 2010).

Düşük hava hızlarında gıdanın yüzeyinden uçurulan nem, uygulanan kurutma havasının kısa zamanda doymuş hale gelmesine sebep olur. Hava hızı düşük olduğundan doymuş hava ve doymuş olmayan havanın yer değiştirmesi de zaman alacağından gıdanın kurutulması uzun sürede gerçekleşir. Fakat yüksek hızlı kurutma havası uygulanarak doymuş hava ile doymuş olmayan havanın yer değiştirmesi daha hızlı olacağından kurutma işlemi daha hızlı gerçekleşecek olduğu bildirilmiştir (Dadalı 2007).

Akışkan yataklı kurutucu ile büyük sıcaklık farklarının yaratabileceği sakıncalar olmaksızın malzemelerin kurutulması mümkündür. Otomatik yükleme ve boşaltmanın mümkün olduğu bu sistemin en önemli avantajı kurutma işleminin kısa sürede tamamlanması olduğu bildirilmiştir (Bayhan 2011).

Syahrul vd. (2003) tarafından yapılan araştırmada nemli parçacıkların akışkan yataklı kurutucu ile kurutulmasında ısı ve nem transferini incelemek için mısır ve buğday kullanılmış, mısır için sıcaklıkta yapılacak bir artışın verimlilikte artış meydana getirmediğini fakat buğdayda ise giriş sıcaklığının artırılmasının verimde bir artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan bir diğer çalışmada dört farklı kurutma sıcaklığında (40, 50, 60 ve 70 °C) ve % 15'lik bağıl nemde gerçekleştirilen yeşil zeytinlerin kurutulması sonucu maksimum ekserji verimi 70 °C'de elde edilmiştir (Çolak ve Hepbaslı 2007).

Erçetin ve Uralcan (2009) tarafından yapılan çalışmada, bulgurun üretim sürecinde, pişirildikten sonra yapılan kurutulmasında geleneksel yöntemler yerine akışkan yataklı kurutucuda gerçekleştirilmesi konu edilmiştir. Çalışma sonucu sabit ve akışkanlaşmış yatakta kurutma sırasında eşit kuruma süreleri elde edilmesine rağmen, sabit yatakta düzenli bir kuruma gözlemlenmediği tespit edilmiştir.

Soya tozlarının ultrafiltrasyon, sprey kurutma ve akışkan yataklı kurutma ile kurutulmalarının karşılaştırıldığı bir çalışmada akışkan yataklı kurutmanın, işleme ve ambalajlama için yüksek gözeneklilik ve en iyi mekanik direnci olan kurutmaya yol açtığı tespit edilmiştir (Jinapong vd. 2008).

2.3.3. Dondurarak kurutucuda kurutma

Dondurarak kurutma yöntemine liyofilizasyon da denmektedir. İlk olarak 1940'larda kuru plazma ile kan ürünlerinin büyük miktarda üretimi için geliştirilen bu yöntem daha sonra antibiyotik ve diğer biyolojik maddeler endüstriyel ölçekte dondurarak kurutma ile geliştirilmiştir. Sıcak hava ile kurutma ve dondurarak kurutma arasındaki farklar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Fellows 2000).

Sıcak Hava ile Kurutma	Dondurarak Kurutma
Sebze ve tane gibi kolay kuruyan ürünlerde başarılıdır.	Birçok üründe başarılı olarak uygulanabilmesine rağmen, diğer yöntemler ile kurutulamayan gıdalar ile uygulaması sınırlıdır.
Et ürünlerinde başarılı değildir.	Pişmiş ve ham etin kurutulmasında başarıyla kullanılabilir.
Sıcaklık 37° ile 93°C arasında değişebilir.	Sıcaklık donma noktasının altında olabilir.
Atmosferik basınçta gerçekleşir.	Basınç oldukça düşüktür (27-133 Pa)
Suyun gıda yüzeyinden evaporasyonu ile gerçekleşir.	Buzun süblimasyonu (katı fazdan direk buhar fazına geçiş) ile gerçekleşir.
Katı madde hareketinden kaynaklanan yüzey sertleşmesi gerçekleşebilir.	Katı madde hareketi minimum seviyededir.
Ürün üzerindeki stresten dolayı yapısal bozulmalar ve büzülme meydana gelir.	Büzülme ve yapısal değişimler minimum seviyededir.
Kurutulan ürünün rehidrasyonu minimum seviyededir.	Hızlı rehidrasyon meydana gelir.
Koku ve aroma çoğunlukla değişmektedir.	Koku ve aroma muhafaza edilebilmektedir.
Ürünün rengi genellikle kurutma sonunda daha esmerdir.	Ürün rengini muhafaza edebilmektedir.
Kurutma maliyeti düşüktür.	Kurutma maliyeti sıcak havaya göre genellikle 4 kata kadar daha fazladır.

Şekil 2.6. Sıcak hava ile kurutma ve dondurarak kurutucuda kurutma arasındaki farklar (Fellows 2000)

Dondurarak kurutma (liyofilizasyon) ısıl işleme hassas gıdaların biyolojik aktivitelerinin yanında besinsel ve duyuşal özelliklerini de en etkin şekilde koruyan kurutma işlemi olarak bilinmektedir. Dondurarak kurutma gıdaların başlangıç kalitesini en etkin şekilde muhafaza ederek ürünün kolayca taşınması ve depolanması gibi avantajlarının yanında raf ömrünü de uzatmaktadır. Ancak düşük kurutma oranı ve uzun çalışma süresinden dolayı yüksek enerji gerektirmesinden dolayı pahalı bir kurutma yöntemi olarak bilinmektedir. Dondurarak kurutma genellikle ısıl işleme hassas değerli gıdaların kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Lopez-quirola vd., 2012).

Dondurarak kurutma suyun üçlü noktasının altındaki sıcaklıklarda çalışılarak dondurulmuş malzemelerin süblimasyonu yoluyla dehidrasyona dayanmaktadır. Suyun üçlü noktası ise suyun üç halinin de aynı anda bir arada bulunduğu noktadır. Suyu belirli basınçta katı, sıvı ve buhar hallerinde bir arada tutmak mümkündür. Suyun 0.006 atm basınçta ve 0.01 °C sıcaklıkta üç halinin de bulunduğu nokta suyun üçlü noktasıdır (Preston-Thomas 1990).

Dondurarak kurutma genel olarak iki basamaktan oluşur. İlk olarak ürün dondurulur ve ardından indirgenmiş basınç altında direkt süblimasyon ile kurutulmakta olduğu bildirilmiştir (Mercado vd. 2001).

Dondurarak kurutma işleminin ilk aşamasında ürünün dondurulmasının amacı ürün içinde hareketli halde bulunan serbest suyun dondurulmasıdır. Dondurma aşaması ürünün yapısı, şekli, içinde bulunan buz kristallerinin dağılımı açısından önemli olduğundan son ürünün yapısını da etkilemektedir. Bu yüzden gıdalarda dondurma işlemi sırasında hücresel bazda meydana gelerek hücre yapısına dolayısıyla gıda dokusuna zarar verebilen küçük buz kristallerinin büyümesini (rekristalizasyon) önlemek için soğutma işleminin hızlı yapılmasına dikkat edilmelidir. Kristallerin büyüme hızı ortamın sıcaklık derecesi ile ortamdaki ısıya uzaklaştırılma hızına bağlıdır. Sıcaklık derecesi ne kadar ne kadar düşükse kristal büyüme hızı küçüktür. Ortam ne kadar hızlı soğutulursa kristal büyüme hızı o kadar yavaş olduğu bildirilmiştir (Acı ve Özcan 2008; Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Bir sonraki aşama, materyaldeki hücresel bazda yer alan suyu çıkarmaktır. Dondurulmuş bir gıdanın su buharı basıncı 4.58 Torr (610.5 Pa) altında tutulup üzerine ısı uygulandığında erime gerçekleşmeden süblimleşme gerçekleşir. Oluşan su buharının freeze dryer cihazında dondurulmuş gıdanın yerleştirildiği kabin içinde bulunan vakum pompası yardımı ile vakumlanarak sürekli olarak uzaklaştırılması dondurarak kurutmanın temelini oluşturduğu bildirilmiştir (Fellows 2009).

Dondurarak kurutma pahalı olmasına karşın kalite açısından ele alınacak olursa en iyi kurutma yöntemidir. Ürünün ilk görünüşünü, tadını, rengini, lezzetini, yapısını korumakta olan dondurarak kurutmanın pahalılığının ürün fiyatına göre izafi bir değer olduğu akıldan çıkarılmamalıdır. Bu yöntemde ürün ayrıca ilk şeklini ve boyutlarını koruduğu için rehidrasyon özellikleri iyi olduğu bildirilmiştir (George ve Datta 2002).

Dondurarak kurutulmuş gıdaların rehidrasyon oranı genellikle hava ile kurutulanlardan 4-6 kat daha yüksek olduğundan, hazır yemek ve çorba gibi dondurarak kurutulmuş ürünlerde mükemmel sonuç elde edildiği bildirilmiştir (Ratti, 2001).

Bununla birlikte kurutmada ana etmen olan buhar basıncının diğer metotlara göre daha düşük olmasından kurutma zamanı uzamakta bu da bu yöntemi daha maliyetli kılmaktadır. Ancak yüksek değere sahip ürünlerin kurutulmasında ekonomik bir yöntem olduğu öne sürülmektedir (George ve Datta 2002).

Laboratuvar kullanımlarında birçok avantaj sağlayan dondurarak kurutma büyük çaplı kurutmalarda yüksek maliyetler gerektirdiğinden tercih edilmemektedir (Mendes-Pinto vd. 2001). Dondurarak kurutmada soğutma için ve yüksek vakum gerekliliğinin getirdiği enerji maliyetleri yüksektir. Bu dondurularak kurutulmuş ve dondurulmuş gıdalar için yüksek üretim maliyetleriyle sonuçlanabileceği bildirilmiştir (Nijhuis 1998).

Üstün kalite için daha yüksek fiyatlar ödemekten çekinilmeyen değişik lezzet ve tekstürdeki ürünleri (kahve, mantar, bitki ve baharatlar, meyve suları, et, deniz ürünleri, sebzeler ve askeri rasyonlar veya keşif gezileri için tam öğünler, hassas aromalar), ilaç sanayi ürünlerini (ilaç,aşı) kurutmak için kullanılmaktadır. Dondurarak kurutma gıdaların raf ömrünü uzatmak için cazip bir yöntem olarak gösterilmektedir (Ma ve Arsem 1982).

Üç farklı çilek türü üzerinde mikrodalga kurutma ve dondurarak kurutmanın antioksidan aktivite, askorbik asit içeriği ve fenolik bileşenler üzerindeki etkileri bakımından yapılan bir araştırmada dondurarak kurutulmuş çileklerde herhangi bir azalma gözlemlenmezken mikrodalga kurutmada önemli miktarlarda azalmalar tespit edilmiştir (Böhm vd. 2006).

Yapılan farklı bir çalışmada sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma ve püskürtme ile kurutma gibi farklı yöntemlerle kurutulan kırmızı pancarın betalain ve mineral madde, amino asit v.b. gibi besinsel içeriklerini incelemişler farklı kurutma yöntemlerinin madde miktarı üzerinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir (Nemzer vd. 2011).

İki farklı kurutma yöntemi; dondurarak kurutma ve konveksiyon kurutma ile kurutulan karpuzların fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada dondurarak kurutulmuş örneklerin toplam karotenoid içerikleri konveksiyonel kurutulmuş örneklerin toplam karotenoid içeriklerine nispeten daha çok arttığı bulunmuştur. Yapılan duyuşal değerlendirmede dondurarak kurutulmuş ürünler en yüksek beğeniyi almışlardır (Akyıldız vd. 2017).

Heinzelman (2000) tarafından yapılan bir çalışmada sıcaklığa duyarlı gıda ürünlerinin (balık yağı, aroma maddeleri gibi) mikrokapsülasyonunda düşük sıcaklıkların kullanıldığı dondurarak kurutma yöntemi bir alternatif olabileceği tespit edilmiştir. (Heinzelmann v.d., 2000).

2.4. Ekstraksiyon Teknolojisi ve Astaksantin Ekstraksiyonu

Bir örneğin analizinde ilk olarak örnekleme onu takiben de örneği hazırlama, analiz ve elde edilen verilerin işlenmesi aşamaları gelir. Ekstraksiyon analizin temelini oluşturacak değerlikte bu aşamalardan bir tanesidir.

Örnek biyokütlesinde yeralan bir veya daha fazla bileşenin uygun bir çözücü yardımı ile izole edilmesi ya da saflaştırılması işlemi olan ekstraksiyon çoğu analitik

işlemlerin vazgeçilmez bir parçasıdır. F. Soxhlet tarafından 1879 yılında geliştirilen ve 1980'lerin ortalarına kadar popüler olarak kullanılmakta olan Soxhlet ekstraksiyonu hala laboratuvarların çoğunda kullanılmaktadır. Son yıllarda gelişmiş ekstraksiyon tekniklerine artan bir talep olmuştur. Bunun nedenleri olarak; i) Otomasyona uygun olması; ii) Zaman tasarrufu; iii) Çözgen tüketiminin azaltılması; iv) Laboratuvar kirliliğinin önlenmesi; v) Maliyetin azaltılması gösterilebilir (Eskilsson ve Björklund 2000).

Yeni teknolojilerin gelişimine paralel olarak, ekstraksiyon tekniklerinde yeni arayışların getirdiği yenilikler olmuştur. Bunlara örnek olarak mikrodalga-destekli ekstraksiyon, süperkritik sıvı ekstraksiyonu, basınçlı sıvı ekstraksiyonu (veya hızlandırılmış solvent ekstraksiyonu), sonikasyon-destekli sıvı ekstraksiyonu gibi yöntemleri verebiliriz. Bu teknikler arasındaki benzerlik, ekstraksiyon olayının hızını önemli ölçüde artıran, yüksek sıcaklık ve basınçta çalışma olasılığıdır (Büyüktuncel 2012).

Organik kimyada katı-sıvı, sıvı-sıvı ve asit bazlı ekstraksiyonları kullanılır. Katı-sıvı ekstraksiyonunda birden çok bileşeni olan bir katı hammadde çözgen yardımı ile ekstraksiyona tabi tutularak bileşenlerinden birinin veya bir kısmının saflaştırılması sağlanır. Burada dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır: Çözücü; i) çıkarılacak olan maddeyi kolayca çözebilmelidir; ii) ile çözünenin ekstraksiyonu için yeterli zaman sağlanmalıdır (i); ekstrakte edilecek madde ile reaksiyona girmemelidir (ii); suyla karışmamalı veya suyla karıştırılmamalıdır (iii); düşük bir kaynama noktasına sahip olmalıdır, böylece üründen kolayca ayrılabilir (iv) (Anonim 2). Ayrıca ekstraksiyon sıcaklığı da önemli bir faktör olup daha yüksek sıcaklıklar hızı artırırken besinsel kayıplara sebep olabilir. Çözgene maruz kalan materyalin yüzey alanı, çözgenin vizkozitesi de ekstraksiyonda etkili olan diğer faktörlerdir (Fellows 2009).

Karides işleme artıklarında bulunan protein, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), yağda çözünür vitaminler, kitin, ayrıca kalsiyum, fosfor gibi mineraller ve astaksantin gibi değerli besinsel maddelerin geri kazanımında fiziksel ve kimyasal pek çok ekstraksiyon yöntemi kullanılmaktadır. Astaksantin ekstraksiyonunda hangi yöntemin seçileceğine karar verirken yöntemin uygulama kolaylığı, hızlılığı, verimliliği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca yöntem elde edilecek astaksantine zarar vermemelidir. Bu çalışmada önemli ekstraksiyon yöntemlerinden birisi olan ultrases destekli ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır.

2.4.1. Ultrasonik destekli çözgen ekstraksiyonu

Tez çalışmasında, diğer ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla daha fazla avantaj sağladığı yapılan çalışmalarla desteklenen, ultrasonik destekli ekstraksiyon tekniği kullanılmıştır. Yapılan bir çalışmada ultrasonik destekli ekstraksiyon tekniğinin geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla yaklaşık 3 kat daha fazla yağ verimi sağladığı bildirilmiştir (Suganya ve Renganathan 2012).

Ultrasonik (ses dalgaları) destekli sıvı ekstraksiyonu yani ultrasonik ekstraksiyon yönteminde bir çözgenle muamele edilmiş örneğe 20 kHz üstündeki frekanslarla akustik titreşimler uygulanır. Bu titreşimlerin çözgen içerisinden geçerken meydana getirdiği kavitasyon (boşluk oluşumu) ortamda çok sayıda ufacık kabarcıklar

üretmek çözgen içerisinde bulunan örneğe ait katı materyalin mekanik olarak sarsılmasına neden olur (Capelo ve Mota 2005). Bu da partiküllerin kopmasını, ultrasonik ses dalgalarına maruz kalan hücrelerin bozunumunu ve bileşenlerinin salınmasını sağlamaktadır (Pico 2013).

Ultrasonik dalga uygulaması, düşük yoğunluklu yüksek frekanslı ($f > 100$ kHz) ve yüksek yoğunluklu düşük frekanslı ($20 \text{ kHz} \leq f \leq 100 \text{ kHz}$) olmak üzere iki farklı kategoride gıdalar üzerinde uygulanmaktadır. Düşük yoğunluklu ultrasonik dalga, ultrasonik dalganın yayıldığı materyalin fiziksel veya kimyasal özelliklerinde bir değişime neden olmazken yüksek yoğunluklu dalgaların uygulanması materyalde oluşan kavitasyon kabarcıklarının neden olduğu aşırı basınç ve sıcaklık değişimlerinden dolayı fiziksel, kimyasal değişimler oluşturduğu bildirilmiştir (Plaza vd. 2012).

Ekstraksiyon işlemi verimi ve elde edilen ekstraktların kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalarda ekstraksiyon sıcaklığı, ekstraksiyon süresi, çözgen tipi ve biyokütle: çözgen oranının etkin olduğu saptanmıştır. Bunun dışında ekstraksiyon verimini etkileyen diğer parametreler olarak uygulama zamanı, örneğe ait partikül boyutu, örnek miktarı ve kullanılan cihaz verilebilmektedir (Ma vd. 2008, Maran vd. 2017).

Isıya duyarlı bileşiklerin ekstraksiyonunda önemli bir faktörlerden biri olan sıcaklığın artırılması ekstraksiyon verimini de artırmaktadır. Fakat bu arada kirliliklerin çözünmesi de artabilir ve istenmeyen bileşenler de ayrışabilir (Dong vd. 2010). *Rhodobacter* sp. içeriğindeki karotenoidlerin eldesi ile ilgili yapılan bir çalışmada 10 °C ile 30 °C sıcaklıkları arasında ekstraksiyon veriminin arttığı, 30 °C ile 50 °C sıcaklıkları arasındaki sıcaklıklarda verimin azaldığı ve 50 °C ve üzerinde sıcaklıklarda da ekstraksiyon veriminin 10 °C'dekinin altında kaldığı saptanmıştır (Kaur vd. 2008).

Ultrasonik ekstraksiyonda önemli olan bir diğer faktör olan ekstraksiyon işlemine ait olması gereken süre 2 dakikadan 8 saate varan sürelerde olabilir. Kullanılan materyalin partikül büyüklüğü ve materyalin nem içeriği gibi faktörler sürenin uzunluğunu belirlemektedir. Genel olarak, ekstraksiyon süresi ekstraksiyon verimini etkileyebilir. Ekstraksiyonun ilk aşamalarında hücrelerin içinde ve dışında bulunan nesnel bileşenler için belirli bir denge noktasına kadar ekstraksiyon veriminde zamana karşı bir artış görülürken denge noktasına ulaşıldıktan sonra artışın olmadığı tespit edilmiştir (Dong vd. 2010; Suganya ve Renganathan 2012).

Ekstraksiyon prosedürlerinde en yaygın kullanılan çözücülerin bazıları heksan, eter, kloroform, asetonitril, benzen ve etanoldür ve yaygın olarak su ile farklı oranlarda kullanılmaktadır (Starmans ve Nijhuis 1996; Vatai ve diğerleri 2008; Plaza ve diğerleri 2010; Tokuoka; ve diğerleri 2010).

Çözgen miktarı bir katının ekstraksiyonunda önemli parametrelerden biridir. Çözgen miktarını arttırmak ekstraksiyon veriminde artışa neden olup çözünebilir tüm bileşenlerin çözeltiye geçmesini sağlamaktadır. Fakat ekstraksiyon sonucunda elde edilen çok seyreltik çözeltinin evaporasyonla konsantre edilmesi sırasında çok fazla enerji harcanması bir dezavantaj oluşturmaktadır. Bir dizi biyokütle: çözgen oranı (1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:30 g/mL), optimum bir değer elde etmek için kullanılır. Genel olarak, daha büyük miktarlarda kullanılan çözgen değerleri verimliliği pozitif olarak etkilese de ekonomik olmaması ve gereksiz yan ürünlerin oluşabilmesi ihtimalinin artması sebebiyle istenmez. Mikroalglerle yapılan bir çalışmada biyokütle: çözgen

oranının 1:10'a kadar etkisiz kaldığı 1:10'dan büyük oranlarda ise verimi azalttığı tespit edilmiştir (Wang vd. 2006).

Ekstraksiyonda ultrasonik yöntemin kullanımı birçok avantaja sahiptir. Ultrasonik dalgalar toksik olmaması sebebiyle güvenli ve çevre dostu kabul edilmektedir (i); ultrasonikasyon etkili bir mikrobiyal inaktivasyon aracı olarak kabul görmektedir (ii); işletme maliyetinin avantaj sağlaması nedeniyle tercih edilmektedir (iii), ultrasonikasyon, karmaşık ve farklı teknolojileri gerektirmez (iv); diğer geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine nazaran daha verimlidir (v); uygun kıvamlılık (viskozite, homojenizasyon) sağlarken lezzette minimum kayıba sebep olmaktadır (vi). Ultrasonik ekstraksiyon sağladığı birçok avantaj nedeni ile işleme, çıkarma, emülsifikasyon, koruma, homojenizasyon gibi gıda endüstrisi uygulamalarında büyük alanlar kazanmıştır (Vercet vd. 2002; Balachandran vd. 2006; Chouliara vd. 2010; Gallego-Juárez vd. 2010; Chemat vd. 2011; Kentish ve Ashokkumar 2011).

Karotenoitlerin eldesine yönelik ekstraksiyonlarda genellikle eter, izopropil alkol (Yao vd. 2012), etanol (Wang ve Wang 2012), kloroform, aseton ve metil alkol (Pragya vd. 2013) gibi farklı kimyasal özelliklere sahip organik çözümler kullanılmaktadır.

Metanol, su, tolüen, diklorometan, etil asetat ve asetonitril gibi birçok çözücü, gıda ve yem örneklerinin hazırlanması için ekstraksiyonda kullanılmıştır (Sun vd. 2012). Farklı çalışmalarda kullanılan farklı çözümler sedimanlar, toprak, bitkiler, polimerler, bakteriler, mantarlar, algler ve mikroalg gibi farklı malzemelerden belirli bileşiklerin elde edilmesinde kullanılmıştır (El-Hattab vd. 2007; Plaza vd. 2010).

En yaygın kullanılan çözümlerin bazıları hekzan, eter, kloroform, asetonitril, benzen ve etanoldur (Starmans ve Nijhuis 1996; Vatai vd. 2009; Plaza vd. 2010; Tokuoka vd. 2010).

Bu tez çalışmasında çözümler olarak hekzan kullanılmıştır.

Ham yağ üretiminde ve yağda çözünür ürünlerin eldesinde farklı organik çözümler kullanılmakla birlikte günümüzde Türkiye'de ve dünyada en yaygın kullanılan çözümler hekzandır. Hekzanın tek kusuru yanıcı olmasıdır (Bingöl 1978).

Dünyada hekzana alternatif bir çözümler henüz bulunamamıştır. Hekzanın bu kadar çok kullanılmasının nedeni; yağı kolayca çözmesi, kötü bir koku bırakmaması, yağ ile kimyasal reaksiyona girmemiş suda çözünmeyişi, fiyatı ucuz ve kolay olarak bulunabilir olmasıdır (Başoğlu 2002).

Hekzana ait bazı kimyasal, fiziksel ve akut özellikler şekil 2.7'de tablo halinde listelenmiştir.

İsim	n-Hekzan
Cas no	110-54-3
Moleküler formula	C ₆ H ₁₄
Moleküler kütle	86.18
Erime Noktası	-95.3 °C
Kaynama Noktası	68.7 °C
Yoğunluk	0.6548 g/mL
Viskozite	0.326 mPa·s
Memeliler için akut toksin	Düşük
Memeliler için kronik toksin	Şüpheli tekrarlanabilir toksisite, nörotoksisite, sadece çok yüksek dozlarda şüpheli kanserojen

Şekil 2.7 n-Hekzan kimyasal, fiziksel ve akut özellikleri

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Antalya Balık Halinden temin edilen kırmızı karides (*Aristaeomorpha foliacea*) yaprak buz ile kaplanarak soğuk zincir uygulanarak analizlerin yapılacağı Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Araştırma Laboratuvarına getirilmiştir.

Laboratuvar ortamında saf su ile temizlenen karideslere baş alma ve kabuk çıkarma işlemi uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan karideslere sülfitleme işlemi yapılmamıştır. Baş ve kabuklardan oluşan artık kısımlar tekrar saf su ile yıkanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan karides işleme artıkları

Baş alma ve kabuk çıkarma işlemi uygulanan karideslere ait işleme artıkları yıkamanın ardından süzgeç yardımı ile yıkama suyunun süzülmesi sağlanarak üç farklı kurutma yöntemine göre analiz gerçekleştirileceğinden 2'şer kg'lık 3 eşit parçaya ayrılarak -80 °C'deki derin dondurucuda dondurularak muhafaza edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Geleneksel laboratuvar tipi fırında kurutma

Üç eşit parçada -80 °C'de dondurularak muhafaza edilen karides işleme artıklarından bir parçası geleneksel fırında kurutma yöntemi için tel ızgaraların üzerine kurutma kağıdı konulup üzerine dağıtılmıştır (Şekil 3.2). Geleneksel laboratuvar tipi fırında karides işleme artıkları sıcaklık 60 ± 5 °C'ye ayarlanarak artıkların su aktivite değeri 0.35 aw oluncaya kadar kurutulmuştur.



Şekil 3.2. Karides işleme artıklarının etüvde kurutulması

3.2.2. Akışkan yataklı kurutucu yardımı ile kurutma

Üç eşit parçada -80 °C’de dondurulan karides işleme artıklarından ikinci parçası alınarak akışkan yataklı kurutucu yardımı ile kurutma için akışkan yataklı kurutucudaki kapalı alanına yerleştirilmiştir (Şekil 3.3). Karides işleme artıkları yerleştirilirken hava akımının katı tanecikler arasından geçmesini engelleyecek miktarda olmamasına dikkat edilmiştir. Akışkan yataklı kurutucuda karides işleme artıkları sıcaklık 60 ± 1 °C’ye ayarlanarak artıkların su aktivite değeri 0.35 aw oluncaya kadar kurutulmuştur.



Şekil 3.3. Karides işleme artıklarının akışkan yataklı kurutucuda kurutulması

3.2.3. Dondurarak kurutma

Üç eşit parçada $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de dondurulan karides işleme artıklarından üçüncü ve son kısmı 500 ml'lik balonlara aktararak dondurarak kurutucu (Telstar, Lyoquest -55, İspanya) yardımı ile su aktivitesi değeri a_w : 0.35'in altına ininceye kadar kurutulmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Karides işleme artıklarının dondurarak kurutucuda kurutulması

Üç farklı kurutma yöntemine göre kurutulan karides işleme artıkları, su aktivite değerleri su aktivitesi ölçüm cihazı (Aqualab 4) kullanılarak tespit edildikten sonra, laboratuvar tipi öğütücü (Bosch MKM 6000) yardımı ile öğütülmüştür. Öğütülmüş karides işleme artıkları delik çapı 2 mm olan elek yardımı ile standardize edildikten sonra tüm denemeler için homojenliği sağlamak üzere harmanlanmış ve ekstraksiyon işlemine kadar $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ derecede ultra derin dondurucu (Dairei Europe, ULTF -80) içerisinde muhafaza edilmiştir (Şekil 3.5).



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.5. a) Kurutulmuş karides; b) Öğütme; c) Eleme (Standardizasyon); d) Homojenizasyon

3.2.4. Ekstraksiyon

Üç farklı kurutma yöntemine göre kurutularak su aktivitesi değeri a_w : 0.35'in altına indirilen kırmızı karides işleme artıklarının üç farklı yöntemde elde edilmiş ekstraksiyona hazır son ürünleri arasında homojenizasyon sağlamak (aynı nem oranına getirmek için) için her bir kurutma yöntemine ait elde edilmiş ürünler ayrı bir tepsiye konularak geleneksel laboratuvar tipi fırında 22 °C'de yaklaşık bir saat bekletilmiştir (Şekil 3.6).

Farklı kurutma yöntemlerine göre elde edilmiş karides işleme artıklarından 500 ml'lik balonlar içerisine alınarak Topuz vd. (2015)'nin belirttiği yöntemin kısmen modifiye edilmesine dayanan ultrasonik ekstraksiyon yöntemi ile ekstraksiyona tabi tutulmuştur.



Şekil 3.6. Farklı kurutma yöntemlerine göre elde edilmiş son ürünlerin homojenizasyonu

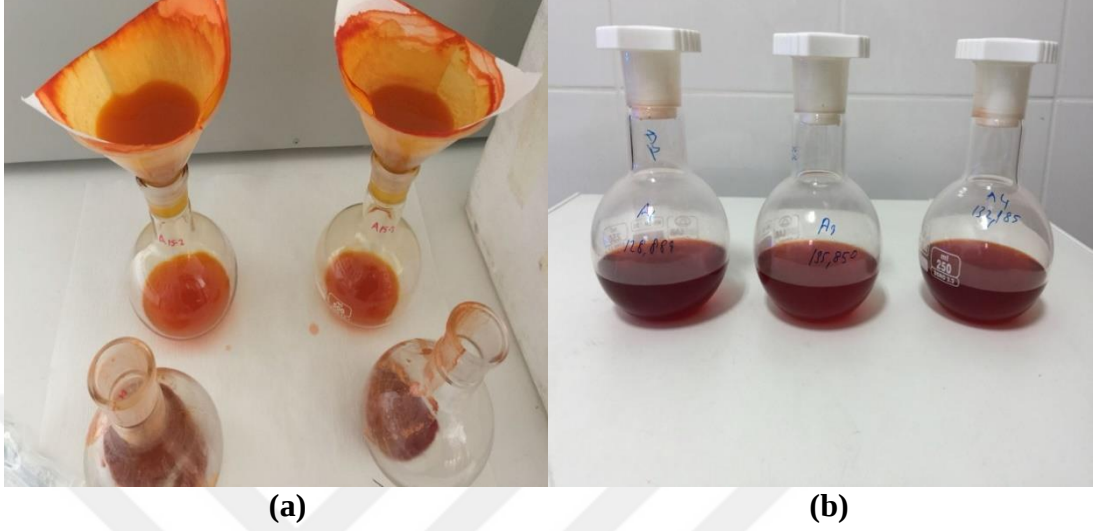
Farklı kurutma yöntemlerine göre elde edilmiş karides işleme artıklarından 500 ml'lik balonlar içerisine alınarak Topuz vd. (2015)'nın belirttiği yöntemin kısmen modifiye edilmesine dayanan ultrasonik ekstraksiyon yöntemi ile ekstraksiyona tabi tutulmuştur.

Ekstraksiyon için kurutulup öğütülmüş karides artıkları içerisinde hekzan bulunan beherlerde 1:20 (g/ml) oranında karıştırılıp sıcaklığı 50 °C'ye ayarlanmış ultrasonik banyo içerisinde 60 dakika bekletilmiştir (Şekil 3.7). Ekstraksiyonun tamamlanmasının ardından ekstraktlar filtre edilip fazla çözügen rötar evaporatör yardımı ile uçurularak saf astaksantin elde edilmiştir.



Şekil 3.7. a) Ekstraksiyon öncesi çözügen+karides işleme artığı karışımı; b) Ultrasonik destekli ekstraksiyon

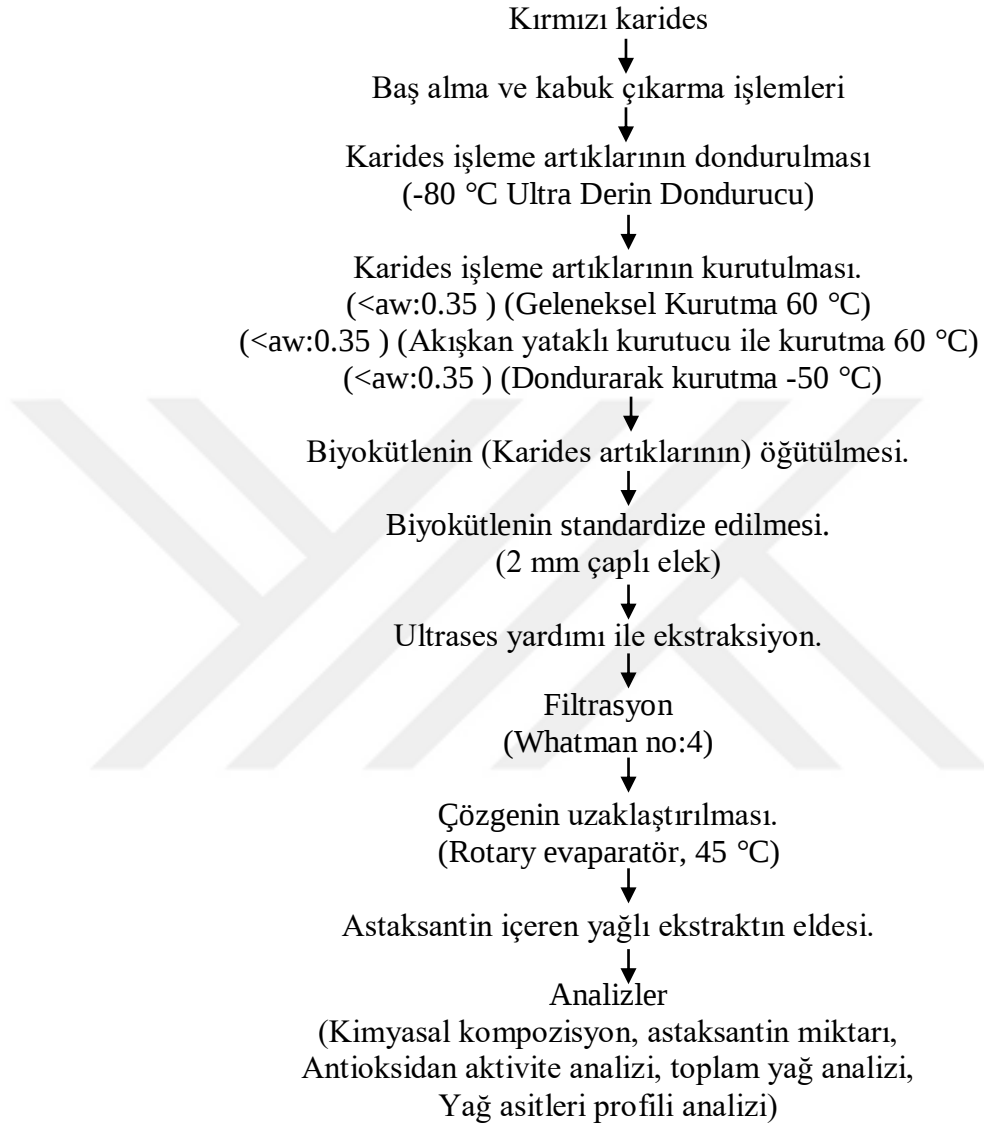
Ekstraksiyon sonrası elde edilen ekstrakt filtre kâğıdından geçirilerek hekzanda çözünmeyen partiküller süzülerek uzaklaştırılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. a) Kaba filtre kağıdı ile filtrasyon; b) Ekstraksiyon sonrası çözgen+astaksantin içerikli ekstrakt

Elde edilen ekstraktlardan hekzan çözgeni 45 °C'ye ayarlanmış rotary evaporatör yardımıyla uçurularak astaksantince zengin koyu kıvamlı ekstrak elde edilmiştir.

İki tekerrürlü olarak gerçekleştirilen çalışmaya ait iş akış diyagramı Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Astaksantin ekstraksiyon koşullarına ait iş akış şeması

3.3. Analizler

3.3.1. Karides artık miktarı analizi

Çalışma için temin edilen kırmızı karidesler baş alma ve kabuk çıkarma işlemine tabi tutularak elde edilen karides işleme artıklarının tartımları yapılarak elde edilen artık miktarı aşağıdaki formüle göre değerlendirilmiştir.

KAM : Karides artık miktarı (%)

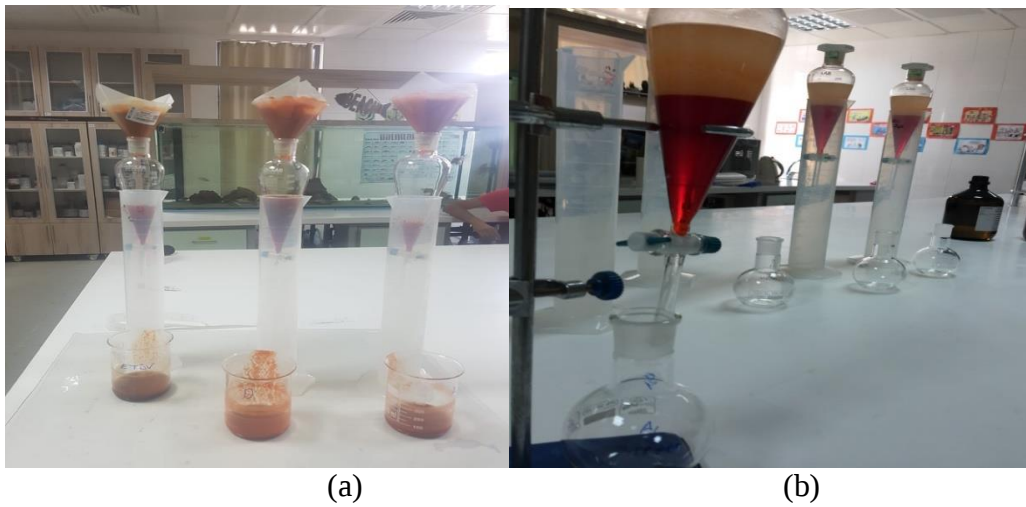
A : Elde edilen işleme artık miktarı

B : Toplam karides miktarı

$$KAM = \left(\frac{A}{B} \right) \times 100 \quad (3.1)$$

3.3.2. Yağ asitleri kompozisyonu

Farklı kurutma yöntemlerine göre kurutulmuş karides işleme artıklarından ekstrakte edilen toplam yağın miktarı Bligh ve Dyer (1959)'in belirttiği yönteme göre hesaplanmıştır. Her bir kurutma yöntemine göre elde edilmiş işleme artıklarından yaklaşık 40 g alınarak 600 ml cam beherlere konulmuştur. Ardından 100 ml metanol ve 50 ml kloroform eklenip ultratoraks (Ika T25 digital Ultra Turrax) yapıldıktan sonra bir kez daha 50 ml kloroform ve 50 ml saf su eklenerek parçalama işlemine devam edilmiştir. Filtre (Şekil 3.10.a) edilip faz ayırma müteakip yağlı içerik olan alt faz rotary evaporatör yardımı ile çözgenin uzaklaştırılması sağlanmıştır.



Şekil 3.10. a) Ayırma hunisi ile süzme; b) Faz ayırmanın gerçekleşmesi

Bligh ve Dyer (1959)'in yöntemine göre farklı kurutma yöntemine göre elde edilen kırmızı karides işleme artıklarından elde edilen lipidin yağ asitleri metil esterifikasyonunda; elde edilen yağdan alınan 2-3 damla üzerine, metanolle tamamlanarak elde edilen 2 M KOH çözeltisinden 4 ml ve 2 ml heptan çözgeninden eklenmesine dayalı yöntem kullanılmıştır (Özogul ve Özogul 2007; Ichihara vd. 1996). İki dakika süresince vortekslenen metillendirilmiş ekstrakt 4000 rpm'de 10 dk boyunca santrifüj (Hettic Universal, ABD) edilmiştir. Üst faz viallere alınarak kromatogram için kullanılmıştır.

Yağ asitleri profili, gaz kromatografisi cihazı (GC, Perkin Labor, Clarus 500) ile belirlenmiştir. Kolon olarak BPx70 silika kolon (50 m x 0.22 mm, film kalınlığı 0.25µm; SGE Inc., Victoria, Avustralya) kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak helyum gazının akış hızı 1 ml/dk akış hızında olup dedektör olarak alev iyonizasyon dedektörü kullanılmıştır. Örnekler GC'ye enjektör yardımı ile 2.5 µL olarak enjekte edilmiştir. GC'nin analize dair fırın sıcaklık değerleri 140 °C'de 5 dak ile başlayacak, 4 °C/dak artışla 200 °C'ye ulaşacak ve beklemeden 1 °C/dak artışla 220 °C'de son bulacak şeklidedir. Analiz süresince dedektör sıcaklığı 280 °C, enjeksiyon portunun sıcaklığı ise 220 °C olacak şekilde çalışılmıştır.

Yağ asitleri metil esterlerinin standartlarına ait çıkış zamanlarının elde edilen çıkış zamanları ile kıyaslaması sonucu örneklerdeki yağ asitleri tanımlanmıştır. Sonuçlar % gaz kromatografisi alanı olarak verilmiştir.

3.3.3. Antioksidan aktivite analizi

İlk defa Miller ve Re (1993) tarafından uygulanmış olan troloks eşiti antioksidan kapasite yöntemi sonrasında Re vd. (1999) tarafından geliştirilmiştir (Niki 1990; Huang vd. 2002).

Bu çalışmada karides artıklarından ekstrakte edilen astaksantin antioksidan aktivitesi Re vd. (1999)'de belirtilen yöntemle göre spektrofotometre (Thermo Scientific Evolution 160 UV-VIS) ile 734 nm'de yapılmıştır. Çalışmada yöntemde belirtilen trolox yerine BHT kullanılmıştır. Yöntem; 2,2'-azinobis (3-etil-bezotiazolin 6 sulfonat) (ABTS) radikal katyonunun referans antioksidanlar ile ekstrakte edilen antioksidanlar tarafından absorbanasının engellenmesine veya toplam radikal süpürme kapasitelerinin karşılaştırılması temeline dayanmaktadır. Trolox-BHT eşitliği sağlanarak Troloks eşdeğer antioksidan kapasite cinsinden okunmuştur (TEAC/mg).

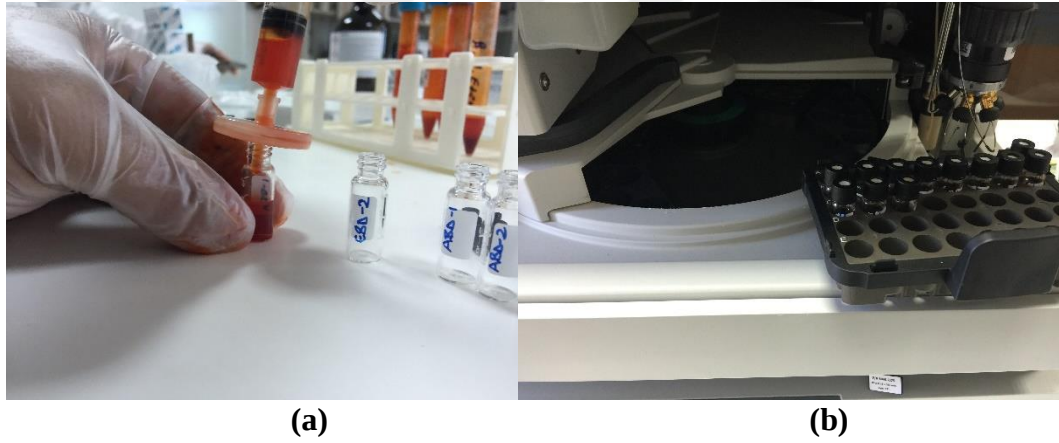
Karides işleme artıkları ekstraktlarına ait eğimin BHT konsantrasyonlarına ait eğime oranlaması sonucu incelenen antioksidan maddenin 1 µM trolox karşılığı olarak gösterdiği antioksidan aktivitesi belirlenmiştir.

(Örneğe ait eğim / troloxa ait eğim) x seyreltme faktörü = TEAC değeri µM troloxTEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity)

3.3.4. Astaksantin analizi

Aristaeomorpha foliacea karidesi işleme artıklarındaki astaksantin miktarı HPLC (High Performance Liquid Chromatography) yöntemi ile belirlenmiştir (Gimeno vd. 2007). Astaksantin miktarının HPLC’de okunmasında kullanılan instrument metotta enjeksiyon süresi 6 dakika kullanılmış, enjeksiyon miktarı ise 20 µL olarak belirlenmiştir. Mobil faz olarak ultra saf su:methanol:diklorometan:asetonitril (4.5:28:22:45.5, v:v:v:v) kombinasyonu kullanılmıştır. Mobil faz akış hızı olarak ta 1.75 ml/dk belirlenmiştir (Lorenz ve Cysewski 2000; Yuan ve Chen, 1998).

Farklı kurutma yöntemlerine göre kurutularak elde edilen *Aristaeomorpha foliacea* karidesi işleme artıklarına ait ekstraktlardan 15 ml tüpler içerisine alınarak 1:10 (g/ml) oranını sağlayacak şekilde üzerine mobil faz eklenmiştir. Kısa bir süre ultrasonik banyoda çözündürülmesi sağlanan ekstrakt 0.45 µm membran filtreden (şekil 3.11.a). (Sartorius NY) geçirilerek viallere alınmış ve bu vialler HPLC cihazında otomatik örnekleyici kısmına yerleştirilmiştir (şekil 3.11.b).



Şekil 3.11. a) Ekstraktların filtrasyonu (0.45 µm membran filtre); b) Viallerin oto örnekleyiciye yerleştirilmesi

Belirlenen metoda göre 2 tekrarlı ve 3 farklı zamanda okumalar yapılmıştır. Örneklerdeki astaksantin miktarı µg/L (ppm) cinsinden belirlenmiştir.

3.3.5. Renk ölçümü

Aristaeomorpha foliacea karidesi işleme artıklarının farklı kurutma yöntemlerine göre kurutularak ultrasonik ekstraksiyonu sonucu elde edilen ekstraktların renk ölçümleri Konika Minolta, CR-400 cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümleri (*L*, *a*, *b*) iki tekerrürlü olarak yapılmıştır. Buradaki *L* değeri parlaklığı (beyazlık veya açıklık koyuluk); *a* değeri kırmızı ve yeşil; *b* değeri sarı ve mavi renkleri temsil etmektedir.

3.3.6. İstatiksel analizler

SAS 9.4 (Statistical Analysis System, Cary, NC, USA) programı kullanılarak varyans analizi gerçekleştirilmiş ve önemli bulunan farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile ortaya konulmuştur.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Karides (*Aristaeomorpha foliacea*) İşleme Artık Miktarı

Çalışmada kullanılan *Aristaeomorpha foliacea* kırmızı karidesinin işleme artık miktarı çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. *Aristaeomorpha foliacea* karidesinin işleme artık miktarı (%)

Toplam Atık	Oran (%)
<i>Kabuk + Baş</i>	59.00± 1.46
<i>Et</i>	41.00± 1.46

± Standart sapmayı göstermektedir, n:3

Araştırma sonucunda, *Aristaeomorpha foliacea* karidesinin toplam artık miktarı % 59.00±1.46 olarak bulunmuştur. Et miktarı ise % 41.00±1.46 olarak tespit edilmiştir. Yapılan bir başka çalışmada toplam artık miktarı % 63.73 ve toplam et miktarı da % 36.27 olarak bildirilmiştir (Küçükgülmez A., 2011).

Hindistan’da yapılan bir çalışmada işlemeye tabi tutulan karideslerin artık miktarlarının % 48 ile % 56 arasında değiştiği bildirilmiştir (Sachindra vd. 2006). Gildberg ve Stenberg (2001) tarafından, Norveçte işlenen karidesler ilgili yapılan çalışmada artık miktarının % 40 civarında olduğu bildirilmiştir.

Naznin (2005) işleme sonucu karideslerden % 40-45 oranında artık çıktığını tespit etmiştir. İbrahim vd. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada karideslerden % 45 oranında kabuk ve baştan oluşan artık çıktığı tespit edilmiştir. Yine Binsan ve ark. (2008) tarafından yapılan farklı bir çalışmada da karideslerden elde edilen artık miktarının % 49 oranında olduğu bildirilmiştir.

Mevcut çalışma sonuçlarına göre daha yüksek değerde ve-veya az miktarda atık miktarına ulaşılmasının genel sebebinin seçilen karides türünden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2. Karides (*Aristaeomorpha foliacea*) artıklarının yağ asitleri kompozisyonu

Karides artıklarından elde edilen yağlı ekstraktın yağ asitleri profili, gaz kromatografisi cihazı (GC, Perkin Labor, Clarus 500) ile belirlenmiş olup omega-3 yağ asitleri miktarı hem karides eti hemde işleme artıklarında ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Farklı kurutma yöntemlerine göre kurutulmuş karides (*Aristaeomorpha foliacea*) işleme artığının ultrasonik destekli ekstraksiyon ile elde edilen yağına ait yağ asidi profili şekil 4.2.’de gösterilmiştir. Buna göre elde edilen ekstraktlara ait yağların doymuş yağ asitleri içeriğinde (ΣSFA), tekli doymamış yağ asitleri (ΣMUFA) içeriğinde ve çoklu doymamış yağ asitleri (ΣPUFA) içeriğinde istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$)

farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Karides işleme artıklarının yüksek EPA-DHA miktarına sahip olmalarının sebebi olarak baş alma ve kabuk çıkarma işlemi sırasında baş içinde bulunan ve kabukla birlikte gelen et materyalinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.2. Farklı kurutma yöntemlerine göre kurutulmuş karides (*Aristaeomorpha foliacea*) işleme artığının yağ asitleri değerleri (%)

Yağ Asitleri	GFK (%)	AYK (%)	DKK (%)
C14:0 (Miristik asit)	1.16±0.03	0.92±0.06	0.80±0.11
C15:0 (Pentadecanoik asit)	0.23±0.17	0.28±0.01	0.35±0.02
C16:0 (Palmitik asit)	20.06±0.76	15.59±0.92	17.93±0.91
C17:0 (Heptadecanoik asit)	0.35±0.01	0.44±0.26	0.81±0.16
C18:0 (Stearik asit)	0.74±0.12	4.35±0.54	6.98±0.46
C20:0 (Arashidik asit)	0.15±0.01	0.39±0.07	0.44±0.24
C21:0 (Henicosanoik asit)	0.86±0.11	0.86±0.20	1.15±0.10
C22:0 (Behenik asit)	0.01±0.01	0.00±0.02	0.10±0.02
C24:0 (Lignoserik asit)	0.81±0.11	0.26±0.11	0.12±0.09
ΣSFA*	24.37±1.11^{ab}	23.08±0.20^b	28.70±1.23^a
C14:1 (Myristoleik asit)	0.02±0.01	0.13±0.01	0.07±0.01
C15:1(cis-10-pentadecenoik a.)	0.04±0.00	0.07±0.00	0.07±0.03
C16:1 (Palmiteloik asit)	6.89±0.02	4.73±0.02	4.10±0.94
C17:1 (cis-10-heptadecenoik a.)	0.21±0.02	0.29±0.02	0.64±0.25
C18:1n-9 (Elaidik asit)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.23±0.18
C18:1n-9 (Oleik asit)	24.51±0.26	19.05±0.26	23.41±1.00
C20:1n-9 (cis-11-eicosenoik a.)	2.70±0.25	4.26±0.25	7.12±1.29
C22:1 n-9 (Erucik asit)	0.02±0.02	0.12±0.02	0.42±0.12
C24:1 n-9 (Nervonik asit)	0.50±0.01	0.82±0.01	2.16±0.98
ΣMUFA*	34.88±0.15^{ab}	29.47±1.63^b	38.21±1.80^a
C18:2n-6 (Linoleaidik asit)	1.06±0.00	0.72±0.07	1.15±0.00
C18:2n-6 (Linoleik asit)	17.90±0.98	25.11±0.66	2.38±0.98
C18:3n-6 (γ-Linolenik asit)	0.29±0.04	0.32±0.18	0.54±0.04
C18:3n-3 (ALA)**	0.09±0.02	0.09±0.04	0.15±0.02
C20:2(cis-11,14-eicosadienoik a.)	0.00±0.00	0.00±0.00	2.57±0.00
C20:3n-3(cis-11,14,17-eicosatrienoik a.)	2.71±0.46	2.67±0.63	0.26±0.46
C20:4n-6 (Arashidonik asit)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
C20:5 n-3 (EPA)**	5.85±0.08	5.06±0.32	7.83±0.08
C22:6 n-3 (DHA)**	12.87±0.82	13.50±0.07	18.09±0.82
ΣPUFA*	40.76±0.96^a	47.46±1.83^a	33.06±1.78^b
ΣDHA-EPA	18.72±0.90^b	18.55±0.25^b	25.92±0.90^a

*SFA: Doymuş yağ asitleri, MUFA: Tekli doymamış yağ asitleri, PUFA: Çoklu doymamış yağ asitleri. ALA: Alfa-linolenik asit, EPA: Eikosapentaenoik asit, DHA: Docosaheksaenoik asit, GFK: Geleneksel fırında kurutulmuş karides artıkları, AYK: Akışkan yataklı kurutucuda kurutulmuş karides artıkları, DKK: Dondurarak kurutucuda kurutulmuş karides artıkları. **Değerler, Ortalama±standart hata olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı harfler (a, b) değerlerin istatistiksel olarak ($P<0.05$) önemli olduğunu belirtir.

Buna göre elde edilen ekstraktlara ait yağların doymuş yağ asitleri içeriğinde (Σ SFA), tekli doymamış yağ asitleri (Σ MUFA) içeriğinde ve çoklu doymamış yağ asitleri (Σ PUFA) içeriğinde istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Doymuş yağ asitleri (SFA) içeriği bakımından dondurarak kurutulmuş karidese ait elde edilen değerler (28.70 ± 1.23), en yüksek bulunmuş, akışkan yataklı kurutucuda kurutulmuş karidese ait elde edilen değerler (23.08 ± 0.20) ise en düşük bulunmuştur.

Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) içeriği bakımından dondurarak kurutulmuş karidese ait elde edilen değerler (38.21 ± 1.80), en yüksek bulunmuş, akışkan yataklı kurutucuda kurutulmuş karidese ait elde edilen değerler (29.47 ± 1.63) ise en düşük bulunmuştur.

Sağlık açısından pek çok faydaları bulunan omega-3 yağ asitlerinin de dahil olduğu grup olan çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) bakımından akışkan yataklı kurutucuda kurutulmuş karidese ait elde edilen değerler (47.46 ± 1.83) en yüksek bulunmuş fakat EPA-DHA ayrı olarak incelendiğinde ise yine dondurarak kurutulmuş karidese ait elde edilen değerler (25.92 ± 0.90) en yüksek bulunmuştur.

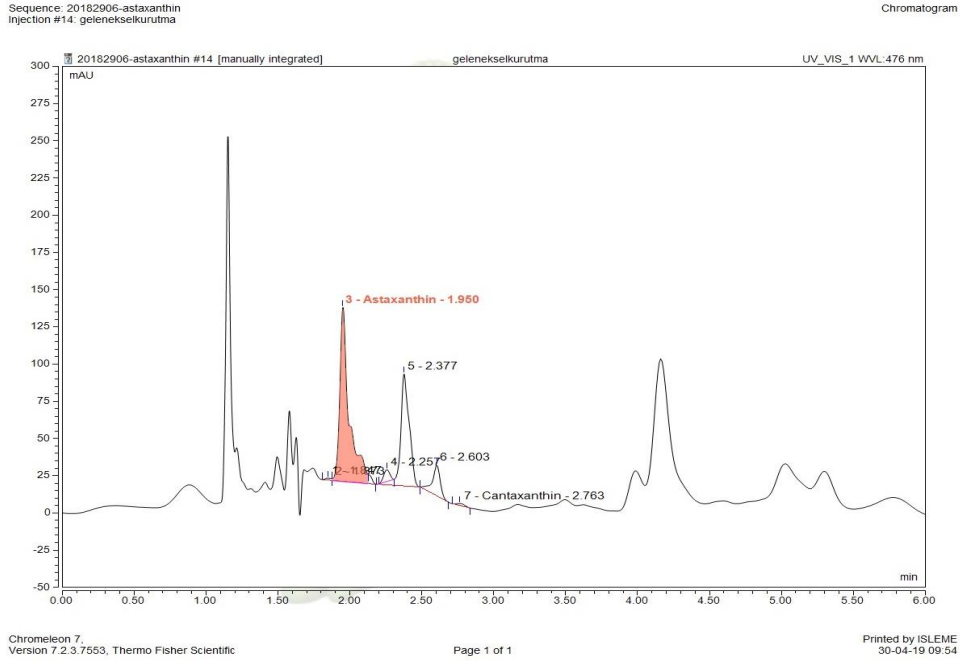
Jiao vd. (2015) tarafından yapılan ve karides işleme tesislerinin pişirme suyundan elde edilen *Pandalus borealis* karidesi yağının % 19.7 SFA, % 49.9 MUFA, % 29.2 oranında PUFA ve özel olarak bakıldığında % 27.0 EPA-DHA içerdiği bildirilmiştir.

Silva vd. (2018) tarafından akışkan yataklı kurutucu yardımı ile kurutulan *Farfantepenaeus subtilis* karidesi artıklarından elde edilen yağının % 43.65 SFA, % 23.00 MUFA, % 33.35 oranında PUFA ve özel olarak bakıldığında % 22.88 EPA-DHA içerdiği bildirilmiş olup EPA-DHA değeri tez çalışmasındaki değerleri desteklemektedir.

4.3. Karides (*Aristaeomorpha foliacea*) İşleme Artıklarının Astaksantin İçerikleri, Antioksidan Aktiviteleri ve Renk Değerleri

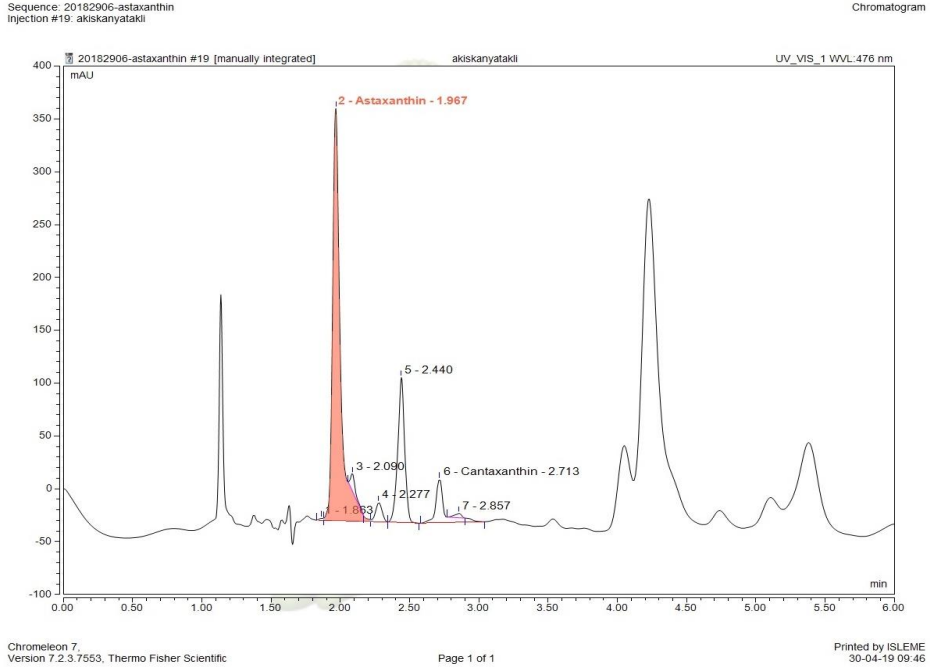
Aristaeomorpha foliacea karidesi işleme artıklarının farklı kurutma yöntemlerine göre kurutularak, 1:20 biyokütle:çözgen oranına göre hekzan ile, 60 dakikada ve 50 °C’de yapılan ultrasonik ekstraksiyonları sonucu en yüksek astaksantin miktarına ($288.85 \mu\text{g/L}$ veya ppm) ve en yüksek antioksidan aktivite değerine (1.99 TEAC) ile dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilip ekstrakte edilmiş kırmızı karides işleme artıklarından ulaşılmıştır.

Geleneksel laboratuvar tipi kurutma ile kurutularak ekstraksiyona tabi tutulan ekstraktın 251.57 ± 7.78 ppm astaksantin içerdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



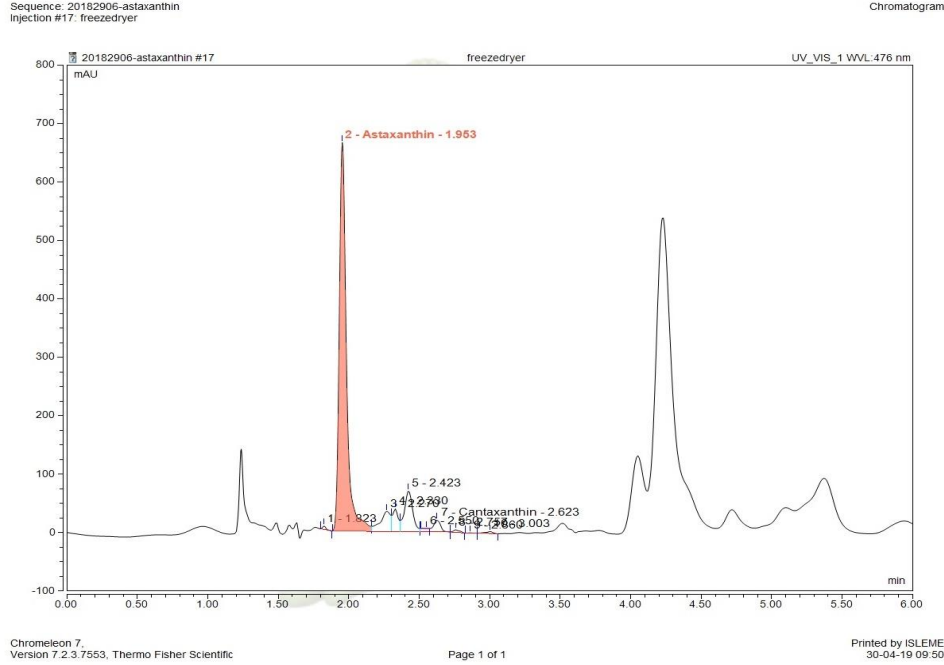
Şekil 4.1. Geleneksel kurutma yöntemine göre HPLC kromotogramı

Akışkan tıp kurutucu yardımı ile kurutularak ekstraksiyona tabi tutulan ekstraktın 263.33 ± 7.68 ppm astaksantin içerdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Akışkan yataklı kurutma yöntemine göre HPLC kromotogramı

Dondurarak kurutma ile kurutularak ekstraksiyona tabi tutulan ekstraktın 288.85 ± 11.26 ppm astaksantin içerdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Dondurarak kurutma yöntemine göre HPLC kromotogramı

Çizelge 4.3. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş karides (*Aristaeomorpha foliacea*) işleme artıklarının astaksantin miktarları, antioksidan aktivite değerleri ve renk değerleri

Kurutma Yöntemi	Astaksantin (ppm)	Antioksidan (TEAC)	Renk (L)	Renk (a)	Renk (b)
GFK	251.57 ± 7.78^b	1.39 ± 0.03^b	23.68 ± 0.81^a	11.16 ± 2.00^b	8.49 ± 0.69^a
AYK	263.33 ± 7.68^b	1.48 ± 0.06^b	21.41 ± 0.37^b	13.33 ± 0.42^a	6.28 ± 0.08^b
DKK	288.85 ± 11.26^a	1.99 ± 0.07^a	19.31 ± 0.44^c	14.66 ± 0.68^a	4.66 ± 0.16^c

*Değerler, Ortalama±standart hata olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı harfler (a,b) değerlerin istatistiksel olarak ($P < 0.05$) önemli olduğunu belirtir. ** GFK: Geleneksel fırında kurutulmuş karides artıkları, AYK: Akışkan yataklı kurutucuda kurutulmuş karides artıkları, DKK: Dondurarak kurutucuda kurutulmuş karides artıkları.

Farklı yöntemlere göre kurutulup ekstraksiyona tabi tutulan karides (*Aristaeomorpha foliacea*) işleme artıklarından en yüksek astaksantin miktarı dondurarak kurutma ile kurutulan örneğin ekstraktından (288.85 ± 11.26 ppm) tespit edilirken en düşük astaksantin miktarı ise geleneksel laboratuvar tipi kurutucu yardımı ile kurutulan örneğin ekstraktından (251.57 ± 7.78 ppm) belirlenmiştir. Aynı harf

değerine sahip geleneksel laboratuvar tipi kurutma ile elde edilen örnek ve akışkan yataklı kurutucu yardımı ile elde edilen örnek ekstraktları arasında istatistiki fark bulunamamıştır. Farklı kurutma yöntemlerinin astaksantin miktarına etkisi bakımından p değerinin 0.05'ten küçük olması ($P<0.05$) nedeniyle istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Antioksidan aktivite değerine göre değerlendirildiğinde ise farklı yöntemlere göre kurutulup ekstraksiyona tabi tutulan karides (*Aristaeomorpha foliacea*) işleme artıklarından en yüksek antioksidan aktivite değeri yine dondurarak kurutma ile kurutulan örneğin ekstraktından (1.99 ± 0.07 TEAC) tespit edilirken en düşük antioksidan aktivite değeri ise geleneksel laboratuvar tipi kurutucu yardımı ile kurutulan örneğin ekstraktında (1.39 ± 0.03 TEAC) belirlenmiştir. Aynı harf değerine sahip geleneksel laboratuvar tipi kurutma ile elde edilen örnek ve akışkan yataklı kurutucu yardımı ile elde edilen örnek ekstraktları arasında istatistiki fark bulunamamıştır. Farklı kurutma yöntemlerinin antioksidan aktivite değerine etkisi bakımından p değerinin 0.05'ten küçük olması ($P<0.05$) nedeniyle istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Renk ölçümlerine göre bir değerlendirme yapılması gerekirse dikkate alınması gereken renk olan kırmızı rengi veren “a” ya göre yine dondurarak kurutma ile kurutulan örneğin ekstraktından (14.66 ± 0.68) tespit edilmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında öncelikle *Aristaeomorpha foliacea* karidesi baş alma ve kabuk çıkarma işlemine tabi tutularak toplam elde edilebilecek işleme artığı miktarı tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre 100 g *Aristaeomorpha foliacea* karidesinden 59.00 ± 1.46 g kadar işleme artığı elde edilmiştir.

Elde edilen bu işleme artıkları geleneksel laboratuvar tipi kurutma, akışkan yataklı kurutucu yardımı ile kurutma ve dondurarak kurutma (freeze dryer) yöntemleri ile kurutularak elek yardımı ile standardize hale getirildikten sonra ekstraksiyona tabi tutularak elde edilen ekstraktlardaki yağ asitleri tespit edilmiştir. Her üç kurutma yöntemine ait ekstraktan yüksek omega-3 yağ asidi eldesinin sebebi olarak baş alma ve kabuk çıkarma işlemleri sırasında baş içinde bulunan ve kabukla beraber gelen et parçalarından olduğu düşünülmektedir. En yüksek EPA oranına ($\% 7.83 \pm 0.08$) ve DHA oranına ($\% 18.09 \pm 0.82$) dondurarak kurutma yöntemi ile kurutularak oranında DHA olmak üzere toplam $\% 21.85 \pm 5.30$ omega-3 yağ asidi içeriği tespit edilmiştir. Buna göre dondurarak kurutma yönteminin yağ asitleri açısından diğer kurutma yöntemlerine göre daha verimli olduğu saptanmıştır.

Farklı yöntemlere göre kurutulup ekstraksiyona tabi tutulan karides (*Aristaeomorpha foliacea*) işleme artıklarından en yüksek astaksantin miktarı dondurarak kurutma ile kurutulan örneğin ekstraktından (288.85 ± 11.26 ppm) tespit edilmesi bu yöntemin özelde astaksantin genelde ise karatenoit verimi açısından daha verimli olduğunu göstermektedir. Keza antioksidan aktivite değeri açısından sonuçlar incelendiğinde dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulmuş örneğe ait sonuçların (1.99 ± 0.07 TEAC) da bu tespiti desteklediği görülmüştür.

Renk *a* değerleri açısından yine dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulmuş örneğe ait sonuçlar (14.66 ± 0.68) da bu yöntemin verimliliği desteklediğini göstermiştir.

Farklı kurutma yöntemlerinin astaksantin miktarına etkisi bakımından *p* değerinin 0.05'ten küçük olması ($P < 0.05$) nedeniyle istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Tez çalışması sonucunda; *Aristaeomorpha foliacea* karidesi işleme artıklarının geleneksel laboratuvar tipi kurutma, akışkan yataklı kurutucu yardımı ile kurutma ve dondurarak kurutma olmak üzere üç farklı yöntemle kurutularak elde edilen ekstraktlardan, sağlık açısından oldukça önemli olan ve gıda endüstrisinde de bir çok uygulama alanı bulunan astaksantin eldesi ve maksimum verimi için dondurarak kurutma yönteminin en uygun yöntem olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abello, P., A. Carbonell, and P. Torres. 2002. Biogeography of epibenthic crustaceans on the shelf and upper slope off the Iberian Peninsula Mediterranean coasts: implications for the establishment of natural management areas. *Sci. Mar.*, 66 (Suppl. 2): 183-198.
- Acı, C., & Özcan, T., 2008. Dondurma Üretiminde Kristalizasyon ve Rekristalizasyon Mekanizması.
- Aghdassi, E. and Allard, J.P. 2000 Breath alkanes as a marker of oxidative stress in different clinical conditions. *Free Radic. Biol. Med.* 28, 880–886 28
- Ahmed, F., Li, Y., Fanning, K., Netzel, M., & Schenk, P. M. 2015. Effect of drying, storage temperature and air exposure on astaxanthin stability from *Haematococcus pluvialis*. *Food Research International*, 74, 231-236.
- Akyıldız, A., Polat, S., & Ağçam, E. 2017. Konveksiyonel Ve Dondurarak Kurutma Yöntemlerinin Karpuzun Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. *Gıda/The Journal Of Food*, 42(2), 169-176.
- Amarowicz, R. ve Shahidi, F. 1997. Capelin proteini hidrolizatlarının peptid fraksiyonlarının antioksidan aktivitesi. *Gıda Kimyası* , 58 (4), 355-359.
- Ambati, R. R., Phang, S. M., Ravi, S., & Aswathanarayana, R. G. 2014. Astaxanthin: sources, extraction, stability, biological activities and its commercial applications—a review. *Marine drugs*, 12(1), 128-152.
- Anderson, M. 2001. Method of Inhibiting 5-a Reductase with Astaxanthin to Prevent and Treat Benign Prostate Hyperplasia (BPH) and Prostate Cancer in Human Males. *US Patent*, 6277417.
- Anonim 1: http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1570 [Son erişim tarihi: 20.04.2019].
- Anonim 2 : http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Kar%C4%B1%C5%9F%C4%B1mlar%C4%B1%20Ay%C4%B1rma.pdf [Son erişim tarihi: 18.11.2018].
- Anonymous 1: <http://www.fao.org/in-action/globefish/market-reports/resource-detail/en/c/338031/> [Son erişim tarihi: 15.03.2019].
- Anonymous 2: <https://www.cyanotech.com/pdfs/bioastin/axbul60.pdf> [Son erişim tarihi: 20.04.2019].
- Anonymous 3: <https://www.realnatural.org/algae-nutrient-improves-cognition-and-may-provide-treatment-for-parkinsons-huntingtons-and-alzheimers/> [Son erişim tarihi: 11.11.2018].
- Anonymous 4: <https://www.prnewswire.com/news-releases/the-global-astaxanthin-market-is-projected-to-grow-significantly-from-an-estimated-value-of-usd-5536-million-in-2017-to-usd-8141-million-by-2022-at-a-cagr-of-802-300564959.html> [Son erişim tarihi: 30.03.2019].

- Anonymous 5: <http://industry-experts.com/verticals/healthcare-and-pharma/global-astaxanthin-market-sources-technologies-and-applications>. [Son erişim tarihi: 30.03.2019].
- Allen, R.G. and Tresini, M. 2000. Oxidative stress and gene regulation. *Free Radic. Biol. Med.* 28, 463–499 42
- Arıca, Ş. Ç. 2017. Hatay İlinde, İskenderun Halkının Balıkçılık Ürünleri Tüketim Alışkanlığı ve Tercihlerinin Belirlenmesi. *Yunus Araştırma Bülteni*, 17(3), 233-243.
- Atar, H.H. and Alçiçek, Z. 2009. Su ürünleri sektöründe sürdürülebilirlik. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(2), 35-40.
- Aw, T.Y. 1999. Molecular and cellular responses to oxidative stress and changes in oxidation-reduction imbalance in the intestine. *Am. J. Clin. Nutr.* 70, 557–565 29
- Balachandran, S., Kentish, S. E., Mawson, R., & Ashokkumar, M. 2006. Ultrasonic enhancement of the supercritical extraction from ginger. *Ultrasonics Sonochemistry*, 13, 471–479. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2005.11.006>
- Başoğlu F. 2002. Yemeklik Yağ Teknolojisi. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Notları No:91, s.18, Bursa.
- Bayhan, H. A. 2011. Kabin tipi bir kurutucuda kurutma sürecini etkileyen parametrelerin deneysel olarak incelenmesi (Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bertram, J.S. 1999. Carotenoids and gene regulation. *Nutr. Rev.* 57, 182–191
- Bianchini, M. 1999. The deep-water red shrimp, *Aristaeomorpha foliacea*, of the Sicilian Channel: biology and exploitation (Doctoral dissertation).
- Bianchini, M.L. and S. Ragonese (eds). 1994. Life cycles and fisheries of the deep water shrimps *Aristaeomorpha foliacea* and *Aristeus antennatus*. Proc. International Workshop held in the Istituto Tecnologia Pesca e Pescato, Mazara (Italy), 28-30 April 1994. N.T.R.-I.T.P.P. *Special Publ.*, 3: 88 pp
- Bingöl G. 1978. Biyokimya. Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Yayın no:50, s.366, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Binsan, W., Benjakul, S., Visessanguan, W., Roytrakul, S., Faithong, N., Tanaka, M., & Kishimura, H. 2008. Composition, antioxidative and oxidative stability of mungoong, a shrimp extract paste, from the cephalothorax of white shrimp. *Journal of Food Lipids*, 15(1), 97-118.
- Biswas, A. T. G., & Gargi, C. 2013. Extraction of chitosan from prawn shell wastes and examination of its viable commercial applications. *International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering*, 2(3), 17-24.
- Bjerkeng B, Peisker S, Ytrestøyl Å. 2007. Digestibility and muscle retention of astaxanthin in *Salmo salar*, fed diets with the red yeast *Phaffia rhodozyma* in comparison with synthetic formulated astaxanthin. *Aquaculture*. 2007; 269 (1-4):476-89.

- Bono G., Badalucco C. V., Cusumano S., Palmegiano G. B., 2012. Toward shrimp without chemical additives: a combined freezing-MAP approach. *LWT-Food Science and Technology* 46(1):274-279.
- Bhosale, P., Serban, B., Zhao, D. Y., & Bernstein, P. S. 2007. Identification and metabolic transformations of carotenoids in ocular tissues of the Japanese quail *Coturnix japonica*. *Biochemistry*, 46 (31), 9050-9057.
- Böhm, V., Kühnert, S., Rohm, H. and Scholze G., 2006. Improving the Quality of Microwave-vacuum Dried Strawberries: A Preliminary Study, *Food Science and Technology International*, 12 (1), 67-75.
- Brennan, J. G., & Grandison, A. S. (Eds.). 2012. *Food processing handbook*.
- Büyüktuncel, E. 2012. Gelişmiş ekstraksiyon teknikleri I. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 32(2), 209-242.
- Capelo, J. L., & Mota, A. M. 2005. Ultrasonication for analytical chemistry. *Current Analytical Chemistry*, 1(2), 193-201.
- Carpenter, K. E., & Niem, V. H. 1998. *The living marine resources of the western Central Pacific: 1. Seaweeds, corals, bivalves and gastropods*.
- Chemat, F., Zill-e-Huma, & Khan, M. K. 2011. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18, 813–835. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>
- Chan, K.C.; Pen, P.J.; Yin, M.C., 2012. Anti-coagulatory and anti-inflammatory effects of astaxanthin in diabetic rats. *J. Food Sci.* 2012, 77, H76–H80.
- Chen, H. M., & Meyers, S. P. 1982. Extraction of astaxanthin pigment from crawfish waste using a soy oil process. *Journal of Food Science*, 47(3), 892-896.
- Chouliara, E., Georgogianni, K. G., Kanellopoulou, N., & Kontominas, M. G. 2010. Effect of ultrasonication on microbiological, chemical and sensory properties of raw, thermized and pasteurized milk. *International Dairy Journal*, 20, 307–313. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.12.006>
- Cohen, J. S., & Yang, T. C. 1995. Progress in food dehydration. *Trends in Food Science & Technology*, 6(1), 20-25.
- Cohen, Z.V., 2000. Chemicals from microalgae, Taylor & Francis publishers, 419 p.
- Coward-Kelly, G., Agbogbo, F. K., & Holtzaple, M. T. 2006. Lime treatment of shrimp head waste for the generation of highly digestible animal feed. *Bioresource Technology*, 97(13), 1515-1520.
- Çalışkan, M. K. 2002. *Mikrodalga enerjisi ile kurutma* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Colak, N., & Hepbasli, A. 2007. Performance analysis of drying of green olive in a tray dryer. *Journal of Food Engineering*, 80(4), 1188-1193.
- Dadalı, G. 2007. Bamya ve ıspanağın mikrodalga tekniği kullanılarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi (Doctoral dissertation).

- Daghigh, R., Ruslan, M. H., Sulaiman, M. Y., & Sopian, K. 2010. Review of solar assisted heat pump drying systems for agricultural and marine products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 2564-2579.
- Dalyan, C. 2010. İskenderun Körfezi Yakın Çevresi Derin Deniz Trol Balıkçılığında Av Miktarları. I. Türkiye Derin Deniz Ekosistemi Çalıştayı Bildiriler Kitabı, 55(1).
- Dekkers, J. et al. 1996. The role of antioxidant vitamins and enzymes in the prevention of exercise-induced muscle damage. *Sports Med.* 21, 213–238
- Delpech, R. 2001. Colourful cultures: classroom experiments with the unicellular alga *Haematococcus pluvialis*: Practicals. *Journal of Biological Education*, 35(4), 201-205.
- Deniz, Z. 2010. *Akışkan Yataklı Kurutucu Modellemesi Ve Analizi* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Denizci, A. 1990. Phaffia rhodozyma NRRLY-10921 Mayası ile Astaksantin Pigmentinin Üretimi ile İlgili Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 50s.
- Deval M.C., Deniz T., Ateş C., Ulutürk T. And Tosunoğlu Z. 2009. Comparison of the size selectivity of diamond (PA) and square (PE) mesh codends for deepwater crustacean species in the Antalya Bay, Eastern Mediterranean. *J Appl Ichthyol* 25: 372-380
- Dietrich, B. 1987. Review of the deep water shrimp stock and its exploitation in the waters off the People's Republic of Mozambique. *Fischerei-Forschung* (Rostock), 3: 67-75. waste. *Macromolecular bioscience*, 6(5), 340-347.
- Dong, L.Y.; Jin, J.; Lu, G.; Kang, X.L. 2013. Astaxanthin attenuates the apoptosis of retinal ganglion cells in db/db mice by inhibition of oxidative stress. *Mar. Drugs* 2013, 11, 960–974.
- Dong, J., Liu, Y., Liang, Z., & Wang, W. 2010. Investigation on ultrasound-assisted extraction of salvianolic acid B from *Salvia miltiorrhiza* root. *Ultrasonics Sonochemistry*, 17(1), 61-65.
- D' Onghia, G., R. Carlucci, P. Maiorano, and M. Panza. 2003. Discards from deep water bottom trawling in the eastern-central Mediterranean Sea
- Ekpe, L., Inaku, K., & Ekpe, V. 2018. Antioxidant effects of astaxanthin in various diseases—a review. *J Mol Pathophysiol*, 7(1).
- El Hattab, M., Culioli, G., Piovetti, L., Chitour, SE ve Valls, R. 2007. Kahverengi alglerden elde edilen uçucu metabolitlerin belirlenmesi ve saptanması için çeşitli ekstraksiyon yöntemlerinin karşılaştırılması Dictyopteris membranacea. *Journal of Chromatography A* , 1143 (1-2), 1-7.
- Erçetin, Ü., & Uralcan, İ.Y., 2009. Kaynatılmış Buğdayın Akışkan Yatakta Kurutulmasının Deneysel Araştırılması. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(3), 89-99.
- Eskilsson, C. S., & Björklund, E. 2000. Analytical-scale microwave-assisted extraction. *Journal of Chromatography A*, 902(1), 227-250.

- Fabregas, J., Dominguez, A., and Otero A., 2001. Two-stage cultures for the production of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*, *Journal of Biotechnology* 89: 65-71.
- Fábregas, J., Domínguez, A., Regueiro, M., Maseda, A., & Otero, A. 2000. Optimization of culture medium for the continuous cultivation of the microalga *Haematococcus pluvialis*. *Applied microbiology and biotechnology*, 53(5), 530-535.
- Fassett, R. G., & Coombes, J. S. 2011. Astaxanthin: a potential therapeutic agent in cardiovascular disease. *Marine drugs*, 9(3), 447-465.
- Fellows, P.J. 2000. Food Processing Technology: Principles and Practice. 2nd Ed. CRC Press, Boca Raton, FL. C. J. Geankoplis, 2014, Transport Processes and Separation Process Principles, Pearson Education Limited, Essex.
- Fellows, P. J. 2009. *Food processing technology: principles and practice*. Elsevier.
- Ferrer, J., Paez, G., Marmol, Z., Ramones, E., Garcia, H. ve Forster, CF 1996. Karides kabuğu atıklarının asit hidrolizi ve hidrolizattan tek hücreli protein üretimi. *Bioresource Technology* , 57 (1), 55-60.
- Fischer, W., Bauchotet, M. and Schnider, L., 1987. Fishes FAO d'identification des espe'ces pour lesw besoins de la pe'che. (Re'vision 1). Me'diterraneene et mer Noir. Zone de pe'che 37. Rome, FAO, 1, 761-1530.
- Foss, P., Renstrøm, B., & Liaaen-Jensen, S. 1987. Natural occurrence of enantiomeric and Meso astaxanthin 7*-crustaceans including zooplankton. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 86(2), 313-314.
- Francisco, F. C., Simora, R. M. C., & Nuñal, S. N. 2015. Deproteination and demineralization of shrimp waste using lactic acid bacteria for the production of crude chitin and chitosan. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 8(1), 107-115.
- Frei, B. 1995. Cardiovascular disease and nutrient antioxidants: role of low-density lipoprotein oxidation. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 35, 83–98 33
- Fuchs, J. 1998. Potentials and limitations of the natural antioxidants RRR-alpha-tocopherol, L-ascorbic acid and beta-carotene in cutaneous photoprotection. *Free Radic. Biol. Med.* 25, 848–873 21
- Gallego-Juárez, J., Rodriguez, G., Acosta, V., & Riera, E. 2010. Power ultrasonic transducers with extensive radiators for industrial processing. *Ultrasonics Sonochemistry*, 17, 953–964. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2009.11.006>
- George, J. P., & Datta, A. K. 2002. Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices. *Journal of food engineering*, 52(1), 89-93.
- Gershon, D. 1999. The mitochondrial theory of aging: Is the culprit a faulty disposal system rather than indigenous mitochondrial alterations? *Exp. Gerontol.* 34, 613–619 38

- Gimeno, M., Ramírez-Hernández, J. Y., Martínez-Ibarra, C., Pacheco, N., García-Arrazola, R., Bárzana, E., & Shirai, K. 2007. One-solvent extraction of astaxanthin from lactic acid fermented shrimp wastes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(25), 10345-10350.
- Gildberg A, Stenberg E. A. 2001. New process for advanced utilization of shrimp waste. *Process Biochem.* 2001;36:809–812.
- Goto, S. et al. 2001. Efficient radical trapping at the surface and inside the phospholipid membrane is responsible for highly potent antiperoxidative activity of the carotenoid astaxanthin. *Biochim. Biophys. Acta* 1512, 251–258 39
- Greene, L. 1995. Asthma and oxidant stress: nutritional, environmental, and genetic risk factors. *J. Am. Coll. Nutr.* 14, 317–324 30
- Gradelet, S. et al. 1998. Dietary carotenoids inhibit aflatoxin B1-induced liver preneoplastic foci and DNA damage in the rat: role of the modulation of aflatoxin B1 metabolism. *Carcinogenesis* 19, 403–411
- Grimmig, B., Daly, L., Hudson, C., Nash, K. R., & Bickford, P. C. 2017. Astaxanthin attenuates neurotoxicity in a mouse model of Parkinson's disease. *Functional Foods in Health and Disease*, 7(8), 562-576.
- Grey, D.L., W. Dall and A. Baher. 1983. A guide to the Australian Penaeid prawns. Northern Territory Government: 140 pp
- Gross, G.J.; Lockwood, S.F., 2005. Acute and chronic administration of disodium disuccinate astaxanthin (Cardax) produces marked cardioprotection in dog hearts. *Mol. Cell. Biochem.* 272, 221–227.
- Guerin, M., Huntley, M. E., & Olaizola, M. 2003. *Haematococcus astaxanthin*: applications for human health and nutrition. *TRENDS in Biotechnology*, 21(5), 210-216.
- Gülyavuz, H., & Ünlüsayın, M. 1999. Su ürünleri işleme teknolojisi. *Isparta: Şahin Matbaa*.
- Hagen, C., Grünewald, K., and Rothe, E., 2001. Effect of cultivation parameters on growth and pigment biosynthesis in flagellated cells of *Haematococcus pluvialis*, *Journal of Applied Phycology*, 13:79-87.
- Hata, N., Ogbonna, J. C., Hasegawa, Y., Taroda, H., & Tanaka, H. 2001. Production of astaxanthin by *Haematococcus pluvialis* in a sequential heterotrophic-photoautotrophic culture. *Journal of Applied Phycology*, 13(5), 395-402.
- Heinzelmann, K., Franke, K., Jensen, B. and Haahr, A. 2000. Protection of fish oil from oxidation by microencapsulation using freeze-drying techniques. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* 114–121.
- Heu, MS, Kim, JS ve Shahidi, F. 2003. Karides işleme yan ürünlerinin bileşenleri ve besin kalitesi. *Gıda Kimyası* , 82 (2), 235-242.
- Higuera-Ciapara, I., Felix-Valenzuela, L., & Goycoolea, F. M. 2006. Astaxanthin: a review of its chemistry and applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 46(2), 185-196.

- Holthuis, L.B. – 1987. Crevettes. In: Fischer, W., M.L. Bauchot and M. Schneider (red.): Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision 1). Méditerranée et Mer Noire. FAO, Rome, vol. 1: 191-292.
- Huang DJ, Ou B, Hampsch-Woodill M, Flanagan JA, Deemer EK. 2002. Development and validation of oxygen radical absorbance capacity assay for lipophilic antioxidants using randomly methylated beta-cyclodextrin as the solubility enhancer. *J Agr Food Chem* 2002; 50:1815-21.
- Hunter, B. J., & Roberts, D. C. 2000. Potential impact of the fat composition of farmed fish on human health. *Nutrition Research*, 20(7), 1047-1058.
- Ibrahim, H. M., Salama, M. F., & El-Banna, H. A. 1999. Shrimp's waste: Chemical composition, nutritional value and utilization. *Food/Nahrung*, 43(6), 418-423.
- Ichihara, K. I., Shibahara, A., Yamamoto, K., & Nakayama, T. 1996. An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids. *Lipids*, 31(5), 535-539.
- İçier, F. 2003. Gıdaların Ohmik Isıtma Yöntemiyle Isıtılmasının Deneysel ve Kuramsal Olarak İncelenmesi (Doctoral dissertation, Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir).
- Jiao, G., Hui, J., Burton, I., Thibault, M. H., Pelletier, C., Boudreau, J., ... & Gagnon, J. 2015. Characterization of shrimp oil from *Pandalus borealis* by high performance liquid chromatography and high resolution mass spectrometry. *Marine drugs*, 13(6), 3849-3876.
- Jinapong, N., Supphantharika, M., & Jamnong, P. 2008. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205.
- Johnson, E. A., & An, G. H., 1991. Astaxanthin from microbial sources. *Critical Reviews in Biotechnology*, 11; 297-326.
- Jyonouchi, H. et al. 1993. Studies of immunomodulating actions of carotenoids. II. Astaxanthin enhances in vitro antibody production to T-dependent antigens without facilitating polyclonal B-cell activation. *Nutr. Cancer* 19, 269–280
- Jyonouchi, H. et al. 1994. Immunomodulating actions of carotenoids: enhancement of in vivo and in vitro antibody production to T-dependent antigens. *Nutr. Cancer* 21, 47–58
- Jyonouchi, H. et al. 1995. Astaxanthin, a carotenoid without vitamin A activity, augments antibody responses in cultures including T-helper
- Jewell, C. and O'Brien, N. 1999. Effect of dietary supplementation with carotenoids on xenobiotic metabolizing enzymes in the liver, lung, kidney and small intestine of the rat. *Br. J. Nutr.* 81, 235–242
- Karaca, A. C., Başkaya, H., Güzel, Ö., & Ak, M. M. 2017. Püskürtmeli Kurutma İşleminin Meyve Suyu Konsantrlerinin Fenolik Madde İçeriğine Ve Antioksidan Aktivitesine Etkisi. *Gıda/The Journal Of Food*, 42(3), 297-304.

- Kaur, D., Wani, A. A., Oberoi, D. P. S., & Sogi, D. S. 2008. Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology. *Food Chemistry*, 108(2), 711-718.
- Kaya, G.K. 2009. Marine edilmiş levrek (*Dicentrarchus labrax* L., 1758), çipura (*Sparus aurata* L., 1758) ve karabalıkta (*Clarias gariepinus*) depolama süresince duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı, Doktora tezi.
- Kentish, S., & Ashokkumar, M. 2011. The physical and chemical effects of ultrasound. In H. Feng, G. V. Barbosa Canovas, & J. Weiss (Eds.), *Ultrasound technologies for food and bioprocessing* (pp. 1-12). London: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-7472-3>
- Kitahara, T. 1984. Carotenoids in the Pacific salmon during the marine period. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 78(4), 859-862.
- Kistler, A. et al., 2002. Metabolism and CYP-inducer properties of astaxanthin in man and primary human hepatocytes, *Arch. Toxicol.*, 75: 665-675.
- Kobayashi, M., Kurimura, Y., & Tsuji, Y. 1997. Light-independent, astaxanthin production by the green microalga *Haematococcus pluvialis* under salt stress. *Biotechnology Letters*, 19(6), 507-509.
- Kocatas, A., Katagan, T., & Hüseyin, A. B. 2001. Contribution to the knowledge of the crustacean fauna of Cyprus. *Israel Journal of Zoology*, 47(2), 147-160.
- Konak, Ü. İ., Certel, M., & Helhel, S. 2009. Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3), 20-31.
- Koukouras, A., Dounas, C., Türkay, M. & Voultsiadou-Koukoura, E. 1992. Decapoda crustacean fauna of the Aegean Sea: new information, check list, affinities. *Senckenbergiana Maritima*, 22, 217-244.
- Kritchevsky, S.B. 1999. b-Carotene, carotenoids and the prevention of coronary heart disease. *J. Nutr.* 129, 5-8 34
- Küçükgülmez A., 2011. kırmızı dev karides (*Aristaeomorpha foliacea*) kabuklarından elde edilen ekstraktın buzdolabında depolanan hamsi (*Engraulis encrasicolus*)'nin kimyasal fiziksel ve duyuşal özelliklerine etkileri. Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 139 s.
- Lin, T. M., Durance, T. D., & Scaman, C. H. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Research International*, 31(2), 111-117.
- Lipsanen, T., Antikainen, O., Räikkönen, H., Airaksinen, S., & Yliruusi, J. 2008. Effect of fluidisation activity on end-point detection of a fluid bed drying process. *International Journal of Pharmaceutics*, 357(1-2), 37-43.
- Lopez-Quiroga, E., Antelo, L. T., & Alonso, A. A. 2012. Time-scale modeling and optimal control of freeze-drying. *Journal of Food Engineering*, 111(4), 655-666.
- Lorenz, R. T. 1999. A technical review of *Haematococcus* algae. *NatuRose™ Technical Bulletin*, 60, 1-12.

- Lorenz, R. T., & Cysewski, G. R. 2000. Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin. *Trends in Biotechnology*, 18(4), 160-167.
- Ma, Y. H., & Arsem, H. 1982. Low pressure sublimation in combined radiant and microwave freeze drying. *Drying*, 82, 196-200.
- Ma, Y. Q., Chen, J. C., Liu, D. H., & Ye, X. Q. 2008. Effect of ultrasonic treatment on the total phenolic and antioxidant activity of extracts from citrus peel. *Journal of Food Science*, 73(8), T115-T120.
- Macrae, R., Robinson, R. K., & Sadler, M. J. 1993. Encyclopaedia of food science, food technology and nutrition, Volume1, p1469-1476.
- Maran, J. P., Manikandan, S., Nivetha, C. V., & Dinesh, R. 2017. Ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from *Nephelium lappaceum* L. fruit peel using central composite face centered response surface design. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S1145-S1157.
- Matsushita, Y. et al. 2000. Antioxidant activity of polar carotenoids including astaxanthin-b-glucoside from marine bacterium on PC liposomes. *Fish. Sci.* 66, 980–985 41
- McKenna, B. M., Lyng, J., Brunton, N., & Shirsat, N. 2006. Advances in radio frequency and ohmic heating of meats. *Journal of Food Engineering*, 77(2), 215-229.
- Mendes-Pinto, M. M., Raposo, M. F. J., Bowen, J., Young, A. J., & Morais, R. 2001. Evaluation of different cell disruption processes on encysted cells of *Haematococcus pluvialis*: effects on astaxanthin recovery and implications for bio-availability. *Journal of Applied Phycology*, 13(1), 19-24.
- Mendis, E., Rajapakse, N., & Kim, S. K. 2005. Antioxidant properties of a radical-scavenging peptide purified from enzymatically prepared fish skin gelatin hydrolysate. *Journal of Agricultural And Food Chemistry*, 53(3), 581-587.
- Mercado- Vega-, H., Góngora-Nieto, MM, ve Barbosa-Cánovas, GV 2001. Gıdaların dehidrasyonundaki gelişmeler. *Gıda mühendisliği dergisi* , 49 (4), 271-289.
- Miki, W. 1991. Biological functions and activities of animal carotenoids. *Pure and Applied Chemistry*, 63(1), 141-146.
- Miller, N. J., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V., & Milner, A. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science*, 84(4), 407-412.
- Miki, W. et al. 1998. Astaxanthin-Containing Drink. Japanese Patent #10155459 35
- Murillo, E. 1992. Efecto hipercolesterole´mico de la cantaxantina y la astaxantina en ratas. *Arch. Latinoam. Nutr.* 42, 409–413 36
- Meyers, S. P. 1986. Attractants, aquatic diet development examined. *Feedstuffs*, 58, 11-12.

- Meyers, S.P. 1993 The biological role of astaxanthin in salmonids and other aquatic species. First International Symposium on Nat. Colors for Foods, Nutraceuticals, Beverages and Confectionary, Amherst, USA 24
- Naznin, R. 2005. Extraction of chitin and chitosan from shrimp (*Metapenaeus monoceros*) shell by chemical method. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(7), 1051-1054.
- Nemzer, B., Pietrzkowski, Z., Spórna, A., Stalica, P., Thresher, W., Michałowski, T., & Wybraniec, S. 2011. Betalainic and nutritional profiles of pigment-enriched red beet root (*Beta vulgaris* L.) dried extracts. *Food Chemistry*, 127(1), 42-53.
- Newsome, R. L. 1986. Food colors. *Food Technology*, 40(7), 49-56
- Nijhuis, H. H., Torringa, H. M., Muresan, S., Yuksel, D., Leguijt, C., & Kloek, W. 1998. Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 9(1), 13-20.
- Niki, E. 1990. Free radical initiators as source of water-or lipid-soluble peroxy radicals. In *Methods in Enzymology* (Vol. 186, pp. 100-108). Academic Press.
- Nowak, D., & Lewicki, P. P. 2004. Infrared drying of apple slices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5(3), 353-360.
- O'Connor, I., & O'Brien, N. 1998. Modulation of UVA light-induced oxidative stress by β -carotene, lutein and astaxanthin in cultured fibroblasts. *Journal of Dermatological Science*, 16(3), 226-230.
- Okai, Y. and Higashi-Okai, K. 1996. Possible immunomodulating activities of carotenoids in in vitro cell culture experiments. *Int. J. Immunopharmacol.* 18, 753-758
- Olaizola, M., & Huntley, M. E. 2003. Recent advances in commercial production of astaxanthin from microalgae. *Biomaterials and Bioprocessing (Fingerman, M. and Nagabhushanam, R., eds) Science Publishers*.
- Özogul, Y., & Özogul, F. 2007. Fatty acid profiles of commercially important fish species from the Mediterranean, Aegean and Black Seas. *Food Chemistry*, 100(4), 1634-1638.
- Packer, L., Witt, E. H., & Tritschler, H. J. 1995. Alpha-lipoic acid as a biological antioxidant. *Free Radical Biology And Medicine*, 19(2), 227-250.
- Panis, G., & Carreon, J. R. 2016. Commercial astaxanthin production derived by green alga *Haematococcus pluvialis*: a microalgae process model and a techno-economic assessment all through production line. *Algal Research*, 18, 175-190.
- Papas, A. M. (Ed.). 1998. Antioxidant status, diet, nutrition, and health (Vol. 9). CRC press.
- Parajo, JC, Santos, V. ve Vázquez, M. 1998. Ksilozda yetişen *Phaffia rhodozyma* hücreleri ile karotenoid üretiminin optimizasyonu. *Proses Biyokimyası* , 33 (2), 181-187.
- Parlak, N. 2014. Akışkan Yataklı Kurutucuda Zencefilin Kuruma Kinetiğinin İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(2).

- Pashkow, F. J., Watumull, D. G., & Campbell, C. L. 2008. Astaxanthin: a novel potential treatment for oxidative stress and inflammation in cardiovascular disease. *The American Journal Of Cardiology*, 101(10), S58-S68.
- Pérez Farfante, I. 1988. Illustrated key to Penaeoid shrimps of commerce in the Americas. NOAA, Technical Report NMFS n. 64: 32 pp.
- Pico, Y. 2013. Ultrasound-assisted extraction for food and environmental samples. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 43, 84-99.
- Pisalkar, P. S., Jain, N. K., Pathare, P. B., Murumkar, R. P., & Revaskar, V. A. 2014. Osmotic dehydration of aloe vera cubes and selection of suitable drying model. *International Food Research Journal*, 21(1).
- Plaza, M., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. 2008. In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science & Technology*, 19(1), 31-39.
- Plaza, M., Santoyo, S., Jaime, L., Reina, GGB, Herrero, M., Señoráns, FJ, & Ibáñez, E. 2010. Alglerden biyoaktif bileşiklerin taranması. *İlaç ve Biyomedikal Analiz Dergisi*, 51(2), 450-455.
- Plaza, M., Amigo-Benavent, M., del Castillo, M. D., Ibáñez, E., & Herrero, M. 2010. Neoformation of antioxidants in glycation model systems treated under subcritical water extraction conditions. *Food Research International*, 43(4), 1123-1129.
- Plaza, M., Santoyo, S., Jaime, L., Avalo, B., Cifuentes, A., Reglero, G., ... & Ibáñez, E. 2012. Comprehensive characterization of the functional activities of pressurized liquid and ultrasound-assisted extracts from *Chlorella vulgaris*. *LWT-Food Science and Technology*, 46(1), 245-253.
- Pragya, N., Pandey, K. K., & Sahoo, P. K. 2013. A review on harvesting, oil extraction and biofuels production technologies from microalgae. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 159-171.
- Preston-Thomas, H. 1990. The international temperature scale of 1990 (ITS-90). *Metrologia*, 27(1), 3.
- Rao, A. R., Sindhuja, H. N., Dharmesh, S. M., Sankar, K. U., Sarada, R., & Ravishankar, G. A. 2013. Effective inhibition of skin cancer, tyrosinase, and antioxidative properties by astaxanthin and astaxanthin esters from the green alga *Haematococcus pluvialis*. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 61(16), 3842-3851.
- Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal Of Food Engineering*, 49(4), 311-319.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology And Medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Richardson, P. (Ed.). 2001. Thermal technologies in food processing. Taylor & Francis.

- Ruttanapornvareesakul, Y., Somjit, K., Otsuka, A., Hara, K., Osatomi, K., Osako, K., ... & Nozaki, Y. 2006. Cryoprotective effects of shrimp head protein hydrolysate on gel forming ability and protein denaturation of lizardfish surimi during frozen storage. *Fisheries Science*, 72(2), 421-428.
- Sachindra NM, Bhaskar N, Mahendrakar NS. 2005. Recovery of carotenoids from shrimp waste in organic solvents. *Waste Manage.* 2006;26:1092-1098. doi: 10.1016/j.wasman.2005.07.002.
- Saldamlı, İ. 2007. *Gıda Kimyası*. Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Sastry, SK ve Barach, J.T. 2000. Ohmik ve endüktif ısıtma. *Gıda bilimi dergisi* , 65 , 42-46.
- Stahl, W. et al. 2000. Carotenoids and carotenoids plus vitamin E protect against ultraviolet light-induced erythema in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 71, 795–798 23
- Shahidi, F. ve Amarowicz, R. 1996. Proteinlerin antioksidan aktivitesi sucul türlerden hidrolize olur. *Amerikan Petrol Kimyacıları Birliği Dergisi* , 73 (9), 1197-1199.
- Shahidi, F., Han, XQ ve Synowiecki, J. 1995. Capelin (*Mallotus villosus*) 'dan protein hidrolizatlarının üretimi ve özellikleri. *Besin kimyası* , 53 (3), 285-293.
- Shimidzu, N., Goto, M., & Miki, W. 1996. Carotenoids as singlet oxygen quenchers in marine organisms. *Fisheries science*, 62(1), 134-137.
- Silva, A. K. N. D., Rodrigues, B. D., SILVA, L. H. M. D., & RODRIGUES, A. M. D. C. 2018. Drying and extraction of astaxanthin from pink shrimp waste (*Farfantepenaeus subtilis*): the applicability of spouted beds. *Food Science and Technology*, (AHEAD).
- Starmans, D. A., & Nijhuis, H. H. 1996. Extraction of secondary metabolites from plant material: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 7(6), 191-197.
- Stewart, J. S., Lignell, Å., Pettersson, A., Elfving, E., & Soni, M. G. 2008. Safety assessment of astaxanthin-rich microalgae biomass: Acute and subchronic toxicity studies in rats. *Food And Chemical Toxicology*, 46(9), 3030-3036.
- Storebakken, T., Sørensen, M., Bjerkeng, B., Harris, J., Monahan, P., & Hiu, S. 2004. Stability of astaxanthin from red yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhous*, during feed processing: effects of enzymatic cell wall disruption and extrusion temperature. *Aquaculture*, 231(1-4), 489-500.
- Suganya, T., & Renganathan, S. 2012. Optimization and kinetic studies on algal oil extraction from marine macroalgae *Ulva lactuca*. *Bioresource Technology*, 107, 319-326.
- Sun, D. W. 2012. Thermal food processing: new technologies and quality issues. Crc Press.
- Sun, H., Ge, X., Lv, Y., & Wang, A. 2012. Application of accelerated solvent extraction in the analysis of organic contaminants, bioactive and nutritional compounds in food and feed. *Journal of Chromatography A*, 1237, 1-23.
- Syahrul, S., Dincer, I., & Hamdullahpur, F. 2003. Thermodynamic modeling of fluidized bed drying of moist particles. *International Journal of Thermal Sciences*, 42(7), 691-701.

- Synowiecki, J., & Al-Khateeb, N. A. A. Q. 2000. The recovery of protein hydrolysate during enzymatic isolation of chitin from shrimp Crangon crangon processing discards. *Food Chemistry*, 68(2), 147-152.
- Tang, G. Y., Yang, C., Chai, J. C., & Gong, H. Q. 2004. Joule heating effect on electroosmotic flow and mass species transport in a microcapillary. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47(2), 215-227.
- Tokuoka, M., Sawamura, N., Kobayashi, K., & Mizuno, A. 2010. Simple metabolite extraction method for metabolic profiling of the solid-state fermentation of *Aspergillus oryzae*. *Journal Of Bioscience And Bioengineering*, 110(6), 665-669.
- Topuz, O. K., Yerlikaya, P., Uçak, İ., Gümüş, B., Büyükbenli, H. A., & Gökoğlu, N. 2015. Influence of pomegranate peel (*Punica granatum*) extract on lipid oxidation in anchovy fish oil under heat accelerated conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 625-632.
- Torissen, O.J. et al. 1989. Pigmentation of salmonids – carotenoid deposition and metabolism. *CRC Crit. Rev. Aquat. Sci.* 1, 209–225 25
- Torrissen, O. J. and Christiansen, R., 1995. Requirements for carotenoids in fish diets, *J. Appl. Ichtiol.*, 11: 225-230.
- Tume, R. K., Sikes, A. L., Tabrett, S., & Smith, D. M. 2009. Effect of background colour on the distribution of astaxanthin in black tiger prawn (*Penaeus monodon*): Effective method for improvement of cooked colour. *Aquaculture*, 296(1-2), 129-135.
- Turujman, S. A., Wamer, W. G., Wei, R. R., & Albert, R. H. 1997. Rapid liquid chromatographic method to distinguish wild salmon from aquacultured salmon fed synthetic astaxanthin. *Journal of AOAC International*, 80(3), 622-632.
- Uauy, R., & Valenzuela, A. 2000. Marine oils: The health benefits of n-3 fatty acids. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 16(7-8), 680-684.
- Ülger P. 1986. Ürün İşleme İkeleri ve Makinaları. TZD Kurumu Yayınları, No. 37, 196 s. Ankara.
- Vatai, T., Škerget, M., Knez, Ž., Kareth, S., Wehowski, M., & Weidner, E. 2008. Extraction and formulation of anthocyanin-concentrates from grape residues. *The Journal of Supercritical Fluids*, 45(1), 32-36.
- Vercet, A., Sánchez, C., Burgos, J., Montañés, L., & Lopez Buesa, P. L. 2002. The effects of manothermosonication on tomato pectic enzymes and tomato paste rheological properties. *Journal of Food Engineering*, 53, 273–278. [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00165-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00165-0)
- Yao, L. X., Gerde, J. A., Wang, T. 2012. Oil extraction from microalga *Nannochloropsis* sp with isopropyl alcohol. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 89 (12), 2279-2287
- Yeşilayer, N., Doğan, G., Erdem, M. 2008. Balık yemlerinde doğal karotenoid kaynaklarının kullanımı. *Journal of FisheriesSciences.com*, 2(3), 241-251.

- Yongsawatdigul, J., & Gunasekaran, S. 1996. Microwave-vacuum drying of cranberries: Part I. Energy use and efficiency. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20(2), 121-143.
- Yuan, J. P., & Chen, F. 1998. Chromatographic separation and purification of trans-astaxanthin from the extracts of *Haematococcus pluvialis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(8), 3371-3375.
- Wang, C., Armstrong, D. W., & Chang, C. D. 2008. Rapid baseline separation of enantiomers and a mesoform of all-trans-astaxanthin, 13-cis-astaxanthin, adonirubin, and adonixanthin in standards and commercial supplements. *Journal of Chromatography A*, 1194(2), 172-177.
- Wang, L., & Weller, C. L. 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17(6), 300-312.
- Wang, G., & Wang, T. 2012. Lipid and biomass distribution and recovery from two microalgae by aqueous and alcohol processing. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(2), 335-345.
- Wang, L., Yang, B., Du, X., & Yi, C. 2008. Optimisation of supercritical fluid extraction of flavonoids from *Pueraria lobata*. *Food chemistry*, 108(2), 737-741.
- Ziegler, T. 1991. Approximate density functional theory as a practical tool in molecular energetics and dynamics. *Chemical Reviews*, 91(5), 651-667.
- Zhang, B. Y., Geng, Y. H., Li, Z. K., Hu, H. J., & Li, Y. G. 2009. Production of astaxanthin from *Haematococcus* in open pond by two-stage growth one-step process. *Aquaculture*, 295(3-4), 275-281.

ÖZGEÇMİŞ



Cavit AKTAR
cavitaktar@gmail.com

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2015 – 2019	Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Bölüm. / Antalya
Lisans	Anadolu Üniversitesi
2005-2009	İktisat Fakültesi Maliye Bölümü

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Belediye Başkan Yardımcısı	Finike Belediye Başkanlığı
2019 – Devam ediyor.	İmar ve Şehircilik Müdürlüğü
Mali Hizmetler Müdürü	Muratpaşa Belediye Başkanlığı
2017-2018	Mali Hizmetler Müdürlüğü
Muhasebe Şefi	Muratpaşa Belediye Başkanlığı
2016-2017	Mali Hizmetler Müdürlüğü
Mutemet	Muratpaşa Belediye Başkanlığı
2014-2016	İnsan Kaynakları ve Eğitim Müdürlüğü
Muhasebe Yetkilisi Yardımcısı	Burdur Karamanlı Belediye Başkanlığı
2013-2014	Mali Hizmetler Müdürlüğü
Astsubay	Türk Silahlı Kuvvetleri
2003-2013	Kara Kuvvetleri Komutanlığı