



**KURU PRINADAN ZEYTİNYAĞI ÖZÜTLENMESİNDE KARIŞTIRMA
YÖNTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ İLE YAĞ ÖZÜTLEME
VERİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

Zehra Betül SARIHAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

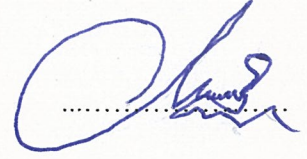
HAZİRAN 2017

Zehra Betül SARIHAN tarafından hazırlanan “KURU PRİNADAN ZEYTİNYAĞI ÖZÜTLENMESİNDE KARIŞTIRMA YÖNTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ İLE YAĞ ÖZÜTLEME VERİMİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. S. Ferda MUTLU

Kimya Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

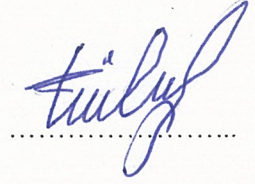
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Başkan: Prof. Dr. Tülay DURUSOY

Kimya Mühendisliği, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Prof. Dr. İrfan AR

Kimya Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.



Tez Savunma Tarihi: 29/ 06 / 2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Zehra Betül SARIHAN

29 / 06 / 2017

KURU PRİNADAN ZEYTİNYAĞI ÖZÜTLENMESİNDE KARIŞTIRMA YÖNTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ İLE YAĞ ÖZÜTLEME VERİMİNİN

ARAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Zehra Betül SARIHAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2017

ÖZET

Prina; zeytinyağı üretimi artıklarından olup, hala yağ içeren zeytin eti ve çekirdeğidir; biyokütle olarak kullanımı yaygındır. Prina yağı yapı olarak zeytinyağıyla oldukça benzeşmektedir ve yanma gazındaki CO₂ derişimi %50 değerini bulabilmektedir. Prinanın içerdiği yağ bir çözücü ile özütlenerek sabun yapımında kullanılır, böylece biyokütle olarak kullanımında neden olduğu salımın azalması amaçlanır. Ancak prina yağı düşük ticari getirisi olan bir yağdır ve yağ kazanım süreci maliyetlidir. Bu amaçla kalan yağ daha etkin, daha verimli ve daha ekonomik yöntemlerle özütlenmelidir. Günümüzde uygulanan teknikle prinadan yeterli oranda yağ alınamamakta, yağın büyük kısmı prina yapısında kalmaktadır. Bu nedenle farklı bir teknik uygulayarak küçük süreç yatırımıyla daha büyük kazançlar elde edileceği düşünülmektedir. Güncel olarak kullanılan sistemde % 6-9 yağ içeren ham prinanın özütleme işlemi sonrasında, prinada kalan yağ miktarı %5 kadardır. Prinadan kütle aktarılmasını artırmak için etkileşim alanını artırmanın en ekonomik yöntem olduğu belirlenmiştir. Bu amaç için prina tankının içine karıştırıcı koymanın etkili olacağı belirlenmiştir. Güncel yöntem olan vakum altında prina yıkanması ile karıştırmalı sistem karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu sistemde karıştırıcının getireceği maliyeti hafifletmek için her yıkama işleminde taze çözücü kullanmak yerine; bir önceki yıkama sistemi çıkışında elde edilen yağ-hegzan çözeltisi kullanılmıştır. Karıştırmanın sistem verimini artırdığı belirlenerek, karıştırma süreleri karşılaştırılmış ve en uygun karıştırma koşulları belirlenmiştir. Karıştırmalı sistem uygulandığında prinada kalan yağ miktarı % 2,6'dır. Geliştirilen süreç hem ekonomik açıdan hem de daha verimli oluşuyla günümüzde kullanılan süreçten daha üstündür. Bu koşullar göz önüne alınarak; güncel süreç ile karşılaştırıldığında tercih edilebilirliği yüksektir.

Bilim Kodu : 91202

Anahtar Kelimeler : Prina, Prina Yağı, Özütleme, Karıştırıcı

Sayfa Adedi : 77

Danışman : Doç. Dr. S. Ferda MUTLU

INVESTIGATION OF OIL EXTRACTION EFFICIENCY WITH THE DEVELOPMENT OF MIXING METHODS IN OLIVE OIL EXTRACTION FROM DRY OLIVE POMACE

(M. Sc. Thesis)

Zehra Betül SARIHAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2017

ABSTRACT

Olive pomace is olive oil production residue which contain olive pulp and seed and its usage as biomass is common. Olive pomace oil is very similar to olive oil as composition and concentration of CO₂ in combustion gas reach about 50%. The oil which is contained in olive pomace is used for making soap by the extraction of a solvent, therefore; its emission that is the result of its usage as biomass is aimed to be reduced. However, Olive pomace oil is oil that has low commercial profit and oil recovery process is costly. For this purpose, residual oil have to be extracted more effective, more efficient and more economical methods. With the techniques implemented nowadays, enough amount of oil is not able to be obtained from olive pomace, a large amount of oil remains within olive pomace. For that reason, more profits are thought to be achieved by implementing different techniques, small process investment. In current system, after the extraction process of raw olive pomace, which contains 6-9 % oil, the percentage of oil that remains in olive pomace is 5 %. The increase of interaction zone is determined as the most economical method so as to increase mass transfer from olive pomace. For this purpose, placing a mixer into olive pomace tank is determined to be effective. The leaching of olive pomace under vacuum which is a current method and mixing system has been compared. Additionally, to lessen the cost of mixing in this system, oil hexane solution which is obtained from the previous washing output process has been used instead of fresh solvent after every washing procedure. Having been observed, the increase of system efficiency thanks to mixing, mixing times have been compared and optimal comparing conditions have been identified. When the mixing system is implemented, the percentage of oil remains within olive pomace is 2,6 %. Developed system is superior to the process that has been used in current in terms of both economical aspect and being more efficient. Taking these conditions into consideration, when it is compared with the current process, its preferability is high.

Science Code : 91202

Key Words : Olive pomace, Olive pomace oil, Extraction, Mixing process

Page Number : 77

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. S. Ferda MUTLU

TEŞEKKÜR

Bu tez kapsamındaki deneysel çalışmaları yönlendirerek, fikir ve görüşleri ile tezin olgunlaşmasında ve gerçekleşmesinde desteğini esirgemeyen okulumuz değerli hocalarından, tezimin her aşamasında beni yönlendiren, bilgi birikimini benimle paylaşan değerli Doç. Dr. S. Ferda MUTLU ve Gebze Teknik Üniversitesi'nde görevim sürecinde desteğini ve yardımını esirgemeyen ve bana her daim anlayış gösteren değerli danışmanın Prof. Dr. Ahmet KARAGÜNDÜZ' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez sürecimi beraber geçirdiğimiz, desteğini ve güler yüzünü esirgemeyen, eşi benzeri bulunmaz sevgili arkadaşlarım Hilal Seda DEMİREL, Gizem KEVRAN, Çisel ŞENGİZER ve Işıl ÇELİK'e, büyük fedakarlıklarla beni destekleyen, her zorlukta yanımda olduğunu bildiğim değerli eşim Necati Yiğit SARIHAN'a ve teyzem Sena ARMAN'a, tüm eğitim hayatım boyunca karşılaştığım her zorlukta koşulsuz yanımda olan, destekleri ile güçlendiğim, bugünümün mimarları canım annem Emine ARMAN ÖCAL ve canım babam Fazlı ÖCAL'a sonsuz saygı ve sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. ZEYTİN VE PRİNA	3
2.1. Zeytin ve Zeytinyağı	3
2.1.1. Zeytinden zeytinyağı eldesi.....	4
2.1.2. Zeytinyağı türleri.....	6
2.2. Türkiye ve Dünyada Zeytin.....	6
2.3. Prina	7
2.4. Türkiye ve Dünyada Prina.....	9
2.5. Prina Kullanım Alanları	10
2.5.1. Prina yağı	11
3. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	13
3.1. Prinadan Yağ Eldesi	13
3.1.1. Zeytinden prina eldesi	13
3.1.2. Prinanın depolanması	15
3.1.3. Prinanın kurutulması	16
3.1.4. Prinadan yağ özütleme	17

	Sayfa
3.1.5. Yağın çözücünden ayrılması	18
3.1.6. Prina yağının depolanması	18
3.2. Kullanılan Prina İşleme Süreçleri	19
3.2.1. Modern sistemde prina işlenmesi.....	19
3.2.2. Klasik sistemde prina işlenmesi	20
3.3. Uygulanabilecek Karıştırma Sistemleri	21
3.3.1. Z kollu karıştırıcı.....	22
3.3.2. Pedallı karıştırıcı	22
3.3.3. Sarmal pedallı karıştırıcı	23
3.3.4. T kollu karıştırıcı.....	24
3.3.5. Burgu karıştırıcı	25
3.3.6. V tipi karıştırıcı	26
3.3.7. Uygun karıştırıcının belirlenmesi.....	27
3.4. Süreçte Kullanılabilecek Çözgenler	28
3.4.1. Petrol eteri	28
3.4.2. Hegzan.....	29
3.4.3. Heptan	30
3.4.4. Uygun çözücünün belirlenmesi.....	30
3.5. Özütleme	30
3.5.1. Özütlemeye etki eden faktörler	31
3.5.2. Çözücü seçimi	32
4. MATERYAL VE YÖNTEM	35
4.1. Yaklaşım.....	35
4.2. Kullanılan Donanımlar	35
4.2.1. Soxhlet Aygıtı	35
4.2.2. Karıştırıcı.....	36

	Sayfa
5. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	39
5.1. Soxhlet Aygıtı ile Yağ Tayini	39
5.2. Hegzan ile Prina Yıkama	40
5.3. İdeal Karıştırma Süresinin Belirlenmesi	42
5.4. Karıştırmanın Sistem Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi	43
6. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA.....	45
6.1. Soxhlet Aygıtı ile Yağ Tayini Bulguları	45
6.2. Hegzan ile Prina Yıkama Bulguları	45
6.3. Karıştırma Süresinin Belirlenmesi	49
6.4. Karıştırmanın Sistem Üzerindeki Etkilerinin Bulguları.....	51
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	55
7.1. Soxhlet Aygıtı Performansının Değerlendirmesi	55
7.2. Hegzan ile Prina Yıkama Performans Değerlendirmesi	55
7.3. Karıştırma Sürelerinin Performans Değerlendirmesi	56
7.4. Karıştırmalı Sistem Performans Değerlendirmesi.....	57
7.5. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Öneriler.....	57
KAYNAKLAR	61
EKLER.....	65
EK-1. 1928 Yılından kalma meclis tutanağı.....	66
EK-2. Soxhlet aygıtı için yapılan hesaplamalar	67
EK-3. Hegzan ile yıkama için yapılan hesaplamalar	68
EK-4. İdeal karıştırma süresi hesaplamaları	71
EK-5. Karıştırmanın sistem üzerindeki etkileri hesaplamaları	74
ÖZGEÇMİŞ	76
DİZİN.....	77

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Ham prina bileşenleri.....	9
Çizelge 3.1. Taze prina ve işlenmiş prina içeriklerinin karşılaştırılması.....	13
Çizelge 6.1. Soxhlet aygıtı ile yağ tayini bulguları.....	45
Çizelge 6.2. Hegzan ile 10 dakika yıkama verileri	47
Çizelge 6.3. Hegzan ile 15 dakika yıkama verileri	49
Çizelge 6.4. Karıştırma süresi verileri	51
Çizelge 6.5. Karıştırmanın sistem üzerindeki etkileri.....	53
Çizelge 7.1. Sonuçların karşılaştırılması	59

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Zeytin meyvesinin yapısı.....	3
Şekil 2.2. Türkiye'deki toplam zeytinlik alan ve ağaç sayısı	7
Şekil 2.3. Zeytin ürünleri ve süreçleri.....	8
Şekil 3.1. Zeytin işleme süreci.....	15
Şekil 3.2. Prina yağı damıtma birimi	18
Şekil 3.3. Modern prina işleme sistemi.....	20
Şekil 3.4. Klasik prina işleme sistemi.....	21
Şekil 4.1. Soxhlet aygıtı	36
Şekil 6.1. Hegzan ile 10 dakika yıkama sonuçları	46
Şekil 6.2. Hegzan ile 15 dakika yıkama sonuçları	48
Şekil 6.3. Karıştırma süresinin belirlenmesi	50
Şekil 6.4. Karıştırmanın sistem üzerinde etkilerinin bulguları	52

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Kuru prina.....	11
Resim 3.1. Z kollu karıştırıcı	22
Resim 3.2. Pedallı karıştırıcı.....	23
Resim 3.3. Sarmal pedallı karıştırıcı.....	24
Resim 3.4. T kollu karıştırıcı	25
Resim 3.5. Burgu karıştırıcı.....	26
Resim 3.6. V tipi karıştırıcı.....	27
Resim 4.1. Heidolph karıştırıcı	37
Resim 5.1. Soxhlet aygıtı deney düzeneği	39
Resim 5.2. Hegzan ile yıkama deney düzeneği	41
Resim 5.3. Karıştırma deney düzeneği	42

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

mmHg

Milimetre civa

mL

Mililitre

g

Gram

°C

Derece Celcius

%

Yüzde

cm

Santimetre

kg

Kilogram

S

Siemens

min

Dakika

Kısaltmalar

Açıklamalar

FAO

Food and Agriculture Organization of the United Nations

rpm

revolution per minute

1. GİRİŞ

Prina; zeytinyağı fabrikalarının bir yan ürünü olup, ekonomik çevre dostu bir yakıttır ve kullanılabilir bazı bileşikleri çıkarıldıktan sonra zeytinden geriye kalan alt üründür. Apartmanlarda, fırınlarda, sıcak su ve buhar kazanlarında yakıt olarak tercih edilmektedir. Yakıt olarak kullanılacak prinanın kaynağı önemlidir. Az miktarda yağ içeren prinanın kalori değeri daha yüksek olabilir ancak iyi bir yanma sağlamaz. Yağ aynı zamanda nemlilik içerdiği anlamına da geleceğinden verimsiz yanma, baca ve kazan çeperlerinde birikmelere yol açar. Bu nedenle önce yağsızlaştırılması gerekmektedir. Prina yağı ise ağırlıklı olarak sabun, şampuan gibi kozmetik ve dermokozmetik ürünlerde zeytinyağı yerine kullanılır [1].

Prina ticari getirisi düşük olan bir üründür. Bu nedenle prina işleme tesisleri genellikle zeytin işleme ve zeytinyağı tesislerinin devamı niteliğindedir. Yatırım maliyetini geri ödeme süresi uzun olacağından bu tesislerde geliştirilme yapılması yeğlenmemiş ve güncel teknoloji değiştirilmemiştir.

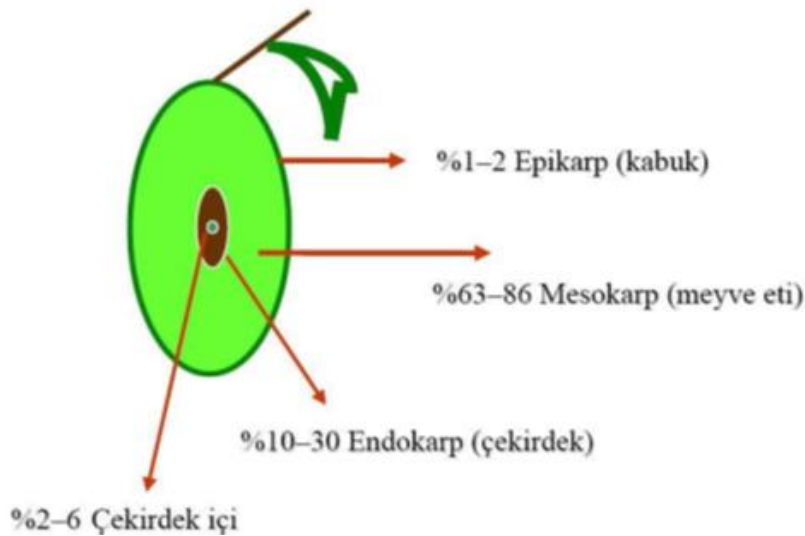
Bu çalışmada amaçlanan; prina işleme sürecinin küçük teknolojik yatırımlar ile veriminin yükseltilmesi böylelikle hem elde edilen prina yağı miktarını artırmak hem de yakıt olarak kullanılacak prinanın çevreye olumsuz etkisini azaltmaktır. Bu kapsamda prinadan çözücüye kütle aktarımını artıracak yöntemler incelenmiştir ve sisteme bir karıştırıcı yerleştirilmesinin sistem verimini artıracığı belirlenmiştir.

2. ZEYTİN VE PRİNA

2.1. Zeytin ve Zeytinyağı

Zeytin ağacı (*olea europaea*), zeytingiller (*Oleaceae*) familyasından; meyvesi yenen, Akdeniz iklimine özgü bir ağaç türüdür ve Akdeniz'i çevreleyen ülkelerde geniş bir alana yayılmıştır. Zeytin ağacı; günümüzden 8000 yıl öncesine dayanır. Doğanın ilk ağacı olarak bilinir ve en kötü koşullarda bile yaşayabilir. 6 yaşından itibaren ekonomik olarak ürün vermeye başlar ve 80-100 yaşlarına erişebilir. Yurdumuzda zeytinlikler genel olarak eğimli, dağlık ve yamaç arazilerde yer almaktadır [2].

Zeytin; botanik açıdan sert çekirdekli meyveler grubunda yer alır ve Şekil 2.1'de gösterildiği gibi çekirdeğinde tek bir tohum bulundurmaktadır. Diğer meyvelere göre küçük, eliptik yapıdan yuvarlak yapıya doğru giden, ortalama 1 - 4 cm boya ve 0.6 - 2 cm meyve enine sahip olan zeytin, perikarp (etli kısım) ve endokarptan (çekirdek) oluşmuştur. Perikarp ise epikarp (kabuk) ve mezokarptan (etli kısım) oluşmaktadır. Meyve eti meyvenin yaklaşık % 68-83'ünü, çekirdek % 13-30'unu, meyve kabuğu % 1-2'sini oluşturmakta, zeytinde bulunan yağın önemli bir kısmı mezokarp kısmında, var olan suyla kısmi asıltı durumunda bulunmak-tadır. Zeytindeki su oranı % 70'lere kadar çıkabilse de genellikle % 50 dolaylarında bulunmaktadır. Meyvede % 1,6 protein, % 20 yağ, % 20 karbonhidrat, % 5-6 selüloz, % 1,5 kül de yer almaktadır [3].



Şekil 2.1. Zeytin meyvesinin yapısı

Zeytinden üretilen en önemli ürün şüphesiz ki sıvı altın olarak bilinen zeytinyağıdır. Zeytinyağı; zeytin meyvesinin mekanik yollarla işlenmesiyle elde edilen, bitkisel yağlar içerisinde fiziksel yöntemlerle doğal olarak üretilip tüketilebilen tek yağdır [4].

Hammaddesinin üretimi sırasında fazlaca el emeğine gerek gösterir. Hammaddeden elde edilmiş aşamasında diğer tohum yağlarıyla karşılaştırıldığında ayrıcalıklı bir teknoloji gerektirir [5]. Beslenme yönünden gösterdiği üstün özelliklere bağlı olarak doğal durumda tüketilebilmesi, bir meyve suyu olması nedeniyle, diğer bitkisel sıvı yağlarla karşılaştırıldığında her zaman daha yüksek bir ekonomik değer bulmuştur [6].

Dünyada zeytinyağı üretiminin %90'ına sahip ülkeler; İspanya, İtalya, Yunanistan, Tunus, Türkiye, Suriye ve Fas'tır. Türkiye % 5 ile dünya üretiminde beşinci sırada yer almaktadır [7].

2.1.1. Zeytinden zeytinyağı eldesi

Zeytin işleme teknolojisinin ilkesi; temel olarak zeytin etindeki hücrelerde oluşan yağı açığa çıkarmak ve bu yağı zeytinin diğer bileşenlerinden ayırmaktır. Zeytin meyvesinin yaklaşık % 40-55'i zeytin özsuğu, % 18-32'si zeytinyağı, % 14-22'si çekirdektir [5].

Zeytin tanelerinin, yağ randımanı ve kalitesi açısından en uygun olgunluğa geldiği zaman, (genelde bu zaman olgunlaşma indeksinin 3-3,5 olduğu zamandır) hasat edilerek bekletmeksizin zeytin sıkma tesislerine getirilerek oksidatif ve mikrobiyal bozunmaya yol açmayacak şekilde bir an önce işlenmesi gerekmektedir.

Zeytinin yağa işlenmesindeki iş akışı aşağıdaki şu şekilde gerçekleşir:

- Yaprak ayırma ve yıkama
- Kırma
- Yoğurma
- Katı/sıvı faz ayrımı (pres/dekantör)
- Sıvı/sıvı faz ayrımı (dekantasyon/separatör)

Yabancı maddeler yağın kalitesini düşürdüğü gibi, tat ve koku gibi duyuşal özellikler üzerinde de olumsuz etki yarattığı için zeytin işlenmeden önce mutlaka yıkanmalıdır. Yabancı maddelerden arındırılan ve yıkanan zeytinlere, hücrelerinde bulunan yağ

damlacıklarının açığa çıkarılması için kırma ve ezme işlemleri uygulanır. Bunun için taş ya da metal değirmenler (kırıcılar) kullanılmaktadır. Klasik sistemlerde genelde taş değirmenler, kullanılırken, sürekli sistemlerde metal değirmenler/kırıcılar yeğlenmektedir. Metal kırıcılar, yüksek kapasitesi, az yer kaplaması, kullanım kolaylığı, ekonomik olması gibi üstünlüklerine karşılık, yüksek hızdan dolayı asıltı oluşma riski, metal parçaların aşınma riski ve hücrelerin taş değirmenlerdeki gibi tam olarak parçalanmamasından dolayı, hamurun yoğrulma/malaksör süresinin daha uzun olması gibi sakıncalara sahiptir.

Zeytin ezildikten sonra, özellikle metal değirmenler kullanıldığında, yoğrulması gerekir. Bu işlem daha sonra katı/sıvı fazların ayrılması için hamurun hazırlanmasında, önemli bir aşamadır. Yoğurma işlemi sırasında dikkat edilmesi gereken iki önemli parametre, yoğurma süresi ve hamur sıcaklığıdır. Kalite ve randıman açısından en uygun yoğurma süresinin 75-90 dakika ve hamur sıcaklığın da en yüksek 30°C olması gerekmektedir [8].

Yoğurma işlemi tamamlanan zeytin hamurunun yapısında bulunan yağ fazının ayrılması için presler ya da dekantör denilen makineler kullanılmaktadır. Sürekli sistemlerde kullanılan dekantörler iki ya da üç çıkışlı olabilmektedir. Yağ, karasu ve prina çıkan sistemler “üç fazlı” olarak adlandırılırken, yalnız yağ ve prina çıkan sistemler de “iki fazlı” olarak adlandırılmaktadır.

Zeytinyağı üretiminde perkolasyon (seçici filtrasyon) sistemi de kullanılmakta olup, bu sistemde zeytinden yağ elde edilmesi, yağın ve karasuyun çelik bıçaklara göre farklı yüzey gerilimine sahip olması ilkesine dayanmaktadır. Perkolasyon yöntemiyle yağ elde edildikten sonra kalan kısım yeniden pres ya da dekantörlerden geçirilir. Çünkü bu yöntemle zeytin hamuru içerisindeki yağın yalnız % 30’u alınabilmektedir [8].

Katı/sıvı faz ayrımından sonra, elde edilen yağ yapısında bir miktar karasu bulundurduğu için, sıvı/sıvı faz ayrımı için ayırıcılardan geçirilerek, içerisinde bulunan karasu ve yabancı maddelerden arındırılarak, daha temiz bir yağ elde edilerek depolara gönderilir.

Klasik sistemlerden sürekli sistemlere geçişte; zeytin işleme maliyetlerinin özellikle de iş gücü maliyetinin düşürülmesi ve zeytinin bahçede/depolarda bekleme süresini azaltmak, bunun için de yüksek kapasiteye sahip dekantörleri kullanarak, zeytinyağı kalitesini iyileştirmek asıl hedef olmuştur [8].

2.1.2. Zeytinyağı türleri

Üç tür zeytinyağı vardır. Bu türler Tarım Bakanlığı tarafından sınıflandırılmış ve sınırlanmıştır.

Naturel zeytin yağları: Zeytin ağacı meyvesinden doğal niteliklerinde değişikliğe neden olmayacak bir ısı ortamında, yalnız yıkama, sızdırma, santrifüj ve süzme işlemleri gibi mekanik ya da fiziksel işlemler uygulanarak elde edilen, duru, yeşilden sarıya değişebilen renkte, kendine özgü tat ve kokuda olan doğal durumunda gıda olarak tüketilebilen yağlardır [9].

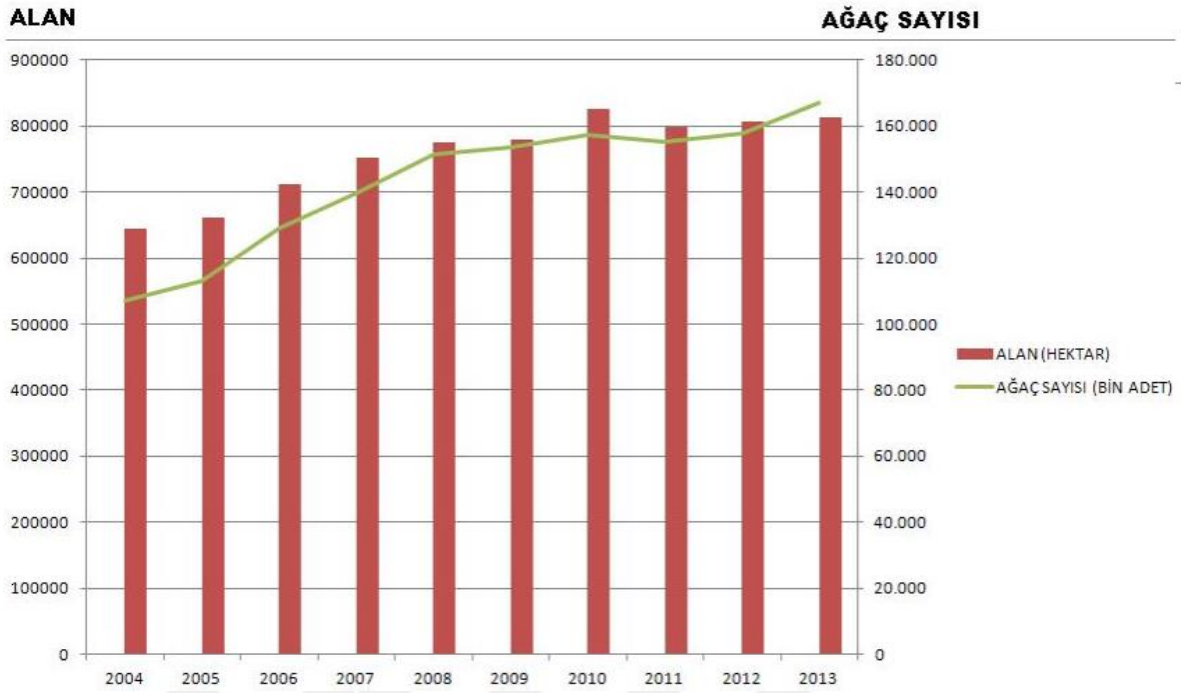
Rafine zeytin yağları: Zeytin ham yağının doğal trigliserid yapıda değişikliğe yol açmayan yöntemlerle rafine edilmeleri sonucu elde edilen, sarının değişik tonlarında rengi olan, kendine özgü tat ve kokuda bir yağdır [9].

Riviera zeytin yağı: Rafine zeytinyağı ile gıda olarak doğrudan tüketilebilecek natürel zeytinyağların karışımından oluşan, yeşilden sarıya değişen renkte, kendine özgü tat ve kokuda bir yağdır [9].

2.2. Türkiye ve Dünyada Zeytin

Türkiye’de etkin olarak kullanılan tarım arazilerinin % 2.2 ‘lik kısmı zeytin üretimi için kullanılır [10]. Özellikle Balıkesir, Muğla, Aydın, Bursa, İzmir, Çanakkale, Manisa, Hatay ve Tekirdağ yoğun olarak zeytin üretmektedir [11].

Dünyada yaklaşık 10 milyon hektar alan üzerinde 900 milyonu aşkın zeytin ağacı olduğu tahmin edilmektedir. Zeytincilikte İtalya ve İspanya başı çekmektedir [12]. Yunanistan, Türkiye, Tunus, Portekiz, Suriye; Fas ve Cezayir diğer önemli zeytin üreticisi ülkelerdir. Türkiye; dünya zeytin ağacı varlığında 4’ncü, zeytinyağı üretiminde de 5. sıradadır. Ülkemizde zeytincilik ağırlıklı olarak Ege, Marmara, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yapılmaktadır. Zeytin ağacı varlığı 131.263.255 meyve veren 32.381.751 meyve vermeyen toplam 163.645.006 adettir [13]. Şekil 2.2’de verildiği gibi zeytinlik yüzey alanı yıllar içinde belirgin bir artış göstermezken, zeytin ağacı sayısı artmaktadır.



Şekil 2.2. Türkiye'deki toplam zeytinlik alan ve ağaç sayısı [14]

FAO verilerine göre, 2000-2005 döneminde Türkiye; zeytin üretim alanı bakımından İspanya (% 16.1), İtalya (% 15.2) ve Yunanistan'dan (% 10.3) sonra % 8.7 ile 4. Sırada bulunmakta, zeytinyağı üretiminde ise 5. sırada yer almaktadır [5].

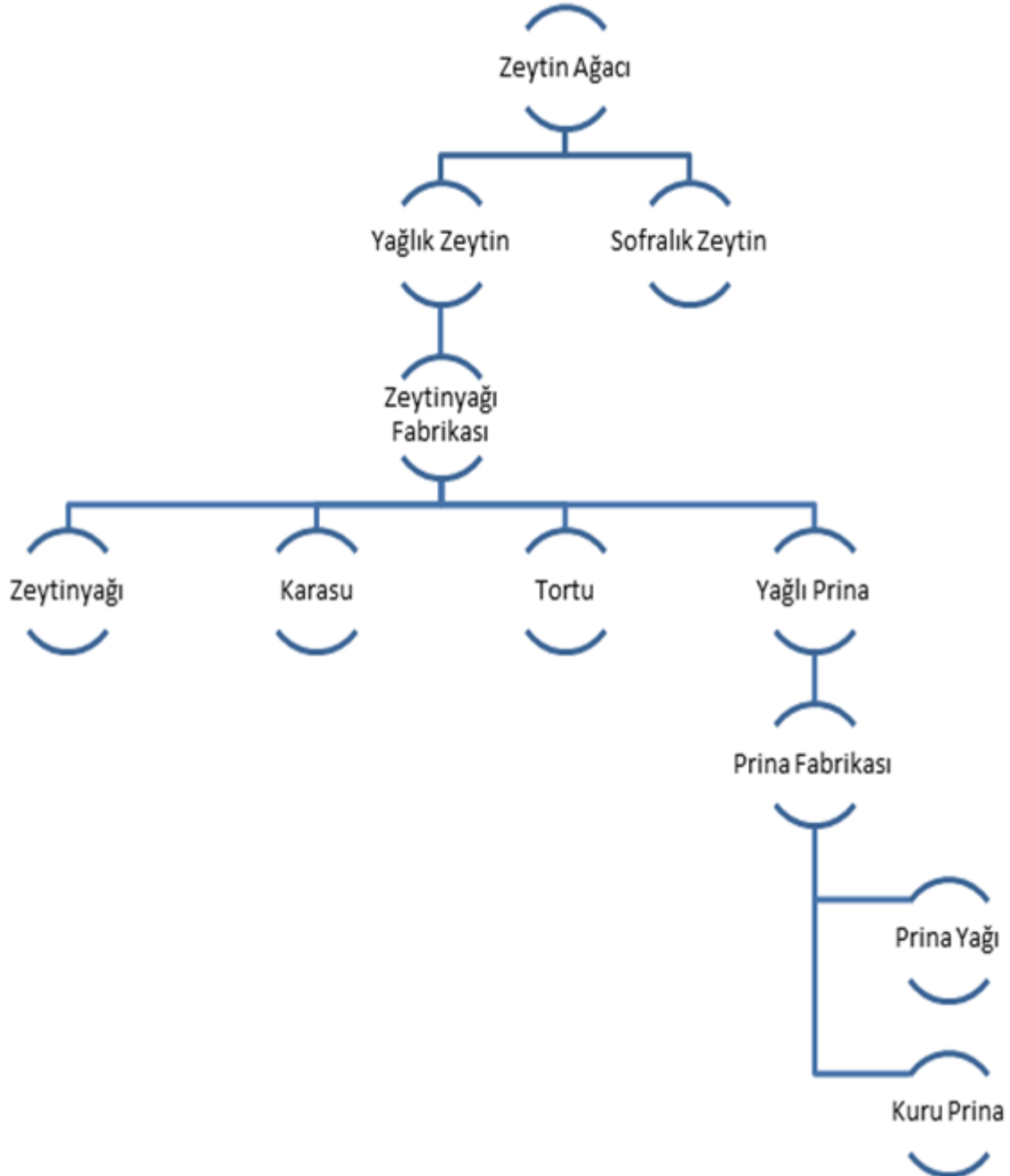
2.3. Prina

Prina zeytinyağı fabrikalarının bir artığı olup, özetle yağı ve kullanılabilir bazı bileşikleri çıkarıldıktan sonra zeytinden geriye kalan posadır. Demir, potasyum, çinko ve sodyum açısından zengindir (Çizelge 2.1).

Geleneksel hidrolik pres ya da sürekli santrifüjleme işlemi uygulayan zeytinyağı fabrikalarından elde edilmesine bağlı olarak iki prina çeşidi bulunmaktadır. Bu iki çeşit prina sırasıyla %25-30 ve % 45-55 nem içermeleri ile birbirinden ayrılmaktadır.

Zeytinden elde edilecek prina ve yağ miktarı her ne kadar yetiştirme tekniğine, zeytin türü ve yağa işleme verimi gibi durumlara bağlı ise de, ortalama olarak 100 kg zeytinden 15-22 kg zeytinyağı ve 35-45 kg prina elde edilebilmektedir [5]. Modern sürekli sistemlerden elde edilen prina klasik sistemlerden gelen prinaya oranla daha çok nem ve daha az yağ içerdiği için daha düşük ticari değer taşımaktadır [15]. Yağlı prinayı oluşturan temel bileşenlerin su,

yağ ve katı maddeler (kabuk, meyve eti, çekirdek parçaları) olduğu, 100 kg zeytinden 40 kg'a kadar yağlı prina elde edildiği bilinmektedir. Zeytinden yağ çıkarıldıktan sonra elde edilen prinada kalan yağın daha sonra yeniden çözgen özütlemesi yolu ile bir miktar daha alındığı, elde edilen yağa “prina yağı”, kalan prinaya da “kuru prina” (Şekil 2.3) denildiği bilinmektedir [16].



Şekil 2.3. Zeytin ürünleri ve süreçleri

Çizelge 2.1. Ham prina bileşenleri [5]

Parametreler	Miktar Aralığı
pH (suda)	4.86 - 6.45
Elektriksel iletkenlik (dSm ⁻¹)	0.88 - 4.76
Organik madde (gKg ⁻¹)	848.9 - 976.0
Lignin (gKg ⁻¹)	323.0 - 556.5
Selüloz (gKg ⁻¹)	140.2 - 249.0
Hemiselüloz (gKg ⁻¹)	273.0 - 415.8
Toplam organik karbon (gKg ⁻¹)	495.0 - 539.2
Toplam Azot (gKg ⁻¹)	7.0 - 18.4
C/N oranı	28.2 - 72.9
Toplam yağ (gKg ⁻¹)	77.5 - 194.6
Suda çözülebilir karbonhidratlar (gKg ⁻¹)	12.9 - 164.0
Fosfor (gKg ⁻¹)	0.7 - 2.2
Potasyum (gKg ⁻¹)	7.7 - 29.7
Kalsiyum (gKg ⁻¹)	1.7 - 9.2
Magnezyum (gKg ⁻¹)	0.7 - 3.8
Sodyum (gKg ⁻¹)	0.5 - 1.6
Demir (gKg ⁻¹)	78 - 1462
Bakır (gKg ⁻¹)	12 - 29
Mangan (gKg ⁻¹)	5 - 39
Çinko (gKg ⁻¹)	10 - 37
Suda çözülebilir fenoller (gKg ⁻¹)	6.2 - 23.9

2.4. Türkiye ve Dünyada Prina

Prina, ülkemizde 1928 yılından beri işlenmektedir. Bu tarihten öncesinde, zeytinyağı eldesinden geriye kalan prinalar Yunanistan ve İtalya'ya gönderilerek sabun imali için kullanılmaktaydı. İthal edilen prina miktarını azaltmak ve yerli üreticiye olanak sağlamak amacıyla toplam kapasitesi 1300 ton olan 81 adet prina fabrikası açılmıştır [17]. 1928 yılından kalma bir meclis tutanağı EK-1 'de verilmiştir.

1894 yılında günlük kapasiteleri 20-250 ton arasında değişen 27 adet aktif fabrikanın olduğu belirlenmiştir. Bunlardan iki tanesi modern, geri kalanı klasik sistem ile çalışmaktadır. Son 10 yılın ortalaması olarak, yılda 260.719 ton prinanın işlendiği ve 16.262 ton da prina

yağının elde edildiği saptanmıştır [17]. Günümüzde zeytinyağı sanayi sonucu oluşan katı atık prina miktarı yılda yaklaşık 200.000 ton [5] olup, 4 adet büyük prina fabrikası ve 4 adet büyük sağlayıcı bulunmaktadır [17]. Fabrikaların yıllık kontenjanı 250.000 tondur [17]. 4 fabrikada da yağlı prinadan, prina yağı, kuru prina, pelet prina, çekirdek prina ve prina yağından sabun üretilmektedir.

1928 yılından 1984 yılına kadar prina ile ilgili ciddi gelişmeler gerçekleşmiştir. Prina fabrikalarının sayısı azalmış ancak toplam fabrika kapasitesinde büyük bir artış görülmüştür. Bu durum 1928-1984 yılları arasında prinadan yağ elde edilmesi için kullanılacak teknolojilerin geliştirildiğini düşündürmektedir. Ancak 1984 yılından günümüze kadar prina fabrikalarının toplam kapasitesi değişmeden, fabrika sayısında büyük bir düşüş gözlenmiştir. Bunun nedeni büyük ölçekli fabrikaların kurulmasıyla, daha küçük işletmelerin kapanmasıdır.

Günümüzde; Türkiye’de yıllara göre değişmekle birlikte ortalama 110 bin ton zeytinyağı, bunun 1/9’u kadar yani 12 bin ton kadar da prina yağı üretilmektedir. Kapasiteleri ortalamanın üzerinde olmasına karşın var olan 18 prina fabrikasının yalnız 4 tanesi Modern Sistemle çalışmaktadır. Bu nedenle de üretilen endüstriyel prina yağı daha çok sabun üretiminde, bir miktar da diğer sanayi dallarında kullanılmaktadır [17].

Dünya prina yağı üretiminde İspanya %70’lik oranla ilk sırada yer almaktadır. Ardından %15 oranla İtalya, Dünya prina yağı üretiminde büyük rol oynamaktadır. Türkiye’nin prina yağı üretimi ise istatistiklere yansıtacak düzeyde değildir [17].

Dünya’nın ve AB’nin büyük zeytin üreticisi ülkeleri İspanya, İtalya ve Yunanistan’da üretilen prina yağının sadece yemeklik kalitede olması ve bu ülkelerde endüstriyel prina yağının üretilmemesi dikkat çekmektedir. Bunun nedeni, söz konusu bu ülkelerde zeytinyağı teknolojisi yanında, prina yağı teknolojisinin de oldukça iyi olmasından kaynaklanmaktadır.

2.5. Prina Kullanım Alanları

Zeytinyağı üretimi bakımından yetersiz alt yapıya sahip olan ülkemizde prinadan prina yağı elde edilmesi yüksek maliyet ve yetersizliklerden dolayı tercih edilmemektedir. Bunun yerine prinanın, zeytinden yağ ayrıldıktan sonra kalan kısmı “top kömür” haline getirilmekte

ve katı yakıt olarak satılmaktadır. Resim 2.1’de yakıt olarak kullanılan kuru prina görülmektedir. Akdeniz ülkelerinde görülen önemli bir biyokütle çeşididir. Düşük maliyetle oldukça büyük miktarlarda elde edilebilmektedir. Prina Türkiye’de yalnızca yakıt olarak kullanılmaktadır.

Prinanın yaygın bulunduğu diğer Akdeniz ülkelerinde ise kullanım alanları daha geniştir. Prina yüksek lif içeriği ile hayvan yemine katkı olarak eklenebilir. 1.6 kg prinanın besin değeri 1 kg kepeğe yaklaşık olarak eşittir. Zehirli madde içermemek koşuluyla kompostlanmış olan yüksek organik madde içerikli prina bahçe bitkisi yetiştirmek ve toprağı güçlendirmekte kullanılır. Prinadan lipaz enzimi elde etmek de olasıdır. Bunun için fermentasyon süreçleri kullanılır. Aktif karbon, asetik asit ve metanol üretimi için ise hidrolize edilen prina damıtılır ancak aktif karbon üretimi asetik asit ve metanolden daha yaygındır [18]. Aktif karbon üretimi için piroliz kullanımı, yüksek lignin içeriğinden dolayı daha yaygındır. Furfural eldesi yöntemleri de geliştirilmektedir [17].



Resim 2.1. Kuru prina

2.5.1. Prina yağı

Prinadan çözücüler yardımıyla alınan yağ prina yağı olarak adlandırılır ve zeytinyağı olarak değerlendirilemez. Zeytinyağı, yalnız zeytin ağacı meyvelerinden elde edilen, hiçbir kimyasal işlem görmeden doğal hali ile tüketilebilen, oda sıcaklığında sıvı olan bir yağ iken; prina yağı: prinanın organik çözücüler ve fiziksel yöntemlerle özütlenmesi sonucu elde edilen, yeniden esterleşme işleminden geçmemiş, diğer yağlar ve karışımları ile karıştırılmamış yağlardır. Türkiye’de yıllara göre değişmekle birlikte ortalama 110 bin ton zeytinyağı, bunun 1/9’u kadar yani 12 bin ton kadar da prina yağı üretilmektedir [19]. Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Prina Yağı Tebliği (Tebliğ No: 2010/35) Madde 4’e göre prina yağı 3 kategoriye ayrılır:

Ham prina yağı: Prinanın çözücülerle özütlenmesi ya da diğer fiziksel işlemler sonucu elde edilen, reesterifikasyon işleminden geçmemiş, diğer yağlar ve karışımları ile karıştırılmamış, doğrudan tüketime uygun olmayan, rafinasyon ya da teknik amaçlı kullanıma uygun yağdır [9].

Prina yağı: Rafine prina yağı ve doğrudan tüketime uygun natürel zeytinyağların karışımından oluşan, serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her 100 gramda 1,0 gramdan fazla olmayan yağdır [9].

Rafine prina yağı: Ham prina yağının doğal trigliserit yapısında değişikliğe yol açmayan yöntemlerle rafine edilmeleri sonucu elde edilen ve serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden her 100 gramda 0,3 gramdan fazla olmayan yağdır [9].

Madde 13, c bendine göre ise “Prina yağı hiçbir koşulda zeytinyağı olarak adlandırılmaz [9]. Prina yağının en yaygın kullanımı sabun üretimindedir [20]. Zeytinyağlı sabun olarak kullanılan sabunlar çoğunlukla prina yağından imal edilir [21].

3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

3.1. Prinadan Yağ Eldesi

Mekanik yağ çıkarma işlemi tamamlanan zeytinden kalan katı kısımda kabuk, çekirdek, bir miktar meyve eti, karasu ve yağ bulunur. Taze ve işlenmiş prinanın ortalama bileşimi Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Taze prina ve işlenmiş prina içeriklerinin karşılaştırılması [22]

	Taze Prina	İşlenmiş Prina
Yağ, %	6.0 - 9.0	0.1 - 0.3
Çekirdek, %	42 - 54	9.0 - 11
Kabuk, %	10 - 11	20 - 22
Hamur, %	21 – 33	10 – 15

Bir prina işleme tesisi;

- Prinanın işlenme aşamasına kadar depolandığı bunkerler
- Prinanın nem içeriğini düşürmek için kullanılan kurutma fırını
- Prina yağının hegzanla özütlendiği özütleme kazanları
- Prina yağının hegzandan ayrıldığı damıtma imbikleri
- Damıtma imbiklerinden buharlaşan hegzanın yoğuştuğu havuzlar ya da yoğuşturucu
- Damıtma imbiklerinden buharlaşan hegzanın yoğuştuğu havuzlar ya da yoğuşturucu
- Yoğuşan hegzanın toplandığı hegzan tankları
- Hegzandan ayrılan prina yağının depolandığı günlük yağ tankları
- Elde edilen prina yağının depolandığı ana depoları

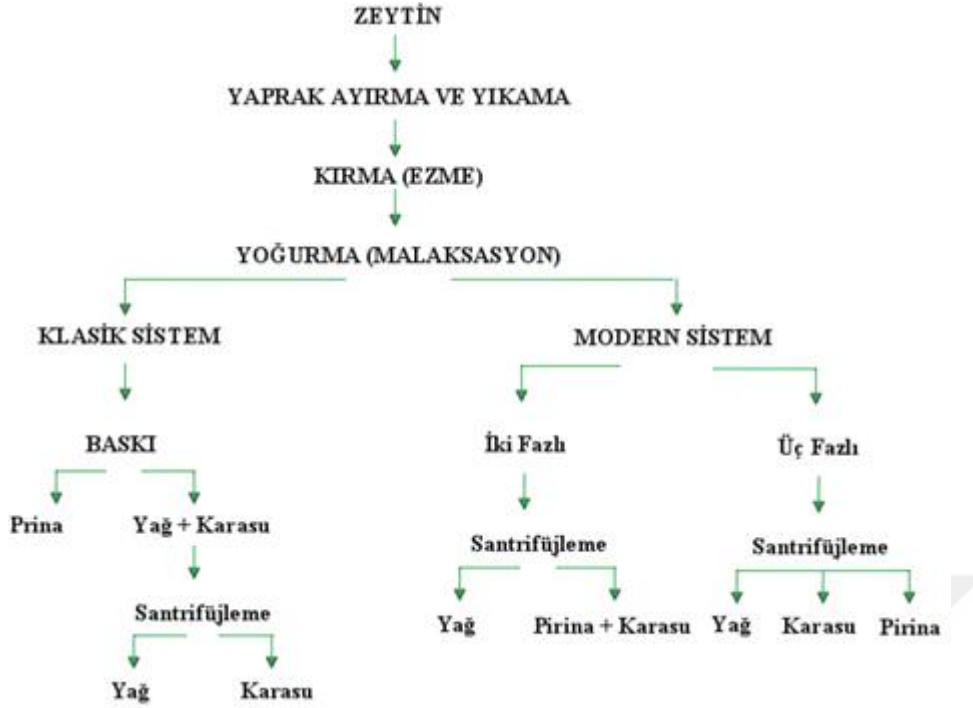
İçerir [23].

3.1.1. Zeytinden prina eldesi

Zeytin üreticisinden alınan zeytinler öncelikle yağlık ve sofralık olarak ayrılır. Ayrılan yağlık zeytinler, zeytinyağı fabrikasına gönderilir. Zeytin içerisindeki yabancı maddeler

zeytinyağının tadını ve kalitesi bozacağında öncelikle zeytinler sap ve yapraklarından ayrılır. Yoğurma sürecinin verimini artırmak için zeytinler yalnızca zeytin eti hafif parçalanacak kadar ezilir. Bu süreç elde edilmek istenen zeytinyağının kalitesine göre şekillenir. Yüksek kalite ve lezzette zeytinyağı için zeytinler taş ile elde edilirken, standart zeytinyağı üretimi için metal silindirler kullanılır. Yoğurma işlemi ile zeytinin içerdiği yağ sürtünme etkisiyle ısınır ve zeytinden ayrılması kolaylaşır. Yüksek kalite zeytinyağı üretimi için elde edilen zeytin hamuruna basınç uygulanır, katı ve sıvı faz birbirinden ayrılır. Bu aşamada katı faz prina, sıvı faz ise zeytinyağı-karasu karışımıdır. Sıvı faz santrifüjlenerek zeytinyağı karasudan ayrılır. Standart zeytinyağı üretim sürecinde ise; elde edilen zeytin hamuru iki veya üç fazlı olarak işlenir. İki fazlı sistem çıkışı süreç olarak klasik yöntemle benzerlik gösterir. Üç fazlı sistemde ise yağ ile karasu oluşum esnasında farklı yerlerde biriktirilir (Şekil 3.1). Karasu ve tortunun endüstride kullanımı yok denecek kadar azdır ancak zeytinyağı asıl ürün, prina ise yan üründür. Zeytinden elde edilecek prina ve yağ miktarı her ne kadar yetiştirme tekniğine, zeytin çeşidine ve yağa işleme gibi durumlara bağlı olsa da, ortalama olarak 100 kg zeytinden 15-22 kg zeytinyağı ve 35-45 kg prina elde edilebilmektedir [23].

Elde edilen prina bu aşamada yağlı prina olarak adlandırılır. Yağlı prina; prina işleme tesislerine gönderilir. Bu tesislerde, neminden ayrılmak için prina öncelikle kurutulur çünkü nemli prinaya çözgen işlemez. Geleneksel hidrolik pres ya da sürekli santrifüjleme işlemi uygulayan zeytinyağı fabrikalarından elde edilmesine bağlı olarak iki prina çeşidi vardır. Bu iki çeşit prina sırasıyla %25-30 ve % 45-55 nem içermeleri ile birbirinden ayrılmaktadır [18].



Şekil 3.1. Zeytin işleme süreci

3.1.2. Prinanın depolanması

Zeytinyağı üretimi yaygın olarak ve yüksek miktarda gerçekleştirilen bir süreç olduğundan dolayı prina işleme tesisleri bu iş yüküne karşılık veremeyecektir. Bu nedenle prinanın işlenmeden önce depolanması gerekmektedir. Prina yağı kimyasal özellik olarak zeytinyağına çok yakın olduğu için depolama süreci, zeytin ya da zeytinyağı depolamasına benzerlik gösterecektir. Prina, zeytin ve zeytinyağı depolanmasında kullanılacak tankların sıvı geçirgenliği olmayan maddelerden üretilmeleri yeğlenir [23]. Tankların yapımlarında kullanılan maddeler yağa karşı fiziksel ve kimyasal bir tepki göstermemelidir. Yağı bozucu koku ve tatları yapısına almamalı, oksitlenmeye neden olacak metalleri içermemelidir. Depolanan maddeyi hava ve ışıktan korumalı, sabit sıcaklıkta tutmalıdır. Prina, zeytin ve zeytin yağı depolaması için, içleri kalaylı ya da galvanizli saç bidonlar, emaye döşeli kaplar ve alüminyum depolar yeğlenir. Sıcaklık tercihen 15°C olmalıdır [24]. Depolama tankları, yer altı ve yer üstü tankları olarak 2 sınıfa ayrılabilir. Geleneksel yer altı tankları prina, zeytin ve zeytinyağı depolamasına en uygun olanlarıdır. Bu tanklar iç yüzeylerinin uygun bir maddeyle ve yeterince kaplanmaları koşulu ile; iyi bir depolama sağlar, hava ve ışıktan korur. Ayrıca sıcaklık denetimi de yalnızca tankların yerleştirildiği yer altı odasının ısıtması ile sağlandığından yerüstü tankına göre daha kolaydır. Ancak yer altı tanklarının

yapılmasında, yerleştirilmesinde, denetiminde karşılaşılan zorluklar nedeniyle bunlara seçenek olarak daha basit ve kullanımı daha kolay yer üstü tankları üretilmiştir. Yer altı tanklarını üstün kılan depolama koşulları, yer üstü tanklarında da sağlanabilir. Sağlanması en zor olan depolama koşulu sıcaklık denetimidir. Tanklar kapalı bir oda içinde değil birbirinden bağımsız durumda bulunduğundan, her tank için uygun güç kapasitesinde ayrı ısıtma sistemleri kurmak gerekecektir, bu da maliyeti artıracak bir etkidir. Zeytinyağının donma noktası -6°C ' dir [25]. Yurdumuzda zeytinin bol üretildiği iklimlerde bile kış aylarının sıcaklık ortalaması daha düşük olabilmektedir. Bu nedenle çok soğuk kış aylarında tankı, 15°C dolaylarında bir sıcaklıkta sabit tutmak için ısıtma sistemleri kurulmalıdır. Daha sıcak yaz aylarında ise bozulmaları önlemek amacıyla, ideal sıcaklığı sağlayacak soğutma sistemleri kurulması gerekir.

3.1.3. Prinanın kurutulması

Prinanın veriminin yüksek olması için içerdiği yağ oranının yüksek, nem oranının az olması istenir. Nemli prinayı çözgen etkilemez, ayrıca prinada enzimler nedeniyle serbest asitlik zaman içerisinde hızla yükselir. Yağ asitliğindeki bu artışı önlemek için prina en kısa zamanda, mümkünse elde edildiği gün prina fabrikalarına gönderilmelidir ancak fabrikaların kapasitesi her zaman yeterli olamayabilir. Kurutma işlemi ile enzim etkinlikleri de durdurulabileceğinden ve prinadan çözgenle yağ alma sürecini kolaylaştırarak, süreç verimini yükselteceğinden prinanın kurutulması oldukça büyük önem taşır [26].

Prina kurutma işlemi atmosfer basıncında gerçekleştirilir. Kurutma işlemi için çok yüksek sıcaklıklara çıkılması uygun değildir. Herhangi bir bozunmaya neden olmamak için kullanılan en yüksek sıcaklık 60°C 'dir. Ancak prina kurutulmasındaki amaç çözgenin prinaya daha iyi işlemesi değil de prinanın çekirdek kısmı ile etli kısmı ayırmak ise kurutma sıcaklığı 200°C ' ye kadar yükseltilebilir. Prinanın yağ alma işleminde ideal nem oranı olarak %15 nemlilik yeğlenir. Bu değerden daha düşük nem içeriği kurutma sürecinin maliyetini artıracak, daha yüksek nem oranı ise sistem verimini azaltacaktır. Burada prinanın alınışındaki nemi kurutma donanımının çeşidine ve verimine göre değişmekle birlikte genellikle girişte % 47-55, çıkışta ise % 8-15 dolaylarındadır.

Kurutma için iki farklı donanım kullanımı vardır. Havalı ısıtıcıda yüksek devirde dönen bıçaklar sıcak hava ile ürünü yoğurarak kısa sürede ürünü yaştan kuru şekle getirir. Bu

nedenle hızlı kurutucu olarak da bilinir. Ancak kurutma işlemi sırasında prinaya zarar vererek bir kısmını toz durumuna getirebilir [27]. Bu durum da yağ alma sürecinin verimini olumsuz etkileyecektir. Diğer seçenek olan bantlı kurutucu ise uzun süre kurutma makinesi içerisinde bekletilmesi gereken ürünlerin hareketli bir şekilde kurutma tüneli içerisinde ilerlemesi ile susuzlaştırma işlemini gerçekleştiren makinedir. Bantlı kurutma makinesi diğer sistemlere nazaran kurutma sırasında ürünün şeklinde oluşan değişimin çok daha az olmasından dolayı daha üstündür. Sistemin çalışma ilkesi kurutulacak ürünün bant üzerinde hareket ederken sıcak hava ile etkileşmesiyle iç neminin azaltılması ilkesidir. Ürünlerin sürekli hareket halinde makine içerisinde dolaşması her noktada aynı kurumayı sağlamaktadır.

3.1.4. Prinadan yağ özütleme

Özütleme; yağlı prinanın yüzeyindeki ve içindeki yağı çözücü kullanarak prinadan ayırma işlemidir. Doğal yağ eldesinden kalan zeytin küspesinden özütleme yöntemi ile prina yağı elde edilir. Kurutulmuş prinaya bir çözücü uygulandığında prina içerisindeki yağ, buhar halindeki çözücü ile alınır [28].

Kurutulan prina kurutma biriminden asansör ya da helezonlarla özütleme kazanlarına alınır. Özütleme kazanları içerisine verilen hegzan ile prinanın yağı birleşerek prinadan ayrılması sağlanır [29]. Hegzan, gaz ve sıvı durumda kapalı sistemde dolaşır. Burada kuru prina, hegzanla ıslatılarak bir anlamda ayrılma sağlanmış olur. Hegzan; benzer özütleme performansı gösteren disülfid, trietilen ve çeşitli alkoller gibi çözücülerden daha ekonomik olduğundan bu süreç için ideal çözücü kabul edilir.

Kazana alınan kuru prina, hegzanla ıslatılarak yağ ve hegzan çözeltisi elde edilmesi sağlanır. Yağ ayrıştırılması işleminde çözücü olarak kullanılan hegzan; 64-70°C arasında damıtılan ve 6 karbon atomu içeren asitlik doymuş hidrokarbonlardan oluşmuş ticari üründür [30]. Özütleme için kurutulmuş yağlı prina, hegzan ve su buharı ile işlem uygulanmak üzere özütleme kazanlarına alınır. Bu kazanlar üstten dolum kapağı yoluyla kuru prina alınan, hegzan girişi üst kısımda olan yağı alınmış prinanın çıkış kapağı, yağ+hegzan çıkışı, buhar girişi olan ısı yalıtımı yapılmış kazanlardır.

3.1.5. Yağın çözücünden ayrılması

Sıcaklığa duyarlı maddelerin sürekli damıtılması, genel anlamda bir karışımdaki bileşenleri zenginleştirmek ya da fakirleştirmek için ya da çözücülerden ayırabilmek için kullanılan bir sistemdir. Damıtma, iki veya daha fazla bileşenden oluşan bağdaşık bir sıvı karışımının buharlaştırılması sonucunda, uçuculuk farkından yararlanarak birbirinden ayrılması işlemidir. Şekil 3.2’de prina yağını damıtmak için kullanılan düzenek verilmiştir. Ayırma işlemi sırasında buhar faz, daha uçucu olan “A” bileşeni tarafından zenginleşirken sıvı faz ise kaynama sıcaklığı daha yüksek olan “B” bileşenince zenginleşir. Fakat yine de %100 “A” içeren bir buhar faz elde edilemez. Hegzan gaz durumunda birimden alınarak soğutma birimine gönderilir. Özütleme kazanlarından çıkan çözelti damıtma düzeneğine alınır. Damıtma düzeneği, buhar etkisiyle kaynamaya başlar. Hegzan, yağa kıyasla çok daha uçucu bir madde olduğu için hızla buharlaşır ve damıtma düzeneğinin tabanında yağ kalır. Damıtma sırasında prina yağının çökmesi ve hegzan gazının birimi terk etmesi mutlaka denetlenmelidir. Damıtma düzeneğinin dibindeki yağ dinlendirilmek üzere depoya gönderilir. Hegzan ise; üstten bir boru ile gaz durumunda damıtma düzeneğinden soğutma birimine gönderilir. Soğutma biriminde sıvılaştırılarak yeniden kullanılır.



Şekil 3.2. Prina yağı damıtma birimi

3.1.6. Prina yağının depolanması

İçerdiği prina ve aktif kimyasal maddelerin ısı etkisiyle kazandığı enerjiyi tümüyle kaybedene kadar kullanılması yeğlenmez. Ayrıca tortu oluşturacak maddelerin çökmesini

de beklemek gerekir. Damıtma düzeneklerinden damıtılarak alınan yağ mutlaka dinlendirilmelidir.

Katı madde giderim tekniklerinin en basiti olan imhoff hunisi şeklinde tanklar kullanılır. Bu konik tabanlı tanklar ile yer çekimi etkisiyle katı maddeler çöker ve böylelikle üst vanadan temiz rafine edilmiş tortusuz yağ alınabilir.

Tanklar yapısal açıdan prina depolama tanklarına yakın özelliklerde yeğlenmelidir. Depolama sıcaklığı için herhangi bir sınırlama yapılmamıştır ancak tasarım parametresi olarak organik maddelerin yapılarının bozulmaması için, açık hava tanklarında güneş ışınlarının ısıtıcı etkisi göz ardı edilmemelidir.

3.2. Kullanılan Prina İşleme Süreçleri

Türkiye’de kapasiteleri ortalamanın üzerinde olmasına karşın var olan 18 prina fabrikasının yalnız 4 tanesi modern sistemle çalışmaktadır. Bu nedenle de üretilen endüstriyel prina yağı daha çok sabun bir miktarda diğer sanayi dallarında kullanılmaktadır [17].

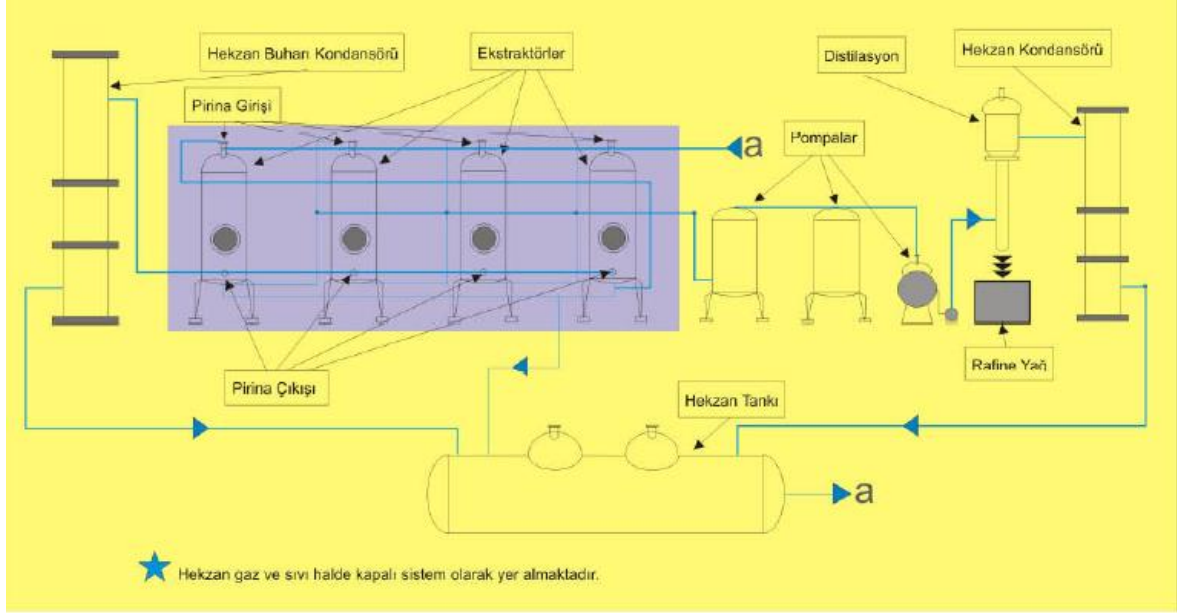
3.2.1. Modern sistemde prina işlenmesi

Günümüzde yaygın olarak modern sistemde prina işleme süreci yeğlenmektedir. Bu yöntem çözücü olarak kullanılan hegzandan tasarruf edilebilmesi nedeniyle yeğlenir (Şekil 3.3).

Donanım sayısı ve dolayısıyla donanım maliyeti klasik sistemden daha fazladır. Bu nedenle bu süreçte eniyileme parametrelerinin belirlenmesi olağan üstü önem oluşturur.

Modern süreç ile prina işleme sürecinde özütleme tanklarının sayısı oldukça önemlidir. Tankların sayısı hegzan harcanmasını önleyecek kadar çok ancak kütle aktarımını ekonomik koşulların altına düşürmeyecek kadar az olmalıdır. Günümüzde tesislerde genellikle 5 özütleme tankı kullanılır. Bu tankların her birinin içinde nemi alınmış ve hegzan ile etkileşmemiş prina bulunmaktadır. Bu açıdan bakıldığında her tankta aynı işlem yapılıyor gibi görülebilir. Tankların birbirlerinden farkı; çözücülerdir. Yalnızca ilk tankta taze çözücü kullanılırken, diğer tanklarda bir önceki tank çıkışından gelen prina+hegzan karışımı kullanılır. Tanklara çözücü yükleme yapıldıktan sonra etkileşim alanını yükseltmek için vakum uygulanması önemlidir.

Yıkama işlemi; hegzan-yağ çözeltisi son tanktan çıkana kadar sürdürülür. Yağı alınmış prinalar tanklardan boşaltılıp, tanklar taze prina ile doldurulurken; hegzan-yağ çözeltisi pompalar yardımıyla bir damıtma kulesine gönderilir. Damıtma kulesinde yağ ayrılarak depolara gönderilirken; buhar durumundaki hegzan yoğuşturucuya giderek yeniden sıvı duruma geçer. Sıvı durumdaki damıtılmış hegzan tanka gönderilerek süreç sürdürülür.



Şekil 3.3. Modern prina işleme sistemi

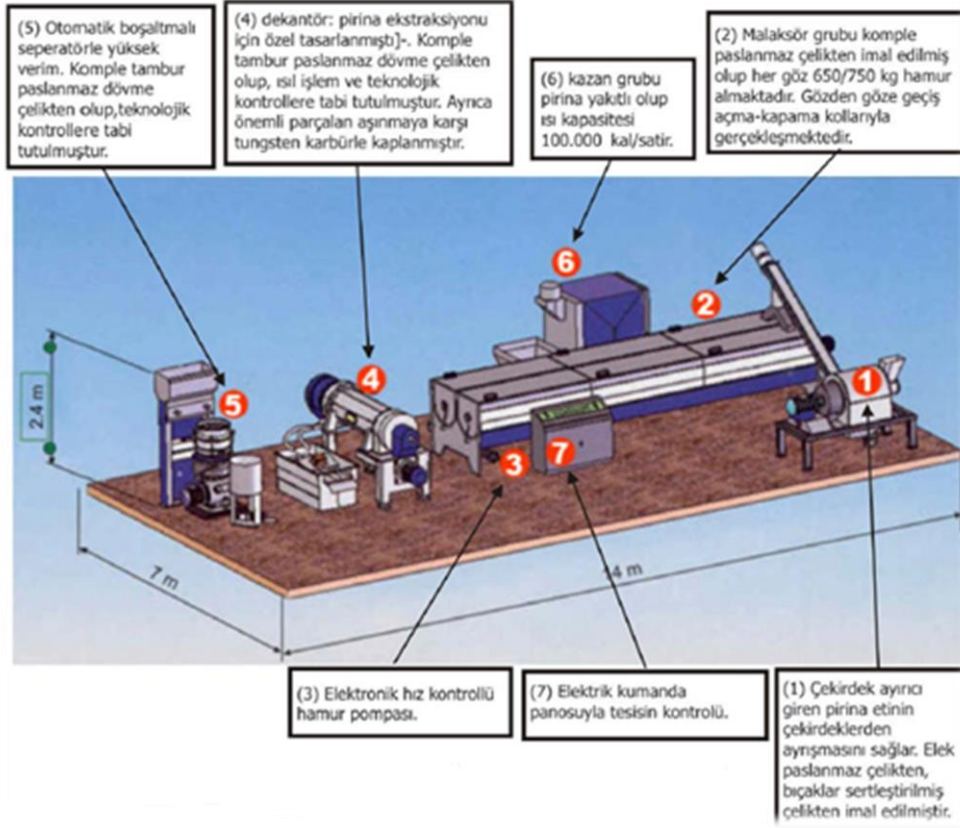
3.2.2. Klasik sistemde prina işlenmesi

Klasik sistem ile prina yağı eldesi kurutulmamış ve öğütülmemiş prinadan yağ özütlenmesinde kullanılan bir süreçtir ve günümüzde rastlanmaz olmuştur ancak temel prina yağı üretim sistemi olduğu için bilinmesi gerekmektedir (Şekil 3.4).

Prina içindeki nem, yağın bozulmasına neden olur ve sistemi verimsizleştirir. Bu nedenle kâr getirisi modern sistemin oldukça altında kalmıştır.

Bu süreçte prina öncelikle elenerek çekirdeklerinden ayrılır; böylece etkisiz kısımlar için enerji ve çözücü harcanmamış olur. Çekirdeklerinden ayrılan prina hegzan ile karıştırılarak bir hamur durumuna getirilir ve malaksör ile iyice yoğurulur. Hamur durumuna gelen prinada kütle aktarımı başlamış olur. Elde edilen hamur; bir pompa yardımıyla dozajlanarak sisteme verilir. Hegzan-yağ çözeltisini prina hamurundan ayırmak için otomatik bir ayırıcı

kullanılır. Elde edilen çözelti damıtılarak yağ ayrılır. Damıtma sırasında kullanılan enerji kaynağı olarak da prina kullanılması sistemin en önemli enerji yönetim faktörüdür.



Şekil 3.4. Klasik prina işleme sistemi

3.3. Uygulanabilecek Karıştırma Sistemleri

Kullanılan sistem veriminin artırılması; ekonominin iyileştirilmesi ve salınan salımların azaltılmasıyla hava kirliliğinin önlenmesi açısından oldukça önem taşımaktadır. Bu amaçla hedeflenen kütle aktarımının artırılması ya da hızlandırılmasıdır. Endüstrilerde hız oldukça önemli bir etkidir [29]. Sürecin iyileştirilmesi için asıl hedeflenen ise prinadan alınan yağ miktarının artırılmasıdır. Sistemin daha hızlı işlemesi birim zamanda elde edilen ürün miktarını artıracak dolayısıyla ekonomik katkı sağlayacaktır. Ancak elde edilen yağ miktarını artırmayacağı için, hem emisyonu sebep olmaya devam edecek hem de elde edilen yağ miktarı düşük olacaktır. Bu nedenle kütle aktarımının artırılmasına odaklanılmalıdır. Bu amaçla prina ile çözgenin etkileşim yüzeyini ya da etkileşim süresini artırma çalışmaları yapılmalıdır. Etkileşim yüzeyini artırmanın; prinanın parça büyüklüğünü düşürmek anlamına gelmektedir. Ancak prinanın büyüklüğü düşürüldükçe prina tozlaşma eğilimine

girer ve çözgen ile buluştuğunda çamurlaşır. Çamurlaşmış prina-çözgen karışımında kütle aktarımı olsa bile çözeltiyi ayırmak oldukça zor bir süreç olduğundan tercih edilebilirliği düşüktür. Etkileşim süresinin artırılmasının ise yeğlenebilir olması için yüksek verim getirmesi gerekir. Kütle aktarımı için yürütücü kuvvet derişim farkı olduğundan, prinadaki yağ oranı düşükçe kütle aktarımı hızı da düşecektir ve verim azalacaktır. Tüm bu koşullar göz önüne alındığında sistem içerisine bir karıştırıcı yerleştirilerek ve sürekli karıştırma yapıp daha etkili kütle aktarımı sağlanabilir. Bu amaçla katı-sıvı karışımında kullanılan karıştırıcılar incelenmiştir.

3.3.1. Z kollu karıştırıcı

Endüstriyel tesislerde hamur karıştırma amaçlı kullanılan karıştırıcılardır. Yaygın olarak et işleme, baharat karıştırma ve hamur elde edilmesinde kullanılır [31]. Bir tankın içinde bulunan Z şeklinde iki koldan oluşur (Resim 3.1). Bu kollar sürekli hareket ederek tankın dış tarafındaki maddeleri orta kısımlara doğru toplayarak aktif karıştırma sağlar. Yazında bu karıştırıcıyla ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır ancak endüstride yaygın olarak yeğlenmektedir. Karışımın yığın halindeki viskozitesi arttıkça karıştırma verimi yükselir [32]. Toz karışımı için kullanıldığında ise parçacık boyutu azaldıkça performans artar.



Resim 3.1. Z kollu karıştırıcı

3.3.2. Pedallı karıştırıcı

Bir tank içine yerleştirilen uzun çubukların üzerindeki dikdörtgen biçimli plakalardan oluşur (Resim 3.2). Tankın kapasitesine göre çubuk ve çubuk üzerindeki plakaların sayısı artırılabilir. Ancak çubuk sayısının en az iki olması önemli bir verim artışı sağlar. Karışım

yığını üzerindeki sürtünme kuvvetinin büyüklüğü, yığına kuvvet uygulanan nokta sayısı ile birlikte artacaktır. Palet sayısı ise palet boyutu ile ilgilidir. Paletler yanyana çubuklar üzerine karşılıklı yerleştirildiğinde; karışımın viskozitesine bağlı olarak paletlerin arasındaki boşluk; palet uzunluğunun $\frac{1}{4}$ 'ü ile $\frac{1}{2}$ 'si arasında değişiklik gösterebilir. Paletler çapraz yerleştirildiğinde ise viskozite, yoğunluk, eğer karışım toz ise parçacık boyutu ve tank kapasitesi ile belirlenir. Paletler çapraz yerleştirildiğinde karışım yığnında yarattığı sürtünme etkisi oldukça yüksektir, bu da paletlerin üzerinde oluşan basıncın yüksek olduğunu gösterir. Bu durumda paletlerin sık sık arızalandığı belirlenmiştir. Bu nedenle tercih edilebilirliği düşüktür. Paletli karıştırıcılar; et ve hububat işleme, hamur eldesi, baharat üretimi ve sos üretimi için kullanılabilir [33].



Resim 3.2. Pedallı karıştırıcı

3.3.3. Sarmal pedallı karıştırıcı

Yatay silindir bir tank içine yerleştirilen bir çubuk ve bu çubuk üzerine kısa bir bağlantı çubuğu ile sabitlenmiş sarmal bir pedaldan oluşur (Resim 3.3). Sarmal pedalların yalnızca merkezi çubuğa tabi olarak döndüğü ve hem merkezi çubukla beraber hem de kendi etrafında dönebildiği iki farklı tipte bulunur. Yaygın olarak yalnızca çubuk etrafında dönebildiği tip

kullanılır. Bağlantı parçalarının sabit olması pedallı direncini artırır böylelikle yığın üzerinde yarattığı sürtünme kuvvetine dayanıklılığı artır. Bağlantı parçalarının hareketli olması hem ürün maliyetini artırır hem de sürtünme kuvvetine karşı dayanıklılığı azaltır. Bu durum göz önüne alındığında; hareketli parçaların verimi yükseltmesi göz ardı edilmiş ve kullanımı yaygınlaşmamıştır. Tankın silindir olması önemlidir aksi halde tank çeperlerine yakın olan noktalarda karışım sağlanamadığı gözlemlenmiştir. Çubuk sayısını artırmak mümkün değildir ancak silindir tank boyutlarına göre sarmal pedal sayısı artırılabilir. Gıda maddelerinin yumuşatılması için tercih edilir [33]. Toz madde için kullanımı tercih edilmez çünkü tam kapasiteyle doldurulduğunda bile hava boşluğu bırakılması gerekir. Bu nedenle toz madde birbirine tutunamayarak yerçekimi etkisiyle çökme gösterecektir.

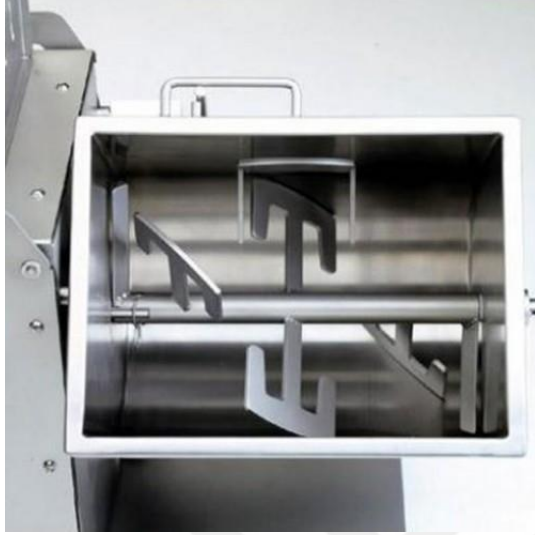


Resim 3.3. Sarmal pedallı karıştırıcı

3.3.4. T kollu karıştırıcı

Dikdörtgen bir tank içerisine yerleştirilen bir çubuk üzerine sabitlenmiş T biçimli kollardan oluşur. Aynı hızda karşılıklı olarak birden fazla kol yerleştirilebilir. Kollar kendi etrafında hareket etmez yalnızca merkez çubuğa bağlı olarak döner (Resim 3.4). Merkez çubuk iki yöne doğru hareket edebilir böylelikle yığın değil her noktada hareket eden bir karışım elde

edilir. Çift yönlü hareket ile karışım içindeki hava atılır. Bu yüzden hamur üretimi için tercih edilmez. Ancak sosis üretimi için yaygın olarak kullanılır [34].



Resim 3.4. T kollu karıştırıcı

3.3.5. Burgu karıştırıcı

Yaygın kullanımı toprak havalanmasını sağlamak ve topraktan delik açmak olan burgu karıştırıcının endüstriyel kullanımı yaygın değildir. Bir motorlu taşıtın arkasına bağlanan burgu karıştırıcı tarımsal faaliyetlerde sıklıkla görülür. Çubuk biçimli bir parçanın üzerine helezonik biçimde yerleştirilmiş bir plakadan oluşur ve dikey olarak kullanılır (Resim 3.5). Burgu karıştırıcı kendi etrafında dönme etkisiyle bir vida gibi toprakta delik açar ve hava transferini sağlar. Asıl amacı katı-sıvı ya da toz karıştırmak olmayan bu ekipman uygun tasarlanırsa bir tank içerisinde karıştırıcı olarak kullanılabilir. Dikey olarak ince, uzun ve silindirik bir tank içine yerleştirilip konumu sabitlenerek kendi etrafında dönmesi etkili bir karıştırma sağlayabilir. Ancak bu amaçla kullanıldığında karışımın tek bir madde gibi davranmaması ve yığın oluşturmaması gerekir. Aksi halde yığın karıştırıcının üzerinde sabitlenerek karıştırıcı ile birlikte döner. Bu nedenle viskozitesi düşük bir karışımda kullanımı daha uygun olacaktır.



Resim 3.5. Burgu karıştırıcı

3.3.6. V tipi karıştırıcı

Pantolon tipi karıştırıcı olarak da bilinen V tipi karıştırıcı; V şeklinde birleştirilmiş iki silindir borudan oluşmaktadır ve boruların üst kısımları sabit kalacak şekilde kendi etrafında döner (Resim 3.6). Katı-sıvı karışımları, çimento katkı malzemelerinin karışımları ve toz kimyasal karışımları için kullanılabilir [35]. İki türlü kullanımı vardır. Bu karıştırıcı bir tankın içine yerleştirilerek dönme etkisiyle yüksek parçacık boyutuna sahip maddeleri ya da yüksek viskoziteli ve yığın oluşturmeyen maddeleri etkin bir şekilde karıştırabilir. Bir diğer kullanımı ise V şeklinde yerleştirilmiş boruların kendisinin bir tank gibi kullanılmasıdır. Toz karışımlar için bu kullanım daha uygundur [36]. Karışması istenen maddeler V borular içerisine doldurularak, parçacık boyutuna uygun bir hava boşluğu bırakılır. Karıştırıcının aynı dönme hareketiyle ve hava boşluğu etkisiyle oldukça yüksek karıştırma performansı olduğu görülmüştür.



Resim 3.6. V tipi karıştırıcı

3.3.7. Uygun karıştırıcının belirlenmesi

Karıştırma sisteminin belirlenmesinde kullanılacak temel kriter; günümüzde kullanılan prinadan yağ eldesinde kullanılan sisteme adapte edilebilir olmasıdır. Bu kriter kapsamında sistemde kullanılan yükseklik/çap oranı 40-50 aralığında olan ve yüksekliği 100 m'ye kadar varabilen silindir yıkama tankları kullanıldığından; karıştırmada ölü nokta olmasını engellemek en önemli noktadır. İşletme koşulları değerlendirildiğinde; viskozite ve yoğunluk açısından uygun olan karıştırıcılar, ekonomik boyut ve uygulanabilirlik açısından uygun olmayabilir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde V tipi karıştırıcı sistemde kullanılmaya en uygun karıştırıcıdır. Z kollu karıştırıcı, pedallı karıştırıcı, sarmal pedallı karıştırıcı ve T kollu karıştırıcı; dikey bir silindir sisteme uygulandığında, etkili olabilmesi için fazla sayıda kullanılmalıdır. Kullanılacak karıştırıcı sayısının fazla olması sistemi ekonomik olmaktan çıkaracaktır, bu nedenle uygulanabilir olmayacaktır. Burgu karıştırıcı; dikey silindirde kullanılmaya uygundur, ancak sistemde kör nokta kalmaması için burgu karıştırıcının yalnızca kendi etrafında değil, dikey bir eksen etrafında da hareket etmesi gerekmektedir. Diğer alternatif olan V tipi karıştırıcı ise dikey silindir sisteme uygulanmaya müsaittir, silindirin en altına yerleştirildiğinde tek karıştırıcıyla tüm sistemin karıştırılması mümkündür, ancak üzerinde taşıdığı ağırlık sebebiyle daha fazla enerjiye ihtiyaç duyacaktır. Buradan yola çıkıldığında; karıştırmanın sistemde uygulanabilir bir yenilik olduğu tespit edildiğinde burgu karıştırıcı veya V tipi karıştırıcı; sistemde kullanılmak için uygundur.

3.4. Süreçte Kullanılabilecek Çözümler

Organik maddeler genellikle organik çözümlerde sudakinden daha çok çözünürler. Bundan yararlanarak organik maddeler sulu çözeltilerden bir organik çözümlüye çekilebilir. Sulu çözeltiliye elektrolit maddeler (CaCl_2 , NaCl) ilave edilirse organik maddenin sulu fazdaki - çözünürlüğü daha da azalır. Genellikle eter, kloroform, benzen, karbon tetraklorür, petrol eteri gibi organik çözümler kullanılır. Hangi çözümlünün kullanılması gerektiği ise özütlemesi yapılacak maddenin çözümlüdeki çözünürlüğü ve sonradan yapılacak olan kristallendirme ya da damıtmaya uygun olup olmadığına göre saptanır.

Özütlemeye amaç hem organik maddeyi ayırabilmek hem de fazla çözümlü harcamamaktır. Özütleme çözümlüleri “İyi Üretim Uygulamaları” olarak Türkçeleştirilebilen Good Manufacturing Practise (GMP) parametrelerine uygun olmalıdır. Çözümlü olarak kullanılan bütün maddeler Türk Gıda Kodeksi'ne uygun ve tanımlanan aralıkta kullanılmak zorundadır. Bir özütleme çözümlüsünün teknik olarak engellenemeyen kalıntı veya türevleri, insan sağlığına zarar vermeyecek miktarlardaysa bu çözümlü GMP'ye uygun özütleme çözümlüsü olarak kabul edilir [37].

Geçmişte karbon disülfid, trietilen, alkoller gibi farklı çözümlüler kullanılmış olmasına rağmen bugün teknik, ekonomik ve kalite üstünlükleri nedeniyle bütün tesisler hegzan kullanmaktadır. Petrol eteri de yüksek verim sağlayan bir çözümlü olmasına rağmen GMP'ye uygun olmaması nedeniyle kullanılmamaktadır.

Özütleme çözümlüsü olarak belirtilen materyaller, toksikolojik olarak tehlikeli miktarda herhangi bir madde veya bileşik içermemelidir. Asitliği veya bazlığı ayarlanmış su, çözümlü özellik gösteren diğer gıda maddeleri ve etanol, gıda maddelerinin ve gıda katkılarının üretiminde özütleme çözümlüsü olarak kullanılabilir.

3.4.1. Petrol eteri

Petrol eteri, eterle ilgisi olmadığı halde, uçuculuğunu belirtmek için eter kelimesini almış petrol ürünüdür. Petrolden elde edilen bir hidrokarbon karışımı olan petrol eterine, petrol ruhu, nafta gibi farklı isimler de verilmektedir.

Renksiz bir sıvı olan petrol eterin kokusu, benzine çok benzemektedir. Karışım oranları üretimden üretime farklı olmaktadır ama yaklaşık içeriği şu şekildedir:

%73 Pentan

%11 Isohegzan

%6 3-Metil-Pentan

%4 2,3-Dimetil-bütan

%4 Neohegzan

%2 Isopentan

%2 Siklopentan [38]

Görüldüğü gibi ağırlıklı olarak pentan içerdiği için polarlık bakımından pentan ile karşılaştırılabilecek seviyededir.

Erime noktası; yaklaşık -95 °C, aynama noktası; karışım olmasından dolayı, 80-100 °C arasında değişmektedir. Yoğunluğu ise 0,60 – 0,75 g/mL arasındadır. 20 °C'deki buhar basıncı yaklaşık 400 mm Hg olup oldukça uçucu olduğu söylenebilir. Ayrıca çok kolay alev alabildiği için kullanılırken dikkatli olmak gerekir [38].

3.4.2. Hegzan

Altı karbonlu ve düz zincirli bir hidrokarbondur. En çok tercih edilen çözücüdür. Laboratuvarlarda yağ çözücü olarak, ayrıca sanayide organik çözücü olarak kullanılmaktadır. C_6H_{14} formülü ile gösterilir.

Hegzanın pek çok kullanım alanı vardır ancak en çok çözücü olarak kullanılır. Çeşitli sektörlerde çözücü olarak ve endüstriyel yağ alma işlemlerinde sık rastlanır. Yüksek maruziyette tahriş, baş dönmesi, baş ağrısı ve hafif bulantıya neden olabilir ancak buna rağmen zehirli sayılamaz.

Erime noktası; yaklaşık -140 °C, kaynama noktası, 70 °C dir. Yoğunluğu ise 0,66 – 0,68 g/mL arasındadır. 20 °C'deki buhar basıncı yaklaşık 500 mm Hg olup oldukça uçucu olduğu söylenebilir. Ayrıca çok kolay alev alabildiği için kullanılırken dikkatli olmak gerekir [30].

3.4.3. Heptan

Doymuş hidrokarbonların yedincisidir ve C_7H_{16} formülü ile gösterilir. Dokuz izomeri vardır. Hafif petrolde bulunur. İyi bir çözücüdür ancak zararlıdır ve tamamen uzaklaştırılması mümkün değildir bu nedenle ancak deri üretiminde kullanılabilir. Reaktivitesi düşük olduğundan iyi bir çözücü olarak yapıştırıcıların içinde kullanılır.

Erime noktası; yaklaşık $-137\text{ }^{\circ}\text{C}$, kaynama noktası, $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ dir. Yoğunluğu ise $0,70 - 0,72\text{ g/mL}$ arasındadır. $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'deki buhar basıncı yaklaşık 420 mmHg olup oldukça uçucu olduğu söylenebilir. Sıvı ve gaz haldeyken çok kolay alev alabildiği için kullanılırken dikkatli olmak gerekir [39].

3.4.4. Uygun çözücünün belirlenmesi

Yağı çözme özelliklerine göre en uygun çözücü heptandır. Ancak heptan zor bulunur ve zehirli sayıldığı için kullanımı tercih edilmez.

Petrol eteri ve hegzan prinadan yağ eldesi için en uygun çözücülerdir. Aynı oranda yağ çekme potansiyelleri vardır. Hegzanın buhar basıncı, petrol eterinden daha yüksektir bu da yağ ve çözücüü ayırmayı kolaylaştıracak bir özelliktir. Ayrıca maliyet faktörleri de göz önüne alınırsa hegzanın, petrol eterine göre daha ekonomik olduğu görülür [40].

Günümüzde kullanılmakta olan yöntemlerde de çözücü olarak hegzan kullanılmaktadır. Bu nedenle çözücü ile ilgili yapılabilecek bir iyileştirme söz konusu değildir.

3.5. Özütleme

Özütleme, karışımlardan ya da doğal olarak oluşan maddelerden bir bileşiği ayırmak için kullanılan bir yöntemdir. Genellikle sulu çözeltilerden ya da süspansiyonlardan bir bileşiği ayırmak için kullanılır. Bu işlem bir çözücü yardımı ile yapılır. Sulu çözeltiyi ya da süspansiyonu su ile karışmayan bir organik çözücü ile çalkalanır ve oluşan fazların birbirinden ayrılması beklenir. Burada temel prensip bileşiğin iki ayrı fazda kısmi dağılımına dayanır. Madde sulu ve organik fazda göreceli çözünürlüklerine göre dağılacaktır.

Bitkisel materyallerde bulunan bileşenlerin nicel ve nitel analizinde ilk basamak özütleme işlemidir. İdeal olarak özütleme işlemi incelenecek bileşenler için seçici, hızlı, kolay uygulanabilir, ucuz ve otomasyona uygun olmalıdır. Özütleme işleminde Soxhlet, perkolasyon, buhar damıtması, ultrasonikasyon gibi özütleme teknikleri günümüzde kullanılan tekniklerdir. Ancak bu tekniklerin dezavantajları da söz konusudur. Uzun özütleme süresi, emek yoğun işlem basamakları, oransal olarak yüksek miktarda organik çözücü tüketimi, düşük tekrarlanabilirlik gibi problemler ortaya çıkmaktadır [17].

Özütlemeye, organik çözücünün uçurulmasıyla saf organik bileşik elde edilir. Çekme işlemi, iki sıvı faz arasında bir denge işlemidir. Bu dengeyi bileşiğin iki fazdaki çözünürlükleri yönlendirir. Maddeler karıştırıldığında dengeye ulaşılır ve her iki fazda maddenin derişimi sabit kalır. Belirli bir sistem ve sıcaklık için bu derişimlerin oranına dağılım katsayısı denir ve bu aynı zamanda çözünürlüklerin oranına eşittir.

Bir özütleme sürecinin başarılı ve verimli olması doğru çözücü seçimine bağlıdır. En çok kullanılan çözücüler eter, benzen, toluen, petrol eteri, hegzan, broform, metilen klorür ve karbon tetraklorürdür. Bunların hiçbirisi suda çözünmez ve organik bileşikler için iyi çözücülerdir [17].

3.5.1. Özütlemeye etki eden faktörler

Bir özütleme sistemine etki eden faktörler üç gruba ayrılabilir. Bunların birincisi çözücü ile özütlenecek maddenin teması ve etkileşimidir. Özütlenecek maddenin hazırlanması, tanecik boyutu ve tanecik yapısı çözücü etkileşiminde etkili olacaktır. Özütlemek istenilen madde katının yüzeyinde bulunduğu özütleme işlemi oldukça kolay ve hızlı gerçekleşir. Ancak özütlemek istenilen madde katının içinde bulunduğu özütleme süreci daha zorlu olacaktır. Bu nedenle katının tanecik boyutu, katı içinden özütleme sürecinde daha büyük önem taşır. Her madde için bu durum farklılık gösterebilir ancak; çoğunlukla tanecik boyutunun düşmesi temas yüzeyini artıracığından özütleme verimi de artış gösterecektir. Bazı durumlarda ise; tanecik boyutunun düşüşü tozlaşmaya sebep olacağından verim düşüşü görülebilir.

İkinci faktör grubu çözücü seçimidir. Özütleme işlemi için terci edilecek çözücünün doygunluk noktasına bağlı olarak çözme kapasitesi belirlenir. Çözücü kapasitesi kadar

önemli bir diğer özellik özütlenecek maddenin inert madde miktarıdır. İnert madde miktarı yüksek olan maddeler için; çözme kapasitesi çok yüksek bir çözücü bile kısıtlı bir etki gösterecektir. Bu da istenmeyen bir durum ortaya koyar. Bu yüzden çözücü mutlaka özütlenecek madde bileşimine göre tercih edilmelidir. Ayrıca çözücü; özütlenen katıdan ve elde edilen çözücü çözünen karışımından kolaylıkla ayrılabilmelidir. Bu nedenle düşük kaynama noktalı çözücüler tercih edilir.

Üçüncü faktör grubu sıcaklıktır. Katı özütlenmesinde sıcaklığın artırılması özütleme verimini artırır ve hızlandırır. Bunun nedeni kullanılan katı ve sıvı maddelerdeki molekül yapıları arasındaki etkileşimin değişmesi ve madde aktivitelerinin artışıdır. Ancak çok yüksek sıcaklıklarda madde yapılarında bozunmalar görülebileceğinden ve istenmeyen maddeler de sıvı faza geçebileceğinden sıcaklık kontrolü ön planda olmalıdır.

3.5.2. Çözücü seçimi

Özütlemeye amaç hem organik maddeyi ayırabilmek hem de fazla çözücü harcamamaktır. Belli miktar çözücünün hepsini bir defa bir özütlemeye mi yoksa aynı miktarı birkaç defa mı kullanmak gerektiğini şu şekilde açıklayabiliriz:

m_0 g madde içeren V mL sulu çözeltiden X mL organik çözücü ile yapılan özütlemeye sulu fazda m_1 g madde kalsın. Bu durumda dağılma kanununa göre aşağıdaki Eş. 3.1 ve Eş. 3.2 yazılabilir:

$$\frac{m_1/V}{(m_0-m_1)/V} = K \quad (3.1)$$

$$m_1 = m_0 \frac{KV}{KV+X} \quad (3.2)$$

Aynı miktar, X ml organik çözücü kullanarak ikinci bir özütleme yapılırsa sulu fazda kalan m_2 g madde için Eş. 3.3 ve Eş. 3.4 kullanılabilir.

$$\frac{m_2/V}{(m_1-m_2)/X} = K \quad (3.3)$$

$$m_2 = m_1 \frac{KV}{KV+X} = m_0 \left(\frac{KV}{KV+X} \right)^2 \quad (3.4)$$

Aynı işlem n defa yapılırsa su fazında kalan madde miktarı m_n Eş. 3.5 ile hesaplanabilir.

$$m_n = m_0 \left(\frac{KV}{KV+X} \right)^n \quad (3.5)$$

Denklemler ile gösterildiği gibi, aynı miktar çözücü ile fazla sayıda özütleme yapmakla daha fazla madde istenilen çözücü fazına alınır [18].





4. MATERİYAL VE YÖNTEM

4.1. Yaklaşım

Deneysel çalışmaların amacı; günümüzde kullanılmakta olan yöntemi değerlendirmek ve yöntem üzerinde iyileştirmeler yapmaktır. Bu iyileştirmeler sonunda; prinadan elde edilen yağ oranının artırılması ve kullanılan yöntemdeki en önemli maliyet faktörü olan hegzan sarfiyatını düşürmek hedeflenmiştir. Kütle aktarımının hızlandırılması veya artırılması amacıyla etkileşim süresinin değiştirilmesi ve etkileşim alanının yenilenmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Hegzan sarfiyatını azaltmak için ise hegzanın geri dönüşümünü sağlamak ya da az miktarda hegzan kullanılmasına olanak veren bir sistem tasarlamak hedeflenmiştir. Bu kapsamda ilk inceleme olarak; küçük miktarda örnekler üzerinde hegzan ile yıkama yapılmış ve ekonomik faktörler göz ardı edilmiştir. Bu çalışma ile prinadan, hegzan ile yıkama yöntemiyle alınabilecek en yüksek yağ oranı tespit edilmiştir. İkinci inceleme olarak: aynı prina örneğinden yıkama yoluyla alınan çözeltilerin içerdiği yağ derişimleri incelenmiş ve böylelikle günümüzde kullanılmakta olan yöntemin değerlendirmesi yapılmıştır.

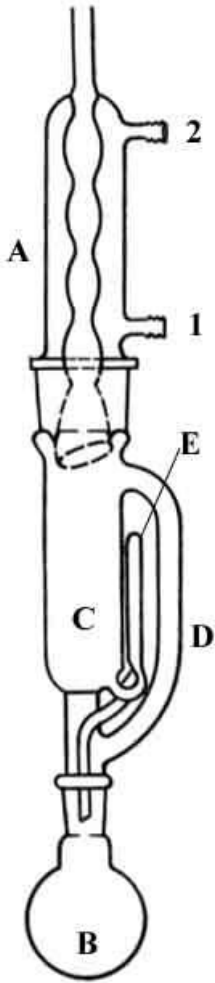
Yöntemin iyileştirilmesi için kütle aktarımının hızlandırılması veya artırılması için yapılabilecek yenilikler tespit edilmiştir. Bu amaçla sisteme bir karıştırıcı konulması planlanmıştır. Hegzan sarfiyatını azaltmak için ise; sistemden alınan yağ ve hegzan karışımının sisteme çözücü olarak beslenmesi planlanmıştır. Bu kapsamda üçüncü inceleme olarak; günümüzde kullanılan sistemleri geliştirmek amacıyla farklı karıştırma süreleri denenerek ideal karıştırma süresi belirlenmiştir. Dördüncü inceleme olarak ise; belirlenen süreye göre günümüzde endüstriyel tesislerin kullandığı süreç üzerinde karıştırmanın etkisi araştırılmıştır.

4.2. Kullanılan Donanımlar

4.2.1. Soxhlet Aygıtı

Soxhlet aygıtı; bu çalışmada prinadan elde edilebilecek en yüksek yağ miktarını ekonomik faktörleri göz ardı etmek suretiyle tespit edebilmek amacıyla kullanılan; özütleme amaçlı düzenektir (Şekil 4.1). Sisteme bir kartuş içerisinde özütleme yapılacak katı yerleştirilmiş

ve B bölümündeki balon ise çözücü ile doldurularak ısıtılmıştır. A bölümü sistemin soğutma bölümüdür. 1 numaralı noktadan su girişi, 2 numaralı noktadan su çıkışı sağlanarak sistemin sürekli soğutulması ve çözücü buharının yoğunlaştırularak geri kazanılması hedeflenir. Çözücü yoğunlaştırıldıkça sistem içinde birikir ve yükselir. Yükseklik kaynaklı basıncının artmasıyla birlikte D bölümündeki koldan sifon yaparak yeniden balona dolar. İşlem sonucunda balonda çözücü ve çözülmüş madde karışım durumunda bulunur.



Şekil 4.1. Soxhlet aygıtı

4.2.2. Karıştırıcı

Çalışmalarda karıştırma etkisini gözlemlemek için Resim 4.1’de verilen Heidolph karıştırıcı kullanılmıştır. Bu karıştırıcı bir motorun alt kısmına yerleştirilen cam bir çubuk ve çubuğun ucundaki balık şeklindeki karıştırıcıdan oluşmaktadır. Yoğunluğu yüksek karışımlar için

uygundur. Ancak çalışma hız düşüktür. 150 rpm hıza kadar çıkabilir. Bu hız değeri endüstriye uyarlanması amaçlanan bir çalışmada kullanmak için yeterlidir.



Resim 4.1. Heidolph karıştırıcı



5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1. Soxhlet Aygıtı ile Yağ Tayini

Nemli prına hegzan iyi derecede işleyemeyeceği için öncelikle kurutma işlemi yapılmıştır. Analiz edilecek prına örneğinin nem oranının %10'un altında olması için 105°C sıcaklıkta etüvde kurutulmuştur. Prına; hava geçirmeyen kurutucu CaCl_2 içeren bir kap içinde korunmuş ve böylelikle yeniden nemlenmesi engellenmiştir. Daha önce etüvde kurutulmuş ve desikatörde soğutulmuş olan ve içinde iki tane cam boncuk bulunan balon; 1 mg duyarlılıkta tartılarak darası alınmıştır.

Tartılan prına, etkileşim miktarını artırmak için hegzan ile ıslatılmış küçük bir parça pamuk tampon kullanılarak kartuşa yerleştirilmiştir. Balona 150 ml hegzan eklenmiştir.

Balon, özütleyici ve soğutucu birbirine bağlanarak, su banyosu ya da ısıtıcı tabla üzerine yerleştirilmiştir (Resim 5.1). Etkileşimi artırmak için hegzanın kaynamasını yavaşlatacak sıcaklık derecesi ayarlanmıştır. 6 saatlik özütleme uygulanmıştır. Balonun içerisindeki hegzanın büyük bir kısmı damıtılarak geri alınmıştır. Bu işlem sırasında balon içerisinde toplanan yağın yanmamasına dikkat edilmiştir.



Resim 5.1. Soxhlet aygıtı deney düzeneği

5.2. Hegzan ile Prina Yıkaması

Analiz edilecek prina örneğinin nem oranının %10'un altında olması için 105 °C'den fazla olmayan sıcaklıkta etüvde kurutulmuştur. Hava geçirmeyen bir kap içinde korunmuştur. Alttan sıvı çıkışına olanak veren musluklu bir yıkama şişesine kütlesi bilinen prina yüklemesi yapılmıştır (Resim 5.2). Hegzan yüklemesi sırasında ise hacim göz önüne alınmıştır. Yüklenen prina örneğinin üzerini örtecek kadar hegzan eklemesi yapılmıştır. Hegzanın prina parçacıklarının arasına da girebilmesini sağlamak için sisteme vakum uygulanmıştır. Belirlenen yıkama süreleri sonunda yıkama şişesinin altında bulunan musluk ile yağ ve hegzandan oluşan sıvı faz ayrılmıştır. Prina örneği şişeden hiç çıkarılmadan yine aynı koşullarda taze çözücü eklenerek 30 dakika boyunca karıştırılmıştır. Bu işlem 5 kez yinelenmiştir. Elde edilen son karışım damıtılarak hegzan geri kazanılmış ve yağ yüzdesi hesaplanmıştır.



Resim 5.2. Hegzan ile yıkama deney düzeneği

5.3. İdeal Karıştırma Süresinin Belirlenmesi

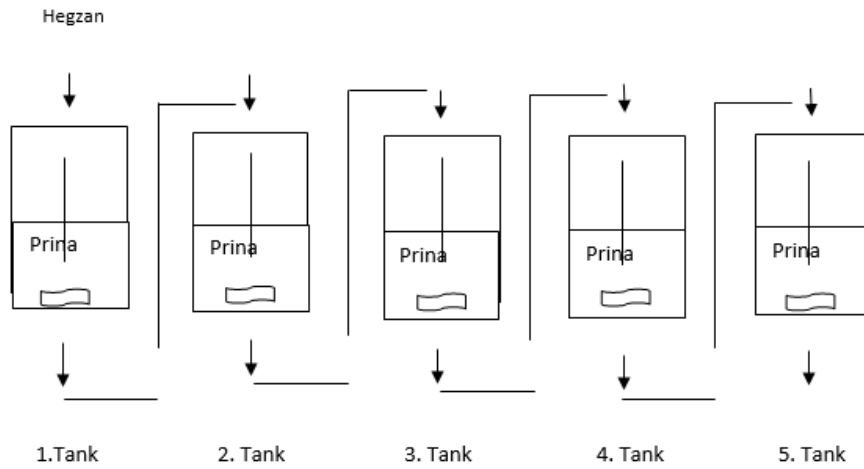
Prina örneğini analize hazırlamak amacıyla; nem oranı %10' un altına düşürülmüştür. Bu amaçla 105°C'den fazla olmayan sıcaklıkta etüvde kurutulmuştur. Hava geçirmeyen bir kap içinde korunmuştur. Karıştırmayı kolaylaştırmak için bir behere kütlesi bilinen prina yüklemesi yapılmıştır. Hegzan yüklemesi sırasında ise hacim göz önüne alınmıştır. Yüklenen prina örneğinin üzerin, örtecek kadar hegzan eklemesi yapılmıştır (Resim 5.3). Sistem farklı karıştırma sürelerinde ancak sabit karıştırma hızında işletilmiştir. Karıştırma hızı; cihazın en yüksek karıştırma hızı olan 150 rpm olarak belirlenmiştir. Daha düşük karıştırma hızları, yüksek yoğunlukla karışımı karıştırmak için yetersiz kalmış ve yığın oluşumuna sebep olmuştur. Karıştırma süresinin sonunda yağ ve hegzandan oluşan sıvı faz ayrılmıştır.



Resim 5.3. Karıştırma deney düzeneği

5.4. Karıştırmanın Sistem Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Analiz edilecek prina örneğini kurutmak amacıyla; 105°C'den fazla olmayan sıcaklıkta etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Hava geçirmeyen bir kap içinde korunmuştur. Karıştırmayı kolaylaştırmak için bir behere kütlesi bilinen prina yüklemesi yapılmıştır. Hegzan yüklemesi sırasında ise hacim göz önüne alınmıştır. Yüklenen prina örneğinin üzerini örtecek kadar hegzan eklemesi yapılmıştır. Sistem 30 dakikalık karıştırma sürelerinde ve sabit karıştırma hızında işletilmiştir. Karıştırma hızı 150 rpm olarak belirlenmiştir. Daha düşük karıştırma hızlarında karışım hamur haline gelmiş ve karıştırma sağlanamamıştır. Yalnızca cihazın en yüksek çalışma hızı olan 150 rpm' de karıştırma sağlanabilmiş, karıştırma hızı olarak tercih edilmiştir. 30 dakikalık karıştırma süresinin ardından elde edilen çözelti sistemden alınmıştır. Aynı koşullarda hazırlanan başka bir taze prina yüklemesine elde edilen çözelti eklenmiş ve 30 dakika boyunca karıştırılmıştır. Bu işlem Şekil 5.1'de görüldüğü gibi 5 kez yinelenmiştir. Elde edilen son karışım damıtılarak hegzan geri kazanılmış ve yağ yüzdesi hesaplanmıştır.



Şekil 5.1. Karıştırma prina özütlemesi basitleştirilmiş deney sistemi



6. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1. Soxhlet Aygıtı ile Yağ Tayini Bulguları

Soxhlet aygıtı; ekonomik kriterler göz önünde bulundurularak prinadan elde edilebilecek en yüksek yağ oranını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Çalışmanın tekrarlanabilirliğini gözlemlemek için çalışma 3 kez yinelenmiştir. Çalışmalar için 20 g kuru prina, 150 mL hegzan ile 10 kez sifon yaptırılarak özütleme yapılmıştır. İlk çalışmada ortalama sifon süresi 4,8 dakika olarak belirlenmiştir. Prinadan kütleye % 3,0 yağ elde edilmiştir. İkinci çalışma için ortalama 4,5 dakikalık sifon süresiyle özütleme yapılmıştır. Elde edilen yağ oranı %2,6 olarak görülmüştür. Üçüncü çalışmada ise ortalama 4,5 dakikalık sifon süresiyle çalışılmış ve % 3,1 oranında yağ elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalar EK-2’de verilmiştir. Yapılan deneyler ile tekrarlanabilirlik gözlemlenmiş ve ortalama değerler belirlenmiştir (Çizelge 6.1). Üç çalışma karşılaştırıldığında yüzdesel olarak birbirlerinden farklı gözükseler de; çok küçük miktarda örnekler üzerinde çalışıldığı göz ardı edilmemelidir.

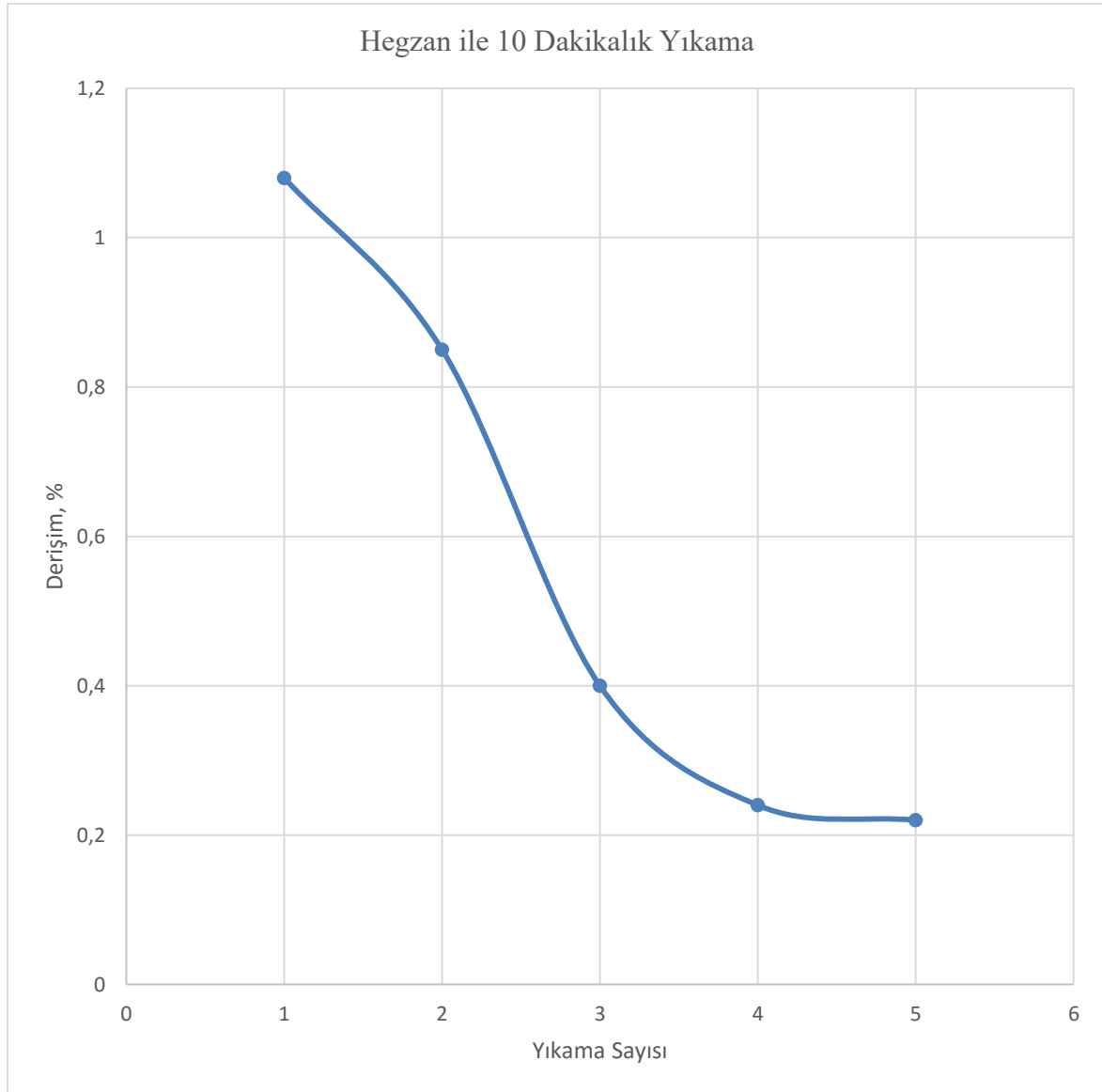
Çizelge 6.1. Soxhlet aygıtı ile yağ tayini bulguları

	Ortalama
Örnek Kütlesi, g	20
Çözücü Hacmi, mL	150
Ortalama Sifon Süresi, min	4,6
Elde Edilen Yağ Kütlesi, g	0,5803
Elde Edilen Yağ Yüzdesi	2,9
Birim Küttele Örnek İçin Kullanılan Hegzan Miktarı, mL hegzan/g prina	7,5
Birim Kütle Yağ Etmek İçin Kullanılan Hegzan Miktarı, mL hegzan/g yağ	259,6

6.2. Hegzan ile Prina Yıkama Bulguları

Endüstriyel tesisler prinadan yağ elde edilmesi sürecinde 10 veya 15 dakikalık iki yıkama süresi kullanılmaktadır. Bu nedenle etkileşim süresi 10 ve 15 dakika olmak üzere iki farklı çalışma yapılmıştır. İki çalışma için de prina örneği değiştirilmeden; etkileşim süresi sonunda yağ/hegzan karışımı sistemden alınıp, aynı prina örneği üzerine taze hegzan beslenmiştir. Her basamaktan sonra yağ analizi yapılmıştır. Bu çalışmaya göre 157 g’lık kuru prina örneğinden 10 dakikalık ilk yıkama ile 1,39 g, ikinci yıkama ile 1,23 g, üçüncü

yıkama ile 0,63 g, dördüncü yıkama ile 0,39g ve son yıkama ile 0,34 g yağ elde edilmiştir. Böylelikle çözeltilerden toplamda 3,98 g yağ elde edilmiştir. Tahmin edildiği gibi alınan yağ derişimi yıkama sayısı ilerledikçe düşmüştür. Endüstriyel sistemlerde 5 yıkama tercih edildiği için çalışma bu noktada sonlandırılmıştır (Şekil 6.1). Ayrıca sisteme verilen ve sistemden alınan çözgen miktarları kontrol edilerek sistemde hapsolan çözücü miktarı ve içeriğindeki yağ da hesaba katılarak toplam yağ kütlesi 4,44 g olarak belirlenmiştir. Bu değer ise % 2,52 yağ yüzdesine karşılık gelmiştir. Yapılan hesaplamalar EK-3'te verilmiştir. Bu sistemde birim kütlede prina için hegzan gereksinimi 4,9 mL hegzan/g prina; birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi 173,2 mL hegzan/g yağ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 6.2).

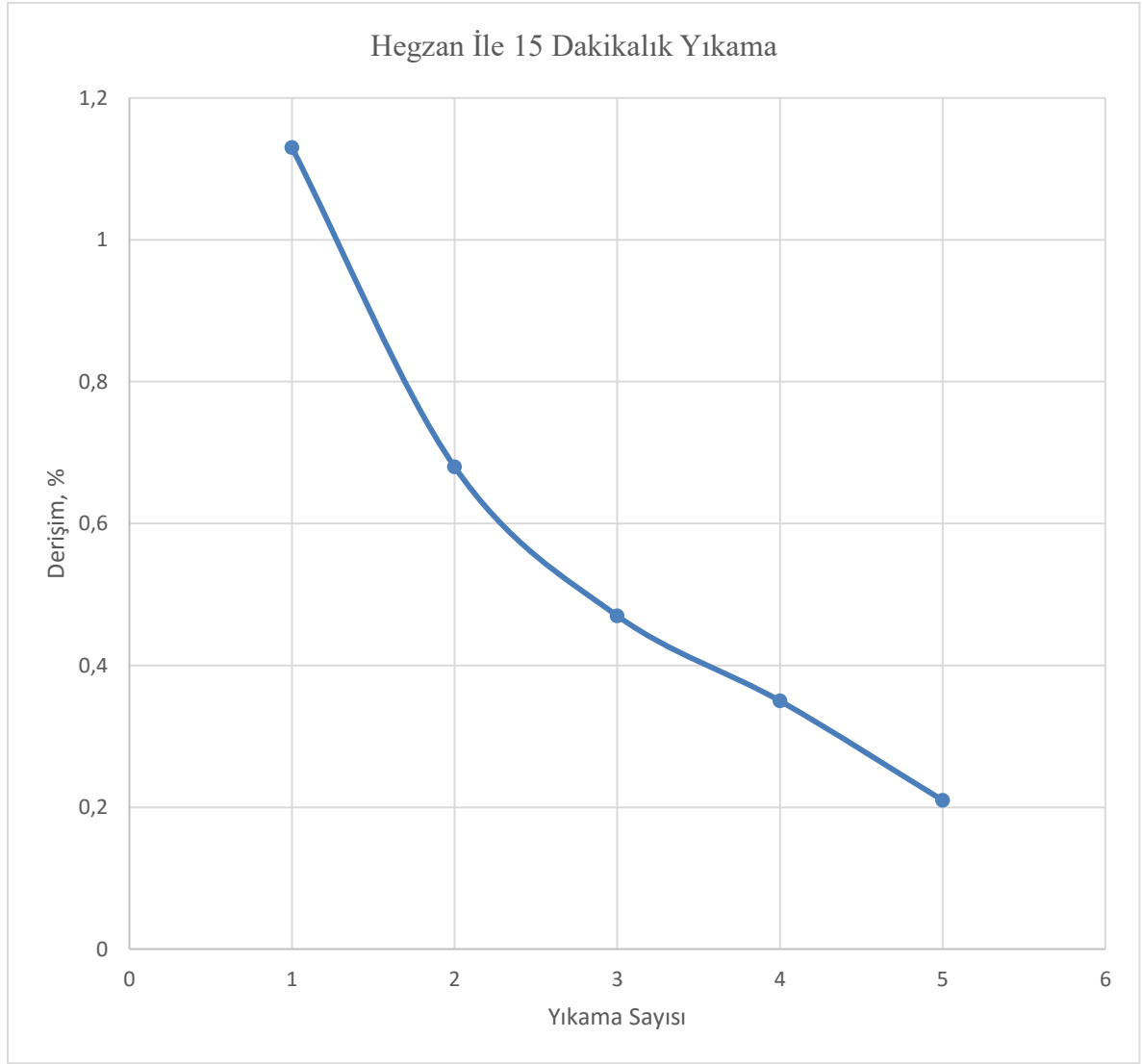


Şekil 6.1. Hegzan ile 10 dakika yıkama sonuçları

Çizelge 6.2. Hegzan ile 10 dakika yıkama verileri

	Yıkama 1	Yıkama 2	Yıkama 3	Yıkama 4	Yıkama 5
Prina Miktarı, g	157				
Yıkama Süresi, min	10				
Giren Hegzan Hacmi, mL	205	158	141	130	135
Çıkan Çözelti Hacmi, mL	168	145	140	130	135
Çözeltiden Alınan Yağ Miktarı, g	1,39	1,23	0,63	0,39	0,34
Özütlenen Toplam Yağ Miktarı, g	1,69	1,34	0,64	0,39	0,34
Elde Edilen Yağ Yüzdesi	% 1,08	%0,85	%0,64	% 0,39	% 0,34
Elde Edilen Toplam Yağ Yüzdesi	%2,52				
Birim Kütlede Örnek İçin Kullanılan Hegzan Miktarı, mL hegzan/g prina	4,9				
Birim Kütlede Yağ Elde Etmek İçin Kullanılan Hegzan Miktarı, mL hegzan/g yağ	173,2				

150 g'lık kuru prina örneğinden 15 dakikalık ilk yıkama ile 1,4 g, ikinci yıkama ile 1,0 g, üçüncü yıkama ile 0,7 g, dördüncü yıkama ile 0,5 g ve son yıkama ile 0,3 g yağ elde edilmiştir. Böylelikle çözeltilerden toplamda 3,9 g yağ elde edilmiştir. Endüstriyel sistemler 5 yıkama ile işletildiği için yıkama sayısı 5 olarak belirlenmiştir (Şekil 6.2). Ayrıca sisteme verilen ve sistemden alınan çözgen miktarları kontrol edilerek sistemde hapsolan çözücü miktarı ve içeriğindeki yağ da hesaba katılarak toplam yağ kütlesi 4,3 g olarak belirlenmiştir. Bu değer ise % 2,6 yağ yüzdesine karşılık gelmiştir. Bu sistemde birim kütlede prina için hegzan gereksinimi 4,55 mL hegzan/g prina; birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi 158,8 mL hegzan/g yağ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 6.3).



Şekil 6.2. Hegzan ile 15 dakika yıkama sonuçları

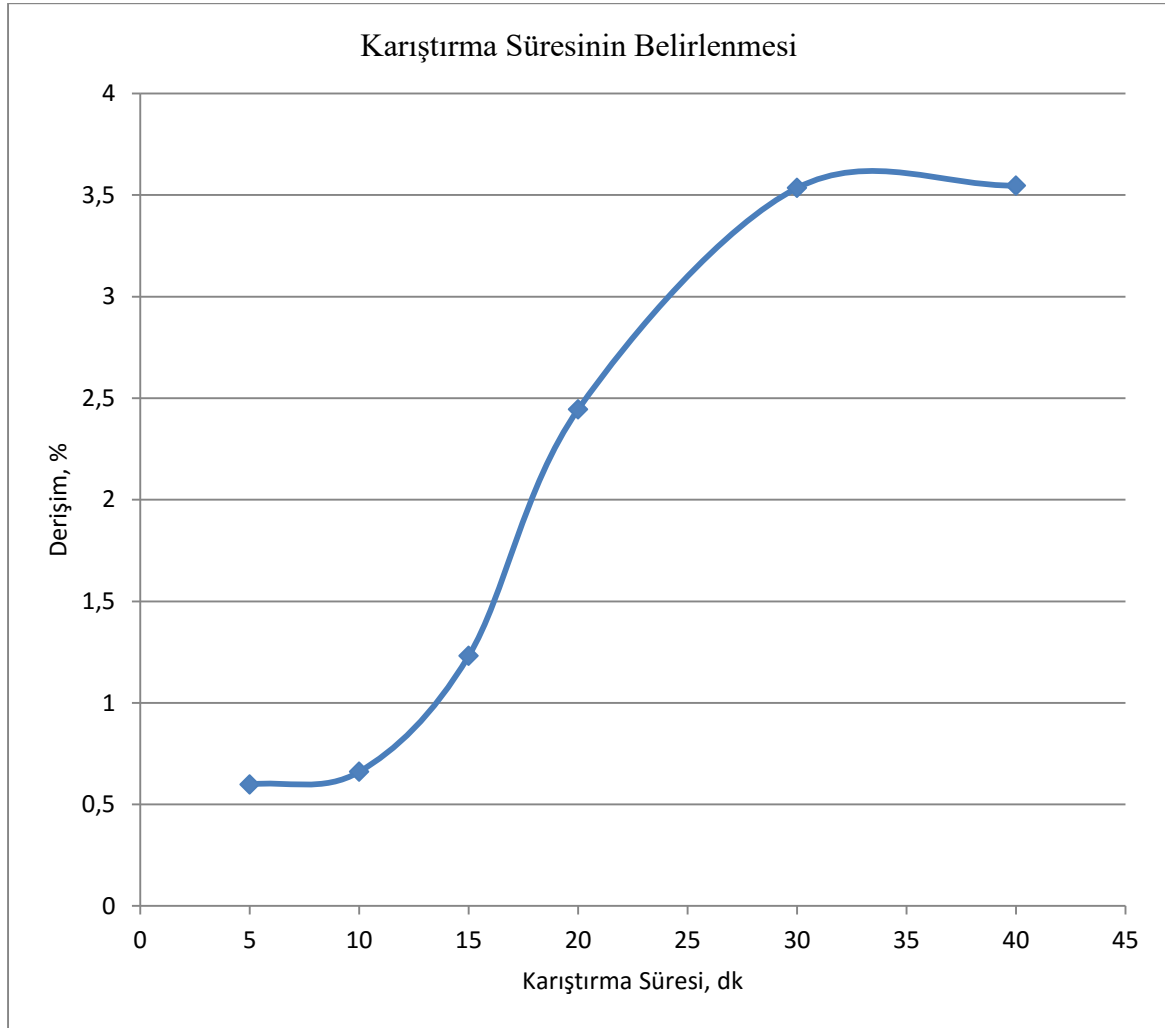
Çizelge 6.3. Hegzan ile 15 dakika yıkama verileri

	Yıkama 1	Yıkama 2	Yıkama 3	Yıkama 4	Yıkama 5
Prina Miktarı, g	150				
Yıkama Süresi, min	15				
Giren Hegzan Hacmi, mL	178	127	122	126	130
Çıkan Çözelti Hacmi, mL	145	125	120	122	122
Çözültiden Alınan Yağ Miktarı, g	1,4	1	0,7	0,5	0,3
Özütlene Toplam Yağ Miktarı, g	1,7	1,02	0,71	0,52	0,32
Elde Edilen Yağ Yüzdesi	%1,13	%0,68	%0,47	%0,35	%0,21
Elde Edilen Toplam Yağ Yüzdesi	%2,6				
Birim Kütlede Örnek İçin Kullanılan Hegzan Miktarı, mL	4,55				
Birim Kütlede Yağ Elde Etmek İçin Kullanılan Hegzan Miktarı, mL hegzan/g yağ	158,8				

6.3. Karıştırma Süresinin Belirlenmesi

Laboratuvar ölçekli karıştırma sistemi kapsamında 5, 10, 15, 20, 30, ve 40 dakikalık karıştırma süreleri denenmiş ve karşılaştırması yapılmıştır. Tüm karıştırma sistemleri için 150 g prina örneği kullanılmıştır. Sonuçlar Şekil 6.3 ve Çizelge 6.4'te görüldüğü gibi 5 dakikalık birinci karıştırma ile 0,54 g yağ elde edilmiştir, bu da %0,60 değerine karşılık gelmektedir. Birim kütlede hegzan gereksinimi 1,33 mL hegzan/prina; birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi ise 222,2 mL/hegzan değerleri elde edilmiştir. 10 dakikalık ikinci karıştırma ile ise 0,57 g yağ elde edilmiştir, bu da %0,66 değerine karşılık gelmektedir. Birim kütlede hegzan gereksinimi 1,33 mL hegzan/prina; birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi ise 200 mL/hegzan değerleri elde edilmiştir. 15 dakikalık üçüncü karıştırma ile 1,02 g yağ elde edilmiştir, bu da % 1,23 değerine karşılık gelmektedir. Birim kütlede hegzan gereksinimi 1,27 mL hegzan/prina; birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi ise 103,3 mL/hegzan değerleri elde edilmiştir. 20 dakikalık dördüncü karıştırma ile 2,15 g yağ elde edilmiştir, bu da %2,44 değerine karşılık gelmektedir. Birim kütlede hegzan gereksinimi 1,16 mL hegzan/prina; birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi ise 47,8 mL/hegzan değerleri elde edilmiştir. 30 dakikalık beşinci karıştırma ile ise 3 g yağ elde edilmiştir, bu da

% 3,53 değerine karşılık gelmektedir. Birim kütlerde hegzan gereksinimi 1,23 mL hegzan/prina; birim kütlerde yağ için çözücü gereksinimi ise 34,9 mL/hegzan değerleri elde edilmiştir. 40 dakikalık son karıştırma ile ise 3,02 g yağ elde edilmiştir, bu da % 3,54 değerine karşılık gelmektedir. Hesaplamalar EK-4'te verilmiştir. Birim kütlerde hegzan gereksinimi 1,23 mL hegzan/prina; birim kütlerde yağ için çözücü gereksinimi ise 34,8 mL/hegzan değerleri elde edilmiştir.



Şekil 6.3. Karıştırma süresinin belirlenmesi

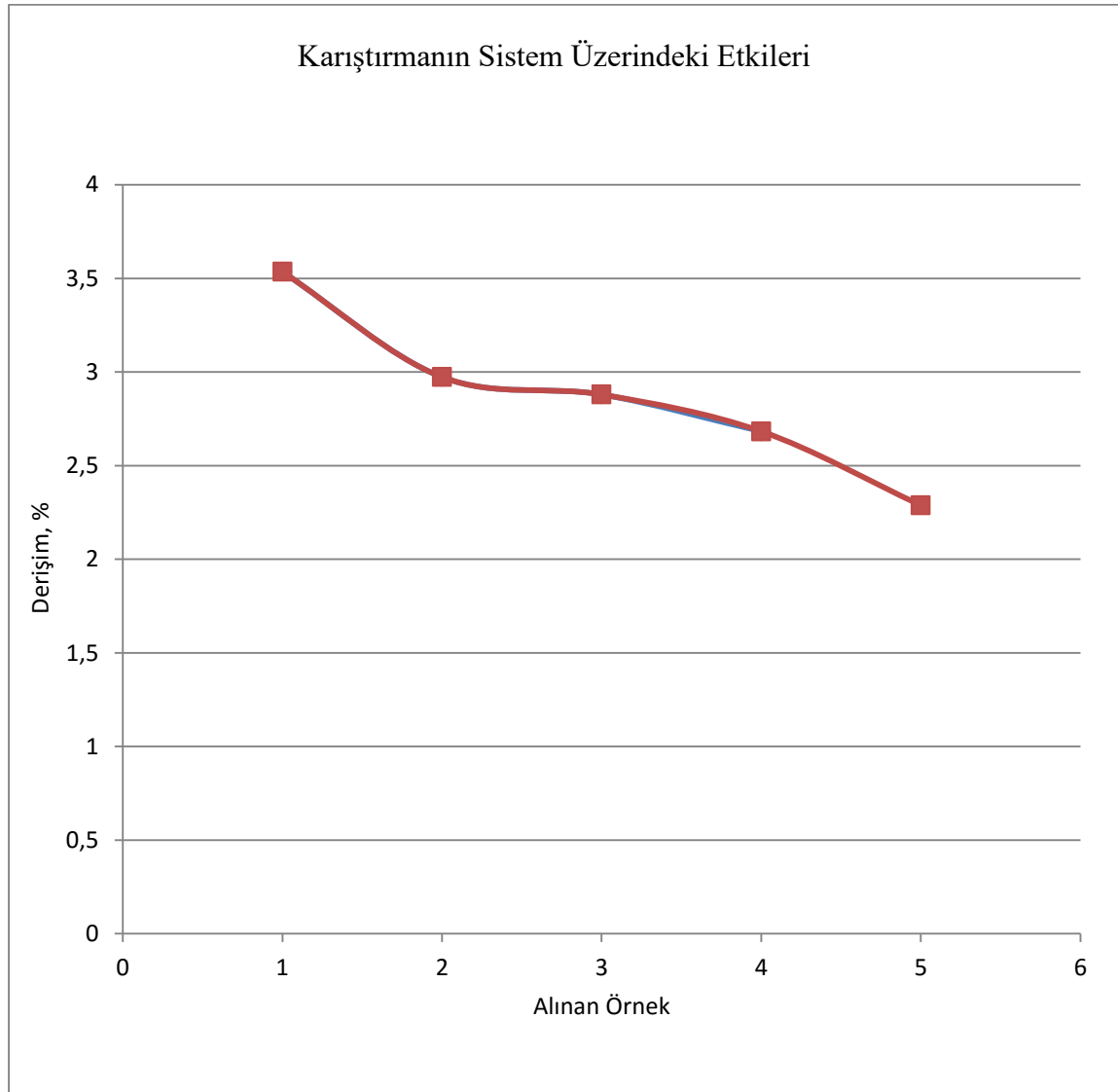
Çizelge 6.4. Karıştırma süresi verileri

Prina Miktarı, g	150					
Karıştırma Süresi, min	5	10	15	20	30	40
Giren Hegzan Hacmi, mL	200	200	190	175	185	185
Çıkan Çözelti Hacmi, mL	120	150	105	105	105	105
Çözeltiden Alınan Yağ Miktarı, g	0,54	0,57	1,02	2,15	3,0	3,02
Özütlenen Toplam Yağ Miktarı, g	0,9	1,0	1,84	3,66	5,3	5,32
Elde Edilen Toplam Yağ Yüzdesi	%0,60	%0,66	%1,23	%2,44	%3,53	%3,54
Birim Kütlede Örnek İçin Kullanılan Hegzan Miktarı, mL hegzan/g prina	1,33	1,33	1,27	1,16	1,23	1,23
Birim Kütlede Yağ Etmek İçin Kullanılan Hegzan Miktarı, mL hegzan/g yağ	222,5	200	103,3	47,8	34,9	34,8

6.4. Karıştırmanın Sistem Üzerindeki Etkilerinin Bulguları

Karıştırmanın sistem üzerindeki etkisini incelemek amacıyla en iyi sonuç veren karıştırma süresi, mevcut prina işleme sürecine adapte edilmiştir. Bu süre 30 dakika olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma hegzan ile yıkama sisteminde olduğu gibi 5 tank kullanılacağı düşünülmüş ve sonuçlar Şekil 6.4 ve Çizelge 6.5'te verilmiştir. İlk çalışma için taze prina örneği üzerine taze hegzan çözeltisi eklenerek 30 dakika karışması sağlanmıştır. Çözeltiden 3 g yağ elde edilmiştir. Bu değer ile % 3,53 oranına ulaşılmıştır. İkinci çalışma için ise taze prina üzerine bir önceki çalışmadan alınan hegzan/yağ karışımı eklenmiş ve karıştırılarak özütleme yapılmıştır. Bu çalışmanın sonunda, iki tanktan toplamda 5,57 g yağ elde edilmiştir. Bu değer ise %2,97 'ye karşılık gelmektedir. Üçüncü çalışma için taze prina üzerine bir önceki çalışmadan alınan hegzan/yağ karışımı eklenmiş ve karıştırılarak özütleme yapılmıştır. Bu çalışmanın sonunda ise, üç tanktan toplamda 7,77 g yağ elde edilmiştir. Bu değer ise %2,87 'ye karşılık gelmektedir. Dördüncü çalışma için taze prina, bir önceki çalışmadan alınan hegzan/yağ karışımı ile karıştırılmıştır. Bu çalışmanın sonunda,

dört tanktan toplamda 9,66 g yağ elde edilmiştir. Bu değer ise %2,68 ‘e karşılık gelmektedir. Son çalışma için ise taze prina bir önceki çalışmadan alınan hegzan/yağ karışımı ile özütlenmiştir. Bu çalışmanın sonunda, beş tanktan toplamda 14,16 g yağ elde edilmiştir. Bu değer ise %2,29’a karşılık gelmektedir. Hesaplamalar EK-5’te verilmiştir.



Şekil 6.4. Karıştırmanın sistem üzerinde etkilerinin bulguları

Çizelge 6.5. Karıştırmanın sistem üzerindeki etkileri

	Tank 1	Tank 2	Tank 3	Tank 4	Tank 5
Prina Miktarı, g	150	150	150	150	150
	750				
Karıştırma Süresi, min	30				
Giren Hegzan Hacmi, mL	185	80	75	80	80
Giren Çözelti Hacmi, mL	-	120	125	120	120
Çıkan Çözelti Hacmi, mL	105	125	120	120	165
Çözeltiden Alınan Yağ Miktarı, g	3,0	5,57	7,77	9,66	14,16
Özütlenen Toplam Yağ Miktarı, g	5,3	8,9	13	16	17,16
Elde Edilen Yağ Yüzdesi	% 3,53	% 2,97	% 2,87	%2,68	% 2,29
Elde Edilen Toplam Yağ Yüzdesi	% 2,29				
Birim Kütlede Örnek İçin Kullanılan Hegzan Miktarı, mL hegzan/g prina	0,69				
Birim Kütlede Yağ Etmek İçin Kullanılan Hegzan Miktarı, mL hegzan/g yağ	30				



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1. Soxhlet Aygıtı Performansının Değerlendirmesi

Yağ özütleme veriminin belirlenmesi amacıyla ilk olarak temel özütleme düzeneği olan Soxhlet aygıtı ile çalışılmış ve prina örneğinden alınabilecek yağ miktarı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; herhangi bir özel sistem kullanmadan yalnızca sıcak hegzan buharı ile elde edilebilecek yağ oranı ortalama %2,9'dur. Bu amaçla 7,5 mL hegzan/g prina ve ortalama 259,6 mL hegzan/ g yağ değerleri elde edilmiştir. Kullanılan prina miktarı soxhlet aygıtının düşük hacimli yıkama kartuşuna göre; hegzan miktarı ise düşük hacimli balon hacmine göre belirlendiğinden birim kütlede prina için kullanılan hegzan miktarı düşüktür. Ancak sifon süresi ve az miktardaki prinadan elde edilen yağ miktarının düşüklüğü sebebiyle birim kütlede yağ elde etmek için ihtiyaç duyulan hegzan miktarı yüksektir. Bu bulgular hegzan/yağ karışımının damıtılması için gerekli enerji miktarının ve hegzan kaybının yüksek olacağını göstermektedir. Zaten endüstriye uygulanabilirliği olan bir sistem olmadığından bu veriler karıştırma olmaksızın prinadan alınabilecek en yüksek yağ oranını belirlemek amacıyla yapılmış bir çalışmadır.

7.2. Hegzan ile Prina Yıkaması Performans Değerlendirmesi

Soxhlet aygıtı kullanılarak elde edilen değerleri güncel olarak kullanımda olan metot için işletme koşulu olarak seçilen 10 ve 15 dakikalık yıkama süreleri kullanarak elde etmek amacıyla 5 tank yıkamalı sistem; laboratuvar ölçekli olarak işletilmiştir. 10 dakikalık özütleme süresi için elde edilen toplam yağ oranı %2,52 olarak bulunmuştur. Ayrıca bu amaçla 4,9 mL hegzan/g prina ve 173,2 mL hegzan/ g yağ kullanılmıştır. 15 dakikalık özütleme süresi için ise elde edilen toplam yağ oranı %2,6' dır. Bu oranı elde edebilmek için 4,55 mL hegzan/g prina ve 158,8 mL hegzan/ g yağ kullanılmıştır. Bu çalışmada hegzan ihtiyacının azalmasının sebebi, ekonomik sebeplerden dolayı yalnızca ilk tankta taze hegzan kullanılırken; diğer tanklarda bir önceki tanktan alınan hegzan/yağ karışımının kullanılmasıdır. 10 ve 15 dakikalık süreler arasında belirgin bir farklılık gözlemlenememiştir. Bu sebeple daha uzun süreli yıkama etkisi için çalışma yapılmamıştır.

Elde edilen veriler laboratuvar ölçekli çalışmalar olduğundan daha hassas analizler yapılmış ve her basamaktan alınan yağ oranı ayrı ayrı tespit edilmiştir. Bu nedenle elde edilen değerler

büyütme faktörleriyle çarpılarak endüstriyel sisteme yaklaşmak istense de; laboratuvar sistem veriminin endüstriyel sistemlere oranla daha yüksek olduğu tahmin edilmiştir.

7.3. Karıştırma Sürelerinin Performans Değerlendirmesi

Kütle aktarımı hızlandırmak için, tankın içine koyulacak bir karıştırıcının etkili olacağı tespit edilmiştir. Bu düşünce ile sistem laboratuvar ölçekli basit bir karıştırıcı etkisine sokularak öncelikle en uygun karıştırma süresi belirlenmiştir. 5, 10, 15, 20, 30 ve 40 dakikalık süreler ile karıştırma etkisi takip edilmiştir. 5 dakikalık karıştırma sonucunda % 0,6 oranında yağ elde edilmiş ve bu amaçla 1,33 mL hegzan/g prina ve 222 mL hegzan/ g yağ kullanılmıştır. 10 dakikalık karıştırma için ise elde edilen yağ oranı % 0,66' dır. Bu oranı elde edebilmek için 1,33 mL hegzan/g prina ve 200 mL hegzan/ g yağ kullanılmıştır. 15 dakikalık karıştırma süresi için ise elde edilen yağ oranı % 1,23' dür. Bu oranı elde edebilmek için ise 1,27 mL hegzan/g prina ve 103 mL hegzan/ g yağ kullanılmıştır. 20 dakikalık karıştırma süresinde 1,16 ml hegzan/g prina ve 47,8 mL hegzan/ g yağ kullanılarak % 2,44 oranında yağ elde edilmiştir. 30 dakikalık karıştırma süresi için elde edilen yağ oranı % 3,53' dür. Bu oranı elde edebilmek için ise 1,23 mL hegzan/g prina ve 34,9 mL hegzan/ g yağ kullanılmıştır. 40 dakikalık karıştırma süresinde ise 1,23 mL hegzan/g prina ve 34,8 mL hegzan/ g yağ kullanılarak %3,54 oranında yağ elde edilmiştir. Bu sonuçlar 5 tanklı karıştırmasız özütleme sisteminin ilk tank çıkış verileri ile karşılaştırıldığında; verimin karıştırma etkisinde daha düşük olduğu görülmüştür. Ancak laboratuvar ölçekli karıştırma sistemine vakum uygulamasının adapte edilemediği düşünülerek hegzan sarfiyatı verim kriteri olarak göz önünde bulundurulmuştur. Prina işleme tesislerinde hegzan geri kullanımını sağlamak amacıyla damıtma sisteminin enerji ihtiyacı ekonomik olarak sistemi oldukça etkilediğinden; karıştırmalı sistemin daha ekonomi olacağı belirlenmiştir. Bir diğer ekonomik ölçüt olarak endüstriyel çalışma koşulları arasında; hegzan geri kazanımı sürecinde %30 oranında hegzan kaybı olacağı da göz önüne alınması gereken bir ölçüttür. Bu noktada sistemin veriminin yalnızca yağ miktarının artırılarak ya da sürecin hızlandırılmasıyla sağlanmak zorunda olmadığı, enerji ve hegzan sarfiyatını da kontrol ederek verim değerlendirmesi yapılabileceği görülmüştür. Ayrıca 30 dakikalık ve 40 dakikalık karıştırma sürelerinin birbirine oldukça yakın olduğu göz önünde bulundurularak en uygun karıştırma süresi 30 dakika olarak belirlenmiştir.

7.4. Karıştırılmalı Sistem Performans Değerlendirmesi

30 dakikalık karıştırma etkisi var olan sisteme eklenerek; 5 tankta karıştırılmalı özütleme düzeneği kurularak elde edilen yağ ve hegzan sarfiyatı belirlenmiştir. Bu sürenin sonunda % 2,29 oranında yağ elde edilerek; 0,69 mL hegzan/g prina ve 30 mL hegzan/ g yağ sarfedilmiştir. Bu değerler incelenerek; karıştırma sürecinin yağ eldesini artırmadığını ancak sarfedilen çözen gereksinimini önemli miktarda düşürdüğü gözlemlenmiştir. Laboratuvar ölçekli çalışma endüstriyel tesise adapte edildiğinde hegzan sarfiyatının ve sebep olduğu enerji ihtiyacının maliyeti oldukça düşüreceği göz önünde bulundurularak sistem verimini yükselteceği görülmüştür.

Literatürden ve makine üreticilerinden alınan bilgilere göre karıştırma sistemleri karşılaştırılarak; başarılı bir karıştırma süreci ortaya koyabilecek ve güncel olarak kullanımda olan tanklara adapte edilebilecek karıştırıcılar tespit edilmiştir ancak karıştırıcı performans karşılaştırılması yapılmamıştır. Elde edilen bilgilerden yola çıkılarak küçük sermaye yatırımlarıyla sistem veriminin artırılacağı görülmüştür.

7.5. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında 3 farklı yöntem; işletme koşulları değiştirilerek uygulanmıştır. İlk yöntem; prinadan alınabilecek en yüksek yağ oranını tespit etmek için kullanılmıştır. Bu yöntemde düşük miktarda kuru prina kullanılmış ve yöntem 3 kez tekrarlanmıştır. Bu tekrarların sonunda ortalama değerler belirlenmiştir. Bu değerlere göre 4,6 dakikalık 10 sifon süresince yapılan özütleme ile % 2,9 oranında yağ elde edilmiştir. Bu değere ulaşmak için ise 7,5 mL hegzan/ g prina ve 259,6 mL hegzan/ g yağ olacak şekilde hegzan sarfiyatı tespit edilmiştir. İkinci yöntem; günümüzde endüstriyel tesislerde kullanılan sistemin laboratuvar ölçekli canlandırması olup; yine endüstriyel tesislerde kullanılan iki farklı süre kullanarak gerçekleştirilmiştir. Her yıkamanın ardından alınan yağ çözücü karışımı için analizler yapıp sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her iki süre için de, beklenildiği gibi, yıkama sayısı artışı ile toplam yağ eldesi oranının düştüğü görülmüştür. Bu durumun sebebi, sürükleyici kuvvet olan derişim farkının azalmasıdır. 10 dakikalık, 5 yıkama sonrasında toplam %2,52 oranında yağ elde edilmiştir, bu değer 15 dakikalık 5 yıkama sonrasında %2,6 olarak gözlenmiştir. Hegzan sarfiyatları ise; 10 dakikalık çalışma için toplamda 4,9 mL hegzan/g prina ve 173,2 mL hegzan/ g yağ olarak tespit edilmiştir. 15 dakikalık çalışmada

ise 4,55 mL hegzan/g prina ve 158,8 mL hegzan /g yağ oranında hegzan sarfiyatı yapılmıştır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde 15 dakikalık çalışma ve 10 dakikalık çalışma arasında çok belirgin bir farklılık olmamakla beraber, ekonomik olarak da birbirine yakın olduğundan 15 dakikalık çalışma daha verimli bulunmuştur. Üçüncü çalışma; tasarlanan yeni sisteme göre dizayn edilmiştir ve ideal karıştırma süresini tespit etmek amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında 5, 10, 15, 20, 30 ve 40 dakikalık karıştırma süreleri sonucunda elde edilen yağ oranları ve hegzan sarfiyatları karşılaştırılmıştır. Elde edilen yağ oranları açısından incelendiğinde; değerler 30 dakikalık karıştırma süresine kadar sürekli ve hızlı bir artış gösterirken; 30 dakika ve 40 dakikalık karışırtmalar sonucunda belirgin bir farklılık gözlenememiştir. Bu karıştırma süreleri hegzan sarfiyatları açısından karşılaştırıldığında ise birim kütle prina için kullanılan hegzan değerleri belirgin bir farklılık göstermezken; birim kütle yağ elde etmek için sarfedilen hegzan miktarı karıştırma süresinin artmasıyla hızla azalmıştır. Bu açıdan değerlendirildiğinde ideal karıştırma süresi 30 dakika olarak seçilmiş ve tasarlanan sistem 30 dakikalık karıştırma süresinde incelenmiştir. Yapılan son çalışmanın; daha önce çalışılan sistemden farkı, sisteme eklenen karıştırıcı ve sisteme taze çözücü yerine bir önceki tanktan alınan yağ hegzan karışımının çözücü olarak beslenmesidir. Bu şekilde yapılan çalışma sonunda toplam yağ eldesi %2,29 olarak tespit edilmiştir. Hegzan sarfiyatının ise 0,69 mL hegzan/g prina ve 30 mL hegzan/g yağ olduğu görülmüştür (Çizelge 7.1).

Günümüzde kullanılan yöntem ile geliştirilen yöntem karşılaştırıldığında elde edilen yağ oranının düştüğü görülmüştür. Bu durumun başlıca nedeni; vakum etkisinde yıkama yönteminde çözücü olarak her seferinde taze hegzan kullanılırken, karışırtmalı sistemde; çözücü olarak kullanılan hegzan+yağ karışımındaki yağ derişiminin artması ile sürükleyici kuvvet olarak kullanılan konsantrasyon farkının azalmasıdır. Birim kütlede prina için hegzan sarfiyatları karşılaştırıldığında geliştirilen karıştırma yönteminde %85 oranında hegzan tasarrufu sağlandığı belirlenmiştir. Yüksek miktarda prina kullanılan tesisler için, az miktarda hegzan kullanımı hammadde yatırımını azaltacaktır. Birim kütlede yağ elde etmek için ihtiyaç duyulan hegzan miktarları karşılaştırıldığında ise geliştirilen karıştırma yönteminde %81 oranında hegzan tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir. Hegzanın damıtılarak tekrar kullanıldığı ve damıtma sırasında enerji sarfiyatına ve hegzan kaybına sebep olduğu göz önüne alındığında bu oranın sistemin daha ekonomik olacağına dair önemli bir gösterge olduğu düşünülmüştür.

Çizelge 7.1. Sonuçların karşılaştırılması

	Uygulama Süresi, min	Örnek Kütlesi, g	Kullanılan Çözücü, mL	Elde Edilen Yağ Kütlesi, g	Elde Edilen Yağ Yüzdesi, %		Birim Kütle Örnek için Çözücü Gereksinimi, mL hegzan/ g prina	Birim Kütle Yağ Elde Etmek için Çözücü Gereksinimi, mL hegzan/ g yağ	
Soxhlet Aygıtı	4,6	20	150	0,5803	2,9		7,5	259,6	
Vakum Etkisinde Yıkama	10	157	205	1,69	4,4	1,08	2,52	4,9	173,2
	10		158	1,34		0,85			
	10		141	0,64		0,41			
	10		130	0,39		0,24			
	10		135	0,34		0,22			
	15	150	178	1,70	4,3	1,13	2,6	4,55	158,8
	15		127	1,02		0,68			
	15		122	0,71		0,47			
	15		126	0,52		0,35			
	15		130	0,32		0,21			
Karıştırma Etkisi	30	150	185	5,3	17,16	3,5	2,29	0,69	30
	30	300	80	8,9		2,97			
	30	450	75	13		2,87			
	30	600	80	16		2,68			
	30	750	80	17,16		2,29			



KAYNAKLAR

1. Yücel, Y. (2010). Biodiesel production from pomace oil by using lipase immobilized onto olive pomace. *Bioresource Technology*, 102 (4), 3977-3980.
2. İnternet: Bloomberght. (2017). *Zeytinliklerin suçu ne*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bloomberght.com%2Fhaberler%2Fhaber%2F1589257-analiz-zeytinliklerin-sucu-ne&date=2017-07-13>, Son Erişim Tarihi: 13.07.2017.
3. Demirtepe M. (2008). *Balık yemlerinde prina ve prina yağı kullanımı üzerine araştırmalar*, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
4. Ekonomi Bakanlığı. (2014). *Zeytinyağı sektör raporu (2013)*. Ankara: Ekonomi Bakanlığı, 72-73.
5. Ekonomi Bakanlığı. (2014). *Ulusal zeytin ve zeytinyağı konseyi rekolte raporu (2013-2014)*. Ankara: Ekonomi Bakanlığı, 47-48.
6. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı. (2014). *Zeytin ve zeytinyağı raporu (2013)*. Ankara: Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 31.
7. Türkiye I. Zeytinyağı Ve Sofralık Zeytin Sempozyumu. (2013). *Türkiye I. zeytinyağı ve sofralık zeytin sempozyumu bildirileri (2013-2014)*. İzmir: Türkiye I. Zeytinyağı ve Sofralık Zeytin Sempozyumu. 41-43.
8. İnternet: Tarış Zeytin Yağı. (2017). *Zeytinden zeytinyağı elde edilmesi*. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F8.%09http%3A%2F%2Fwww.tariszeytinyagi.com%2Findex.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D15%26Itemid%3D14&date=2017-07-13, Son Erişim Tarihi: 13.07.2017.
9. Tarım Ve Köyişleri Bakanlığı. (2010). *Türk gıda kodeksi, zeytinyağı ve prina tebliği (2010)*. Ankara: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tebliğ No: 2010/35, 2.
10. Türkiye İstatistik Kurumu. (2015). *Bitkisel üretim istatistikleri, zeytin (2014)*. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.
11. İnternet: Marmara Birlik. (2017). *Türkiye zeytin*. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F13.%09https%3A%2F%2Fwww.tariszeytinyagi.com%2Findex.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D19%26Itemid%3D19&date=2017-07-13, Son Erişim Tarihi: 13.07.2017.
12. Türkiye İstatistik Kurumu (2015), *2014 Dış ticaret istatistikleri, zeytin*. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.

13. İnternet: Tariş Zeytin Yağı. (2017). *Dünya'da ve Türkiye'de zeytin*. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F13.%09https%3A%2F%2Fwww.tariszeytinyagi.com%2Findex.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D19%26Itemid%3D19&date=2017-07-13, Son Erişim Tarihi 13.07.2017.
14. İnternet: ZMO. (2017). *Türkiye'de zeytin ve zeytinyağı üretimi, ihracatı, sorunlar ve öneriler*. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.zmo.org.tr%2Fgenel%2Fbizden_detay.php%3Fkod%3D23172%26tipi%3D17%26sube%3D0&date=2017-07-13, Son Erişim Tarihi: 13.07.2017.
15. Cioffia, G., Pesca, M. S., De Caprariis, P., Braca, A., Severino, L., De Tommasi, N. (2009) Phenolic compounds in olive oil and olive pomace from Cilento (Campania, Italy) and their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 121(1), 105-111.
16. Akay, F.; Kazan, A.; Çeliktas, M.S.; Yeşil-Çeliktas, Ö. (2015). A holistic engineering approach for utilization of olive pomace. *The Journal of Supercritical Fluids*, 99, 1-7.
17. İnternet: Prina.Data-İst. (2017). *Prina fabrikaları*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fprina.dataist.com%2Fcategory%2Fprina-fabrikaları&date=2017-07-13>, Son Erişim Tarihi: 13.07.2013.
18. Grafias, P., Xekoukoulotakis, N. P., Mantzavinos. D. (2010). Pilot treatment of olive oil pomace leachate by vertical-flow constructed wetland and electrochemical oxidation: An efficient hybrid process. *Water Research*, 44(9), 2773-2780.
19. İnternet: Kıvrak, M. (2017). *Pirina yağı*. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F20.%09http%3A%2F%2Fmucahitkivrak.baun.edu.tr%2Findex_dosyalar%2Fzeytinyagi%2520uretim%2520teknolojisi%252021%2520prina%2520yagi.pdf++&date=2017-07-13 Son Erişim Tarihi: 13.07.2017.
20. Lama-Munoz, A., Alvarez-Mateos, P., Rodriguez-Gutierrez, G., Duran-Barrantes, M.M., Fernandez-Bolanos, J.,. (2014). Biodiesel production from olive-pomace of steam-treated alperujo. *Biomass and Bioenergy*, 67, 443-450.
21. Çaynak, S., Gürü, M., Biçer, A., Keskin, A., İcingür, Y.(2009). Biodiesel production from pomace oil and improvement of its properties with synthetic manganese additive. *Fuel*, 88(3), 534-538.
22. Tunalıoğlu R. (2004). Prina Yağı, *Tarımsal ekonomi araştırma enstitüsü dergisi*, 5, 20-24.
23. Milli Eğitim Bakanlığı (2010). *Gıda teknolojisi, zeytin hamurundan yağı ayırma ders notları*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı, 22-29.
24. Rajaeifar, M. A., Akram, A., Ghobadian, B., Rafiee, S., Heijungs, R., Tabatabaei, M. (2016). Environmental impact assessment of olive pomace oil biodiesel production and consumption: A comparative lifecycle assessment. *Energy*, 106, 87-102.

25. Cam M., Hışıl Y. (2006). Basınçlı solvent ekstraksiyonu Ve uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 79-86.
26. İnternet: Aydın Prina. (2017). *Prina yakıtı*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.aydinprina.com%2Fsayfa%2FPrina-Yakiti.html&date=2017-07-13>, Son Erişim Tarihi: 13.07.2017.
27. Yemişçioğlu F., Gümüşkesen A.S., Otağ R.M. (2000). Zeytinyağı üretiminde kullanılan sürekli sistemler ve bu sistemlerin klasik presleme yöntemleriyle karşılaştırılması. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 1 (9), 26-31.
28. Koukouch, A., Idlimam, A., Asbik, M., Sarh, B., Izrar, B., Bostyn, S., Bah, A., Ansari, O., Zegaoui, O. (2017). Experimental determination of the effective moisture diffusivity and activation energy during convective solar drying of olive pomace waste. *Renewable Energy*, 101, 565-574.
29. Yanık, D. K. (2017). Alternative to traditional olive pomace extraction systems: Microwave-assisted solvent extraction of oil from wet olive pomace. *LWT-Food Science and Technology*, 77, 45-51.
30. Merck, (2006). Hegzan güvenlik bilgi formu. *1907/2006 No'lu (AB) Yönetmelik*, 92-97.
31. Bauman I., Duska C., Boban M. (2008). Mixing of solids in different mixing devices. *Sadhana*, 33(6), 721-731.
32. İnternet: Bemak Makine. (2017). *NADRATOWSKI Z kollu karıştırıcı Mix-1000Z*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bemakmakina.com.tr%2FNadratowski-Zkollu-karistirici-Mix1000Z&date=2017-07-13>, Son Erişim Tarihi: 13.07.2017.
33. İnternet: Bemak Makine. (2017). *Nadratowski endüstriyel karıştırıcı MIX-3600*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bemakmakina.com.tr%2FNadratowski-Industrial-Karistirici-Mix3600&date=2017-07-13> Son Erişim Tarihi: 13.07.2017.
34. İnternet Bemak Makine. (2017). *Lakidis karıştırıcı LM-150*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bemakmakina.com.tr%2FKARISTIRICI-LAKIDIS-LM150&date=2017-07-13> Son Erişim Tarihi: 13.07.2017.
35. İnternet: Bemak Makine. (2017). *MAINCA karıştırıcı RC*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.bemakmakina.com.tr%2FKARISTIRICI-MAINCA-MIXER+RC%25E2%2580%2593100&date=2017-07-13> Son Erişim Tarihi: 13.07.2017.
36. Kuo H. P., Knight T. P. C., Parker D. J., Seville J. P. K. (2005). Solids circulation and axial dispersion of cohesionless particles in a V-mixer. *Powder Technology*, 152(1-3), 133-140.

37. Chanioti, S., Tzia, C. (2017). Optimization of ultrasound-assisted extraction of oil from olive pomace using response surface technology: Oil recovery, unsaponifiable matter, total phenol content and antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 79, 178-189.
38. Merck (2006). Petrol eteri güvenlik bilgi formu. *1907/2006 No 'lu (AB) Yönetmelik*, 123-126.
39. Merck (2006). Heptan güvenlik bilgi formu. *1907/2006 No 'lu (AB) Yönetmelik*, 98-101.
40. Benthin B., Danz H., Hamburger M. (1999). Pressurized liquid extraction of medicinal plants. *Journal of Chromatography A*, 837(1-2), 211-219.





EKLER

EK-1. 1928 Yılından kalma meclis tutanağı

Zeytinyağı, prina fabrikaları 81 adettir. Zeytinyağı fabrikalarının kudreti istihsaliyesi 5 500 tondur.

Prina fabrikalarının kapasitesi 1300 tondur. Malumuâliniz ‘bizde evvelce prina fabrikası yoktu. Prinalarımız evvelce Yunanistan’a, İtalya’ya giderek ve orada tekrar yağ çıkartılarak ondan sabun fabrikaları müstefit olurdu. Memlekette bir çok erbaibi teşebbüs bu kazancı gördüler, Edremit, Ayvalık havalesinde, İzmir’de, Bayındır’da fabrikalar tesis olunmuş, istihsalata başlanmıştır ve ümit ediyorum ki, birkaç sene sonra prina ihracatımız kalmayacaktır. Doğrudan bunlar da yağa kalp edilerek sabunculuk istihsalatına medar olacaktır. Yunanistan sabunlarının bizim sabunlarımıza rekabet etmesinin bir sebebi de budur. Çünkü onlar âdi yağları sabunlara kullanırlar, daha ucuz mal ederler.

Zeytinyağlarımızda malumu âliniz İtalya ve Fransa’ya gider ve orada tasfiye edilerek Amerika ve Şimali Avrupa memleketlerine gönderilir. Bu zeytin yağlar memleketimizde iyi tasfiye edilirse İtalya ve Fransa’nın ikinci bir ameliye ile kazandığı fiyatlar memleketimizde kalacak ve müstehliklere isali mümkün olacaktır. Üç çeltik fabrikamız vardır. Bunların senelik istihsalatı 5 bin tondur. 13 susam yağı fabrikası vardır. 880 tondur. Şekerleme çikolata, helva gibi müesses at 12 adettir. 600 ton helva, 600 ton şekerleme istihsal olunmaktadır. Arz ettiğim bu fabrikalar Türkiye’deki fabrikaların yekûnu değildir. Teşviki sanayiden 9 ay zarfında istifade edenleridir. Umum fabrikaların adedi ve istihsalatı daha çoktur [17].

EK-2. Soxhlet aygıtı için yapılan hesaplamalar

Deney 1

Elde edilen yağ yüzdesi:

$$\frac{0,6012g}{20g} * 100 = \%3,0$$

Birim kütlede örnek için çözücü gereksinimi: 7,5 ml hegzan/g prina

Birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi: 249,5 ml hegzan/g yağ

Deney 2

Elde edilen yağ yüzdesi:

$$\frac{0,5273g}{20g} * 100 = \%2,6$$

Birim kütlede örnek için çözücü gereksinimi: 7,5 ml hegzan/g prina

Birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi: 284,5 ml hegzan/g yağ

Deney 3

Elde edilen yağ yüzdesi:

$$\frac{0,6126g}{20g} * 100 = \%3,1$$

Birim kütlede örnek için çözücü gereksinimi: 7,5 ml hegzan/g prina

Birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi: 244,9 ml hegzan/g yağ

EK-3. Hegzan ile yıkama için yapılan hesaplamalar

10 dakikalık yıkama

Örnekten alınan yağ kütlesi, g * $\frac{\text{Eklenen çözücü hacmi, ml}}{\text{alınan çözelti hacmi, ml}}$ = Örnekteki toplam yağ kütlesi, g

1. Yıkama

$$1,39g * \frac{205}{168} = 1,69g$$

$$\frac{1,69g}{157g} * 100 = \%1,08$$

2. Yıkama

$$1,23 * \frac{158ml}{145ml} = 1,34g$$

$$\frac{1,34g}{157g} * 100 = \%0,85$$

3. Yıkama

$$0,63 * \frac{141ml}{140ml} = 0,64g$$

$$\frac{0,64g}{157g} * 100 = \%0,4$$

4. Yıkama

$$0,39 * \frac{130ml}{130ml} = 0,39g$$

$$\frac{0,39g}{157g} * 100 = \%0,24$$

5. Yıkama

$$0,34 * \frac{135ml}{135ml} = 0,34g$$

$$\frac{0,34g}{157g} * 100 = \%0,22$$

Elde edilen toplam yağ yüzdesi: %2,52

EK-3. (devam) Hegzan ile yıkama için yapılan hesaplamalar

Birim kütlede örnek için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{770\text{ml}}{157\text{g}} = 4,9 \quad \text{ml hegzan/g prina}$$

Birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{770\text{ml}}{4,4\text{g}} = 173,2 \quad \text{ml hegzan/g yağ}$$

15 dakikalık yıkama

1. Yıkama

$$1,4\text{g} * \frac{178\text{ml}}{145\text{ml}} = 1,7\text{g}$$

$$\frac{1,7\text{g}}{150\text{g}} * 100 = \%1,13$$

2. Yıkama

$$1\text{g} * \frac{127\text{ml}}{125\text{ml}} = 1,02\text{g}$$

$$\frac{1,02\text{g}}{150\text{g}} * 100 = \%0,68$$

3. Yıkama

$$0,7\text{g} * \frac{122\text{ml}}{120\text{ml}} = 0,71\text{g}$$

$$\frac{0,71\text{g}}{150\text{g}} * 100 = \%0,47$$

4. Yıkama

$$0,5\text{g} * \frac{126\text{ml}}{122\text{ml}} = 0,52\text{g}$$

$$\frac{0,52\text{g}}{150\text{g}} * 100 = \%0,35$$

5. Yıkama

$$0,3\text{g} * \frac{130\text{ml}}{122\text{ml}} = 0,32\text{g}$$

EK-3. (devam) Hegzan ile yıkama için yapılan hesaplamalar

$$\frac{0,32g}{150g} * 100 = \%0,21$$

Elde edilen toplam yağ yüzdesi: %2,6

Birim kütlede örnek için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{683ml}{150g} = 4,55$$

ml hegzan/g prina

Birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{683ml}{4,3g} = 158,8$$

ml hegzan/g yağ

EK-4. İdeal karıştırma süresi hesaplamaları

$$\text{Çözüldürden Alınan Yağ Kütlesi, g} * \frac{\text{Eklenen Çözüldür Hacı + Eklenen Çözücü Hacı, ml}}{\text{Alınan Çözüldür Hacı, ml}}$$

$$= \text{Örnekteki Toplam Yağ Kütlesi, g}$$

1.Karıştırma

Elde edilen toplam yağ kütlesi:

$$0,54g * \frac{200ml}{120ml} = 0,9g$$

Elde edilen toplam yağ yüzdesi:

$$\frac{0,9g}{150g} * 100 = \%0,66$$

Birim küttele örnek için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{200ml}{150g} = 1,33 \text{ ml hegzan/g prina}$$

Birim küttele yağ için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{200ml}{0,9g} = 222,2 \text{ ml hegzan/g yağ}$$

2.Karıştırma

Elde edilen toplam yağ kütlesi

$$0,57g * \frac{200ml}{115ml} = 1g$$

Elde edilen toplam yağ yüzdesi:

$$\frac{1g}{150g} * 100 = \%0,66$$

Birim küttele örnek için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{200ml}{150g} = 1,33 \text{ ml hegzan/g prina}$$

Birim küttele yağ için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{200ml}{1g} = 200 \text{ ml hegzan/g yağ}$$

EK-4. (devam) İdeal karıştırma süresi hesaplamaları

3.Karıştırma

Elde edilen toplam yağ kütlesi

$$1,02g * \frac{190ml}{105ml} = 1,84g$$

Elde edilen toplam yağ yüzdesi:

$$\frac{1,84g}{150g} * 100 = \%1,23$$

Birim kütlede örnek için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{190ml}{150g} = 1,27 \text{ ml hegzan/g prina}$$

Birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{190ml}{1,84g} = 103,3 \text{ ml hegzan/g yağ}$$

4.Karıştırma

Elde edilen toplam yağ kütlesi

$$2,15g * \frac{175ml}{103ml} = 3,66g$$

Elde edilen toplam yağ yüzdesi:

$$\frac{3,66g}{150g} * 100 = \%2,44$$

Birim kütlede örnek için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{175ml}{150g} = 1,16 \text{ ml hegzan/g prina}$$

Birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{175ml}{3,66g} = 47,8 \text{ ml hegzan/g yağ}$$

5.Karıştırma

Elde edilen toplam yağ kütlesi

$$3g * \frac{185ml}{105ml} = 5,3g$$

EK-4. (devam) İdeal karıştırma süresi hesaplamaları

Elde edilen toplam yağ yüzdesi:

$$\frac{5,3g}{150g} * 100 = \%3,53$$

Birim kütlede örnek için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{185ml}{150g} = 1,23 \quad \text{ml hegzan/g prina}$$

Birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{185ml}{5,3g} = 34,9 \quad \text{ml hegzan/g yağ}$$

6.Karıştırma

Elde edilen toplam yağ kütlesi

$$3,02g * \frac{185ml}{105ml} = 5,32g$$

Elde edilen toplam yağ yüzdesi:

$$\frac{5,32g}{150g} * 100 = \%3,55$$

Birim kütlede örnek için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{185ml}{150g} = 1,23 \quad \text{ml hegzan/g prina}$$

Birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{185ml}{5,32g} = 34,8 \quad \text{ml hegzan/g yağ}$$

EK-5. Karıştırmanın sistem üzerindeki etkileri hesaplamaları

$$\text{Çözeltilerden Alınan Yağ Kütlesi, g} * \frac{\text{Eklenen Çözelti Hacmi} + \text{Eklenen Çözücü Hacmi, ml}}{\text{Alınan Çözelti Hacmi, ml}}$$

= Örnekteki Toplam Yağ Kütlesi, g

1. Karıştırma

$$3g * \frac{185ml}{105ml} = 5,3g$$

$$\frac{5,3g}{150g} * 100 = \%3,53$$

2. Karıştırma

$$5,57g * \frac{200ml}{125ml} = 8,9g$$

$$\frac{8,9g}{300g} * 100 = \%2,97$$

3. Karıştırma

$$7,77g * \frac{200ml}{120ml} = 13g$$

$$\frac{13g}{450g} * 100 = \%2,88$$

4. Karıştırma

$$9,66g * \frac{200ml}{120ml} = 16g$$

$$\frac{16g}{600g} * 100 = \%2,68$$

5. Karıştırma

$$14,16g * \frac{200ml}{165ml} = 17,16g$$

$$\frac{17,16g}{750g} * 100 = \%2,29$$

Elde edilen toplam yağ kütlesi: 17,16 g

Elde edilen toplam yağ yüzdesi: %2,29

EK-5. (devam) Karıştırmanın sistem üzerindeki etkileri hesaplamaları

Birim kütlede örnek için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{518\text{ml}}{750\text{g}} = 0,69 \text{ ml hegzan/g prina}$$

Birim kütlede yağ için çözücü gereksinimi:

$$= \frac{518\text{ml}}{17,16\text{g}} = 30 \text{ ml hegzan/g yağ}$$



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SARIHAN, Zehra Betül
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 05.09.1990, İstanbul
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (507) 105 89 59
 e-mail : zbetulocal@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gebze Teknik Üniversitesi / Çevre Mühendisliği	Devam ediyor
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Kimya Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Kimya Mühendisliği	2014
Lise	Ankara Atatürk Lisesi	2008

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016-Halen	Gebze Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2015-2016	Gazi Üniversitesi	Proje Asistanı
2014-2015	ASTAV	Kalite Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Öcal Z.B., Mutlu S.F. (2017). Kuru prinadan zeytinyağı özütlenmesinde karıştırma yöntemlerinin geliştirilmesi ile yağ özütleme veriminin geliştirilmesi, 2016-2017 Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Araştırmalar Sempozyumu Bildiri Kitabı, 50.

Hobiler

Müzik dinlemek, kitap okumak, yürüyüş yapmak

DİZİN

B

Burgu Karıştırıcı · 26, 27, 28

Ç

Çözgen · 8, 14, 16, 22, 26, 36, 46,

D

Damıtma · 13, 18, 19, 20, 21, 28,

H

Ham Prina Bileşenleri · 9
Heptan · 30, 64

K

Karıştırma Süresi · 35, 42, 51, 58
Karıştırma Verimi · 22
Klasik Sistem · 5, 7, 10, 19, 20

M

Modern Sistem · 10, 19, 20

Ö

Özgeçmiş · 76

P

Pedallı Karıştırıcı · 23, 24, 25, 27
Petrol Eteri · 28, 29, 30, 31, 64
Prina İşleme Tesisi · 13

R

Rafine Zeytin Yağları · 6
Riviera Zeytin Yağları · 6

S

Sarmal Pedallı Karıştırıcı · 24
Soxhlet Aygıtı · 35, 36, 39

T

T Kollu Karıştırıcı · 25, 27

V

V Tipi Karıştırıcı · 26, 27, 28

Z

Z Kollu Karıştırıcı · 22, 23, 27
Zeytin Ürünleri ve Süreçleri · 8



GAZİ GELECEKTİR..