

T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAHİNLERDEKİ FAZ AYRIMI VE REOLOJİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE  
ULTRASES İŞLEMİNİN ETKİSİ**

**HAKAN BAŞDOĞAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
YRD. DOÇ. DR. SALİH KARASU**

**İSTANBUL, 2016**

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TAHİNLERDEKİ YAĞ AYRIMI ÜZERİNE ULTRASES İŞLEMİNİN ETKİSİ**

Hakan BAŞDOĞAN tarafından hazırlanan tez çalışması 25.11.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Yrd. Doç. Dr. Salih KARASU  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Yrd. Doç. Dr. Salih KARASU  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. M. Fatih ERTUGAY  
Erzincan Üniversitesi

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ  
Yıldız Teknik Üniversitesi

---

---

---

## ÖNSÖZ

---

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen, tezimin her aşamasında bana çok yardımcı olan değerli hocalarım, Prof. Dr. M. Fatih ERTUGAY'a, Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ'a ve Yrd. Doç. Dr. Salih KARASU'ya sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca hayatım boyunca yanımda olan Annem ve Babam Yüksel, Atasoy BAŞDOĞAN'a, kıymetli ağabeylerim Sadık, Serkan, Oğuzhan BAŞDOĞAN'a özel olarak teşekkür ederim.

En kıymetlilerim; sevgili eşim Günay BAŞDOĞAN'a ve canım evlatlarım Aras Atasoy ve Arya BAŞDOĞAN'a sonsuz sevgilerimle.

Kasım, 2016

Hakan BAŞDOĞAN



Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün 2015-07-05-KAP03 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

## İÇİNDEKİLER

---

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	VII
ŞEKİL LİSTESİ.....	VIII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	IX
ÖZET.....	X
ABSTRACT.....	XII
<b>BÖLÜM 1</b>	
<b>GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1    Literatür Özeti.....	1
1.2    Tezin Amacı.....	5
1.3    Hipotez.....	5
<b>BÖLÜM 2</b>	
<b>KURAMSAL TEMELLER.....</b>	<b>6</b>
2.1    Tahin.....	6
2.2    Susam.....	7
2.2.1    Susam Tahinlerinin Özellikleri.....	8
<b>BÖLÜM 3</b>	
<b>TAHİN ÜRETİMİ VE ULTRASES İŞLEMİ.....</b>	<b>10</b>
3.1    Tahin Üretimi.....	10
3.1.1    Yabancı Maddelerin Uzaklaştırılması.....	10
3.1.2    Kabukların Soyulması.....	10
3.1.3    Kavurma ve Kurutma ....	13
3.1.4    Öğütme.....	14
3.2    Ultrases.....	15
3.2.1    Ultrase Mekanizması ve Etkileri.....	15
3.2.2    Kavitasyon.....	16

3.2.3	Gıda teknolojisinde Ultreses Kullanımı.....	17	
<b>BÖLÜM 4</b>			
<b>MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>			<b>19</b>
4.2	Çalışma Planı.....	19	
4.3	Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	20	
4.3.1	Kül Analizi.....	20	
4.3.2	Toplam Kurumu Madde Analizi.....	20	
4.3.3	Toplam Yağ Miktarı.....	21	
4.3.4	Protein Tayini.....	21	
4.3.5	Renk Analizi.....	21	
4.3.6	Peroksit Analizi.....	22	
4.3.7	Yağ Ayrılma Oranı .....	23	
4.3.8	Reolojik Analizler.....	23	
4.3.9	Duyusal Analizler .....	23	
4.3.10	İstatiksel Analizler.....	24	
<b>BÖLÜM 5</b>			
<b>ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>			<b>25</b>
5.1	Uygulama Parametreleri.....	25	
5.2	Sem Görüntüleri.....	26	
5.3	Yağ Fazının Ayrılması.....	30	
5.4	Reolojik Değişimler.....	32	
5.5	Duyusal Analiz.....	35	
5.6	Renk Değişimi.....	36	
<b>BÖLÜM 6</b>			
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>			<b>37</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>			<b>39</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>			<b>42</b>

## SİMGE LİSTESİ

---

$\alpha^*$	Renk ölçümünde yeşillik-kırmızılık göstergesi
$b^*$	Renk ölçümünde mavilik-sarılık göstergesi
$\Delta E$	Toplam renk değişimi
$L^*$	Renk ölçümünde beyazlık-siyahlık göstergesi
$C^*$	Kroma değeri
KM (%)	Kuru maddenin miktarı (%)
M	Kurutma kabı ve kapağının darası (g)
$M_1$	Kurutma kabı ve kapağı ile kalıntının ağırlığı (g)
$M_2$	Kurutma kabı ve kapağı ile numunenin ağırlığı (g)
$W_1$	Örnek ağırlığı, g
$W_2$	Ekstraksiyon kabının ağırlığı, g
$W_3$	Ekstraksiyon sonrası ekstraksiyon kabı +yağ miktarı, g
K	Kör için harcanan titrant hacmi; ml
Ö	Örnek için harcanan titrant hacmi; ml
N	Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi
P.D.	Peroksit değeri (meq/1000 g)
ES	Emülsiyon stabilitesi
SW	Ayrışan su (mL) $\times$ 2,5
SO	Ayrışan yağ (mL) $\times$ d $\times$ 2,5
d	Yağın özgül ağırlığı

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. 1	Mekanik emülsifikasyon işlemi.....	8
Şekil 2. 1	Tahin üretimi işlem akış şeması .....	8
Şekil 2. 2	Susam .....	9
Şekil 2. 3	Susam bitkisi .....	10
Şekil 2. 4	Susam kabuğu .....	11
Şekil 3. 1	Metal dedektör .....	12
Şekil 3. 2	Yıkama teknesi .....	12
Şekil 3. 3	Trommel.....	13
Şekil 3. 4	Tuzlama teknesi .....	14
Şekil 3. 5	Kurutma santrifüjü .....	14
Şekil 3. 6	Kurutma Tüneli.....	15
Şekil 3. 7	Silindir kurutma fırını .....	19
Şekil 3. 8	Tahin.....	27
Şekil 4. 1	Sürekli akışlı ultrases cihazı .....	28
Şekil 4. 2	Sürekli akışlı ultrases işlem hattı .....	29
Şekil 5. 1	%50 Genlikte ultrason uygulanan tahinlerin SEM görüntüsü.....	29
Şekil 5. 2	%75 Genlikte ultrason uygulanan tahinlerin SEM görüntüsü.....	30
Şekil 5. 3	%100 Genlikte ultrason uygulanan tahinlerin SEM görüntüsü.....	31
Şekil 5. 4	Herhangi bir işlem uygulanmayan tahinlerin SEM görüntüsü .....	31
Şekil 5. 5	%50 genlikte ultrases uygulanan tahinlerin depolama faz ayrılımları.....	33
Şekil 5. 6	%75 genlikte ultrases uygulanan tahinlerin depolama faz ayrılımları.....	31
Şekil 5. 7	%100 genlikte ultrases uygulanan tahinlerin depolama faz ayrılımları.....	31
Şekil 5. 8	Farklı şiddet ve sürede ultrases uygulamasının tahinlerin akış davranışları	33



## ÇİZELGE LİSTESİ

---

	Sayfa
Çizelge 4. 1 Hedonik skala ölçeğinin dağılımı .....	26
Çizelge 5. 1 Ultrases uygulanan örneklerdeki güç seviyeleri ve son sıcaklıkları i.....	34
Çizelge 5. 2 Örneklerin K, n ve R2 değerler .....	35
Çizelge 5. 3 Örneklerin duyuşal analizleri .....	36
Çizelge 5. 4 Örneklerin renk analizleri .....	36

## TAHİNLERDEKİ FAZ AYRIMI VE REOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ULTRASES İŞLEMİNİN ETKİSİ

Hakan BAŞDOĞAN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Salih KARASU

Susamın farklı işlemlere tabi tutulması ile elde edilen tahin besin değeri zengin ve uzun yıllardır kullanılan bir gıdadır. Tahin yüksek oranda protein ve yağ içeren koloidal bir yapıya sahiptir. Tahinin yapısında bulunan %55-%60 oranındaki yağ depolama sırasında diğer yapılardan ayrılmaktadır. Yağ ayrışması doğal bir olay olmasına rağmen tüketiciler tarafından arzu edilmemekte, ürün bozuk veya kalitesiz olarak nitelendirilmektedir. Depolama süreci boyunca yağ tamamen ayrılmakta ve ambalajın dibindeki ürün katılaşarak, kullanımı zorlaşmaktadır.

Tahinde meydana gelen bu yağ ayrışmasını önlemek ve en aza indirmek amacıyla ısısal olmayan gıda işleme yöntemlerinden biri olan ultrases (Ultrasound) tekniği bu amaçla kullanılması hedeflenmiştir. Ultrases farklı frekanslardaki ses dalgalarının ortam içerisinde oluşturduğu kavitasyon sayesinde ürünlerde homojenizasyon etkisi oluşturmaktadır. Bu etki ürünlerdeki parçacıkların boyutunun küçülmesini sağlayarak daha homojen bir yapı oluşturur. Böylece ürünün daha uzun süre stabil kalması ve ayrışmanın gecikmesi öngörülmüştür.

Çalışma kapsamında tahindeki yağ ayrışmasını önlemek amacıyla tahin örneklerine farklı dalga genliği seviyeleri ve akış hızlarında sürekli sistem ultrasonik homojenizatör ile işlem yapılmıştır. Ultrasonik homojenizatörden geçirilmiş örnekler, hiç işlem görmemiş ve emülgatör olarak lesitin ilave edilmiş örnekler ile karşılaştırılarak sistemin endüstride kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ürünlerin karşılaştırılması sırasında

sedimentasyon, renk, peroksit sayısı, partikül büyüklüğü, peroksit sayısı, emülsiyon stabilitesi, duysal ve reolojik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmanın sonuçları önemli bir sorun olan tahinde yağ ayrışmasını önlemesi ve buna bağlı olarak müşteri memnuniyeti sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Tahin, ultrases, sedimentasyon, faz ayrılması, reoloji



**USING ULTRASOUND TECHNOLOGY FOR SOLVING OIL SEPERATION  
PROBLEM FROM TAHINI**

Hakan BAŞDOĞAN

Department of Food Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Asst. Prof. Dr. Salih KARASU

Tahini is a traditional food product and it is very high energy. Sesame oil (tahini), condensed with a colloidal suspension, also has a high protein and fat content. A phase separation takes place based on the separation of oil from other components during storage of sesame oil. Although this event a natural phenomenon encountered in the storage of tahini, it leads to be perceived as corrupt or poor quality products by consumers and it creates a negative image of the product. Also in the advanced stages of sedimentation solidifies the bottom of the packaging and the use of sesame oil is becoming a difficult task.

Ultrasound is technology used to homogenization due to the cavitation generated by the high energy input. This homogenization on the micro level can lead to the delay of the phase separation and emulsion stability of the products observed in the longer

In this study, sesame oil will be treated with an ultrasonic homogenizer with 3 different levels of ultrasound and 2 2 different flow rate using by continuous system. It is aimed to determine the industrial applicability that these samples treated compare with untreated samples and samples added lecithin. For this purpose, sedimentation, color, number of peroxides, particle size, peroxide analysis, emulsion stability, organoleptic and rheological properties will be determined. The results of the study of the production of higher quality tahini sesame oil in case of positive will be the case.

**Keywords:** Tahini, ultrasound, sedimentation, phase separation, rheology



---

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY**  
**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

#### 1.1 Literatür Özeti

Tahin, susamın temizlik, kabuk ayırma, kavurma ve öğütme işlemlerine tabi olmasıyla elde edilen bir üründür. Asya, Ortadoğu ve Akdeniz ülkelerinde kullanımı yaygın olan tahin, besleyici ve lezzetli özelliği nedeniyle sade veya diğer gıdalarla birlikte yoğun olarak tüketilmektedir [1].

Yapılan literatür araştırmasında, susam ve susam yağı ile ilgili çok fazla çalışma olduğu, fakat tahin ile ilgili çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmüştür. Tahinin yapısının büyük bir bölümünü %55-60 yağ, %23-27'lik bölümünü protein, %6,4-20'lik bölümünü karbonhidrat ve %1-3 lük bölümünü su oluşturmaktadır.)Tahinin yapısında ayrıca kalsiyum, demir ve magnezyum gibi önemli mineraller bulunmaktadır [1]. Tahinin yağı, yapısında bulunan sesamin, sesamolin gibi önemli antioksidanlar nedeniyle dayanıklı yağ olarak tanımlanır [2]. Farklı bölgelerden elde edilen susam, susam yağı ve tahin yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenerek yapılan çalışmada tahinin %0,39-1,47 su, %2,60- 3,70 kül, %17,88- 24,27 ham protein, %46,90-58,70 ham yağ, %3,25-4,70 ham selüloz ve %0,22-0,69 tuz içerdiği belirlenmiştir. Mineral madde bileşimi ise %0,17-0,27 Na, %0,24-0,53 K, %0,75-1,40 P, 13,55-20,45 mg/kg Cu, 52,02-80,92 mg/kg Fe, 14,34-21,90 mg/kg Mn ve 61,95- 100,65 mg/kg Zn olarak ifade edilmiştir [1].

Tahinin içinde bulunan katı maddeler yağ içerisinde askıda bulunmaktadır. Zamanla ürünün depolaması sırasında bu katı maddeler dibe çökerek yağ ve katı maddeler ayrılmaktadır. Bu şekilde katı ve sıvı fazın bulunduğu gıdalarda çökelme meydana gelebilmektedir [3]. Tahinde zamanla oluşan faz ayrımı tüketicilerde memnuniyetsizlik oluşturmaktadır. Ayrıca tahindeki yağ ayrışması diğer ürünlerde tahin kullanıldığında da sorun oluşturmaktadır.

Ürünün yapısının, ürünün akış özelliği üzerinde önemli bir etkisi vardır [4]. Ürünün kimyasal bileşimi yanında sıcaklık gibi fiziksel özellikleri ve viskozitesi de ürünün akıcılık özelliği üzerinde etkilidir [4], [5]. Süspansiyon halindeki gıdalarda askıda bulunan tanelerle polimerin etkileşimi ürünün koloit dayanıklılığı ve reolojisi üzerinde etkilidir. Örneğin sütte, sıvı fazda asılı duran yağ damlacıkları, koloidal boyuttaki kalsiyum fosfat taneleri ve proteinler bulunmaktadır [6]. Benzer şekilde yağ ve protein açısından zengin olan tahinde, yağ fazı içinde koloidal dağılımlar mevcuttur [7].

Endüstride gıdanın reolojik özelliklerine aşağıda belirtilen birçok nedenle ihtiyaç duyulmaktadır [9], [10].

- İşletme dizaynı: İşletme dizaynı sırasında gerekli pompa, boru çapı ve makine gücünün seçimi için gereklidir. Ürünün viskozitesinin yüksek olması durumunda daha güçlü, özel sistem ihtiyacı oluşmaktadır.
- Kalite kontrol: Ürünün reolojik özellikleri kontrol edilerek ara ve son ürün kalite kontrollü gerçekleştirilebilir, raf ömrü testleri yapılabilir.
- Duyusal özelliklerin değerlendirilmesi: Ürünün reolojik özellikleri ile duyusal özellikleri arasındaki ilişkiden tüketici beğenisi belirlenebilir. Örneğin ürünün kıvamının yüksek olması, buna paralel olarak sürülebilir özelliğinin kötü olması tüketici tercihlerini olumsuz etkileyecektir.
- Gıdanın yapısının ve gıdanın yapısını oluşturan moleküler bileşenlerin düzeni belirlenebilir.

Reolojik ölçümler sayesinde deformasyona ya da akışa sebep olacak kuvvet sistemlerini değerlendirmek veya sisteme verilen kuvvetten kaynaklanan deformasyon ve akışı

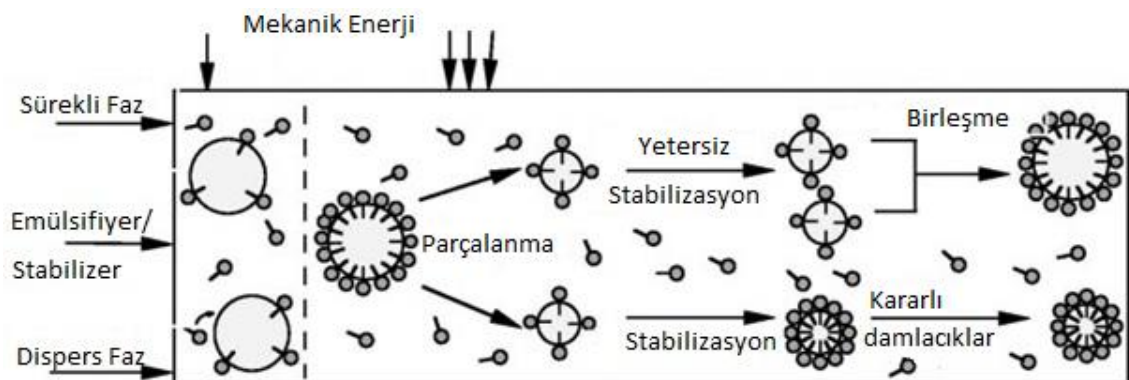
tahmin etmek de mümkündür. Gıdaya dışarıdan belirli bir kuvvet uygulandığında kuvvet altında akabilir veya düzelebilen deformasyona uğrayabilir. Bazı gıdalarda hem akma hem düzelebilen deformasyon birlikte gerçekleşebilir. Deformasyonun düzelebilmeye derecesine göre temel reoloji kavramları şu şekilde sınıflandırılır [11].

- Viskoz akış
- Elastik deformasyon
- Viskoelastiklik

Tahin ve helvanın reolojik özellikleri üzerinde yapılan çalışmada tahinin psödoplastik ve tiksotropik özellikler gösterdiği tespit edilmiştir [7], [8]. Benzer şekilde yapılan diğer bir çalışmada tahinin %20 konsantrasyona kadar Newtonian davranış gösterdiği daha yüksek konsantrasyonlarda psödoplastik bir davranış gösterdiğini görünmüştür.

Emülsiyonlar dipers sıvı-sıvı karışımlardır. Süt, mayonez, fındık ezmesi, losyonlar, merhemler, boyalar emülsiyon örneklerindedir. Bu şekildeki ürünlere olan talebin artması nedeniyle emülsiyon üretimi ve stabilitesinin temel mekanizmasının belirlenmesi ürünlerin istenilen özellikte üretilebilmesi açısından önem taşımaktadır [12], [13].

Emülsiyon iki ya da daha fazla çözünmeyen sıvının birbiri içerisinde bulunmasıdır, Emülsiyonlar termodinamik açıdan kararlı olmayan birleşiklerdir. Emülsiyonlarda sıvı fazın daha küçük damlacıkları içeren diğer sıvı fazlar içerisinde dağılabilmesi için enerjiye ihtiyacı vardır (Şekil 1.1).



Şekil 1. 1 Mekanik emülsifikasyon işlemi [14]



Yukarıdaki şekil mekanik emülsifikasyon işlemini tanımlamaktadır. Sıvılar karışmadan önce daha büyük olan damlacıklar enerji girişi ile küçük parçalara ayrılmaktadır. İkinci safhada ise yeni oluşan küçük damlacıklar birleşmeye karşı durmaktadır. Ayrı fazları birleştirmek amacıyla emülgatör kullanılmaktadır. Emülgatörler yüzey aktif maddelerdir ve her iki faza tutunarak, dispers fazın kararlı olmasını sağlarlar [15].

Ultrases işleminin farklı ürünler için kullanılabilmesi için 20.yy 'ın ikinci yarısından itibaren çalışmalar devam etmesine rağmen henüz ticari kullanımı yaygınlaşmamıştır. Fakat son yıllarda gıda, kimya ve makine sektörlerinde ultrases kullanımına ilgi artmaktadır. Ultrases sistemleri gıda sektöründe emülsiyon oluşturma, kesme, kurutma, ekstraksiyon, kristalizasyon, köpük giderme, enzim ve mikroorganizma aktivitelerinin azaltılması veya kontrol edilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır [16], [17], [18], [19], [20]. Ultrases sistemiyle mikroorganizmaların inaktivasyonu Amerika Gıda ve İlaç Birliği (FDA) tarafından alternatif gıda teknolojisi olarak kabul edilmiştir. Ayrıca ultrases sistemi ekstraksiyon işlemi için de kullanılmaktadır, böylece daha hızlı ve daha etkin ekstraksiyon sağlanmaktadır. Son yıllarda ultrases sistemi kurutma işlemi içinde kullanılmaktadır, ultrases sistemi sayesinde düşük sıcaklıkta, ürün özellikleri korunarak kurutma işlemi gerçekleştirilebilmektedir [21]. Ultrases sisteminin emülsiyon oluşturmak amacıyla margarin ve boya sektöründe endüstriyel ölçekli olarak kullanılmaktadır. Ultrases sistemi sayesinde margarinin su kapasitesi ve yapısı iyileştirilmektedir.

Nişasta ve polisakkarit çözeltilerinde jelatinizasyon sonrası ultrases sistemi uygulandığında karışımın viskozitesinde azalma olduğu gözlenmiştir [20] .

Ultrases etkisi altında damlacık oluşum ve bozulmasını sağlayan birçok mekanizma vardır [22], [23], [24], [25]. Bu mekanizmalardan biri, sıvı-sıvı ara yüzünde meydana gelen kararsız titreşimler sonucu damlacık oluşumudur. Sadece bozulan damlacık çapı kılcı dalgaların dalga boyundan yeterince büyükse kılcı dalgalar oluşabilmekte ve dispersiyon oluşumuna katkıda bulunabilmektedir. Su ve yağ ortak sistemlerinde bu dalga boyunun yaklaşık 10 µm olduğu [26] bilinmektedir. Bu değer ise sürekli emülsifikasyon için hazırlanan bir ön karışımındaki damlacıkların tipik boyutudur. Bu nedenle böyle bir sistemde, kılcı dalgalar tarafından damlacık oluşumu veya bozulması

mümkün değildir. Emülsifikasyon üzerine ses frekanslarının etkisini araştıran Neduzhii' de (1963) bu durumu tespit etmiştir [23].

Kavitasyon mekanizması da genellikle uygulanan şartlar altında çok önemli olarak değerlendirilmektedir [27], [23], [28]. Sıvılarda parametrelerin kavitasyondan olumlu yönde etkilendiği ve bozulmadan sonra küçük damlacık boyutu açısından emülsiyonun dispers fazını geliştirdiği bilinmektedir [15].

## **1.2 Tezin Amacı**

Tahin ülkemizde yoğun olarak kullanılan besin değeri yüksek bir gıdadır. Tahinin yapısında %55-%60 oranında yağ, %23-27 oranında protein, %6.4-%20 oranında karbonhidrat ve %1-3 oranında su bulunmaktadır [1]. Tahinin bu yapısından dolayı depolama sırasında zamanla yağ fazı diğer kısımlardan ayrılmaktadır. Bu durum tahinin kullanımını zorlaştırmakta ve tüketici tarafından olumsuz yorumlanmaktadır.

Bu çalışmada gıda ve kimya sektöründe emülsiyon oluşturma, kesme, kurutma, ekstraksiyon, homojenizasyon, kristalizasyon, köpük giderme, enzim ve mikroorganizma aktivitelerinin azaltılması veya kontrol edilmesi gibi uygulamaları olan ultrases tekniğinin kullanılarak tahinde yaşanan faz ayrışması probleminin geciktirilmesi veya engellenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada tahin numunesine farklı dalga genliği ve işlem sürelerinde ultrases uygulanmıştır.

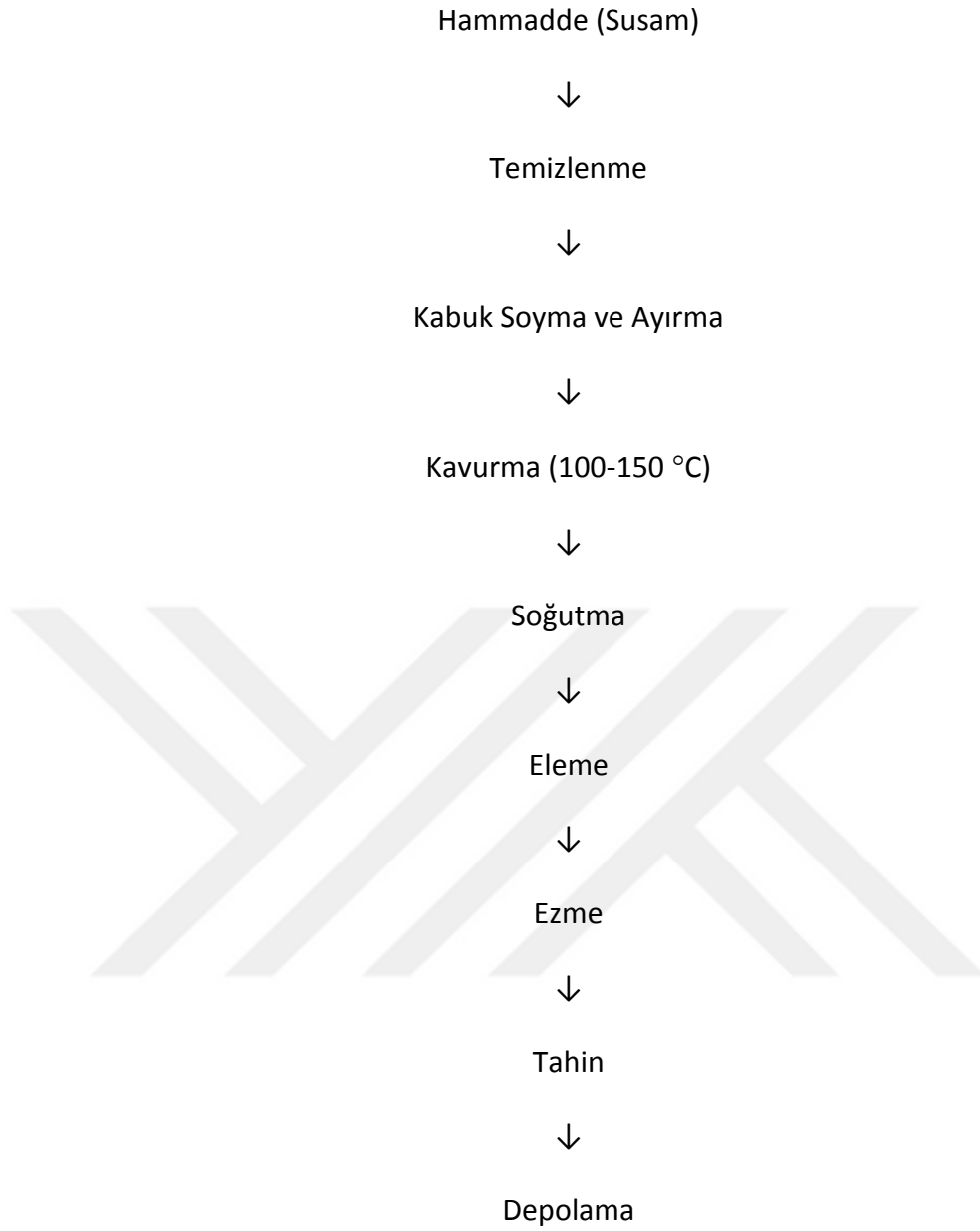
## **1.3 Hipotez**

Ultrases tekniğinin kullanılarak tahine uygulanacak farklı dalga genliği ve işlem sürelerinde ultrases işleminin, yaşanan faz ayrışması probleminin geciktirilmesi veya engellenmesi üzerine etkisi olacağı varsayılmaktadır.

### KURAMSAL TEMELLER

#### 2.1 Tahin

Susamın kabuğundan ayrıldıktan sonra kavrulması ve kavrulan susamların değirmende ezilmesiyle tahin elde edilir. Tahinin lezzeti ve kimyasal özellikleri üretildiği susama göre farklılık göstermektedir. Tahin üretiminde ağırlıklı olarak ithal susam kullanılmaktadır. Tahin olarak işlenecek susamın içeriğindeki yabancı maddeler öncelikle temizlenir, temizlenen susamların kabuklarının ayrılması için su havuzlarında ıslatılır. Islatılan susamların kabuklarının çıkması için dövme işlemi gerçekleştirilir. Dövme işlemi sonrası kabukların susam tanelerinden ağırlık farkı ile ayrılması için susam taneleri tuzlu su içinde bekletilir. Kabuk taneleri dibe çöktüğünde üstte toplanan susamlar alınarak tuzunun arındırılması için yıkama işlemine tabi tutulur. Yıkama işleminden sonra kabuğu soyunmuş susam taneleri (100-150°C) arasında kavrulur. Kavrurma süresi ve sıcaklığı tahinin lezzetini etkileyen önemli bir parametredir. Piyasada yaygın olarak satılan tahin yanında bazı firmalarının özel çok kavrulmuş tahinleri de bulunmaktadır. Kavrurma işlemiyle suyu uzaklaştırılan susamlar değirmende öğütülerek sıvı hale getirilmektedir. Bazı firmalar değirmende öğütme öncesi yanan kabuk parçalarının ayrışması için susamları sorter cihazından geçirmektedir. Böylece son üründe görülebilen siyah taneler engellenmektedir. Çok kademeli olarak üretimi gerçekleştirilen tahin direkt tüketildiği gibi diğer gıda maddeleri için hammadde olarak da kullanılmaktadır. Tahin üretim akışı aşağıda belirtilmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2. 1 Tahin üretimi işlem akış şeması

## 2.2 Susam

**Susam** (*Sesamum indicum*), Pedeliaceae familyasına ait bir bitki türüdür Şekil 1). Afrika, Asya, Avrupa ve Türkiye'nin sıcak bölgelerinde üretilmektedir. 2013 yılında dünyada 4.2 milyon ton susam üretimi gerçekleştirilmiştir. Çin ve Hindistan bu üretimdeki en büyük paya sahiptir. TÜİK 2015 yılı verilerine göre 2015 yılında Türkiye'de 280 887 dekar alanda susam üretimi yapılmış ve 18 530 ton üretim gerçekleştirilmiştir. Yıllar itibariyle üretim miktarları ve ekim alanlarına bakıldığında zamanla azalma meydana geldiği görülmektedir. Bu durum yurtdışına bağılılığı daha da arttırmaktadır. Susam ülkemizde

ağırlıklı olarak tahin ve susam yağı üretiminde kullanılmaktadır. Bu kullanımlar yanında pastacılık ürünlerinde de susam kullanımı yaygındır. Susam yağ ağırlıklı olarak kozmetik ve ilaç sektörü tarafından kullanılmakta olup kullanım miktarı azdır.



Şekil 2. 2 Susam



Şekil 2. 3 Susam bitkisi

### 2.2.1 Susam Tohumlarının Özellikleri

*Pedaliaceae* familyasından 16 cins ve 60 tür arasında *Sesamum* cinsine ait yaklaşık 37 tür bulunmaktadır. Ancak, bu cinse giren türler arasında sadece *Sesamum indicum* türünün kültürü yapılmaktadır (Şekil 2). Kültür susamının bugün dünya üzerinde daha çok tropikal ve sıcak kuşağa yayılmış yaklaşık 3000 varyete ve ekotipi bulunmaktadır.

Susam tohumları ağırlıklı olarak beyaz renklidir. Fakat kahverengi, siyah, sarı şeklinde farklı türleri de bulunmaktadır. Susam tohumunun cinsine göre yağ oranı, protein oranı ve boyutları değişmektedir.

Susam danelerinin dış kısmında kabuk bulunmaktadır (Şekil 3). Dane üzerindeki kabuk ince olmasına rağmen danelerin çok küçük olması nedeniyle kabuğun danedeki oranı %15-20 'ye kadar yükselebilmektedir. Susamın kabuk kısmı oksalit asit ve kalsiyum açısından zengindir. Oksalit asit vücuda alındığında ortamdaki kalsiyumla tuz oluşturarak beslenme açısından olumsuz bir yapıya dönüşmektedir. Bu nedenle susam insan gıdası olarak kullanılacağı zaman kabuğu uzaklaştırılmaktadır. Susamın kabuğu ayrıldığında oksalit asit oranı %0.25'e kadar düşmektedir. Ayrıca kabukta bulunan fitik asitte minerallerin vücut tarafından kullanılmasını azaltmaktadır.



Şekil 2.4 Susam kabuğu

### TAHİN ÜRETİMİ VE ULTRASES SİSTEMİ

#### 3.1 Tahin Üretimi

##### 3.1.1 Yabancı Maddelerin Uzaklaştırılması

Susam tohumlarına hasat sırasında veya sonrasında yabancı maddeler (taş, toprak vb.) karışabilmektedir. Bu nedenle susamın işlenmeden önce içerisinde olabilecek yabancı maddelerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla boyut, şekil veya yoğunluk farkı esaslı çalışan sistemler kullanılmaktadır. Ayrıca susam tanelerine bulaşan demir içerikli yabancı maddelerin ayrılması için metal dedektör sistemlerinden geçirilmektedir (Şekil 3.1).

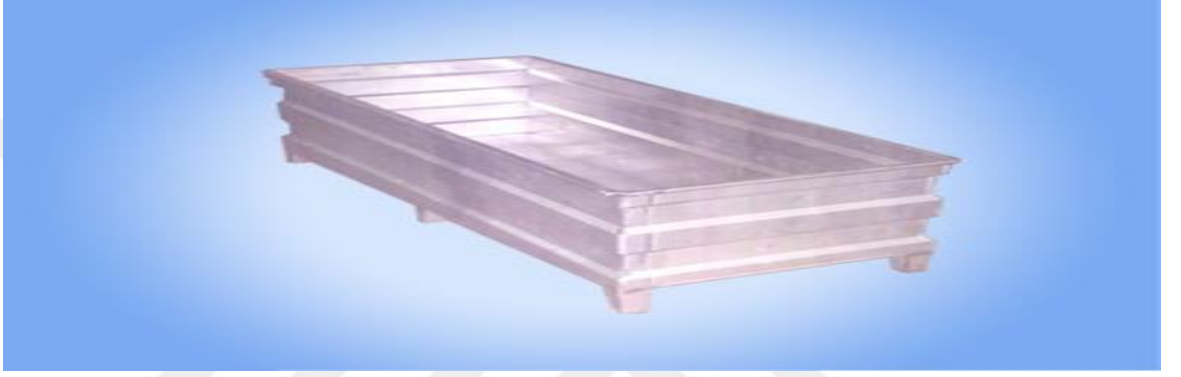


Şekil 3. 1 Metal dedektör

##### 3.1.2 Kabukların Soyulması

Tahin üretimi sırasındaki en önemli işlem adımı kabukların ayrılması işlemidir. Susam tanelerinin çok küçük olması, bu işlemin güçlüklerle yapılmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle susam çok kademeli yıkama, bekletme, kimyasal uygulama işlemlerine tabi

olmaktadır. Susamın kabuklarının ayrılması sırasında firmalar tarafından farklı işlemler uygulanabilmektedir. Kabuk ayırma işleminin ilk basamağında susam kendi ağırlığının 5 katı su içinde su banyolarında en az 6 saat bekletilir (Şekil 3.2 ).



Şekil 3. 2 Yıkama teknesi

İkinci basamak olarak yumuşamış olan susam taneleri silindirik trommel cihazından geçirilir (Şekil 6). Böylece trommel içinde bir yandan karıştırılırken, bir yandan da kısmen çarpılıp dövülen ve zaten iyice yumuşamış olan tohum kabukları, kolaylıkla daneden ayrılmaktadır. Bu işleme susam daneleri üzerindeki kabuklar tamamen ayrılana kadar devam edilir. Trommel cihazından alınan susam ve kabuk karışımı tuzlu su içeren havuz içine alınır, burada yoğunluk farkından dolayı susam taneleri üstte çıkarken kabuk taneleri havuzun altında toplanır (Şekil 3.3). Tuzlu su havuzunun üstünde toplanan susamlar süzgeç yardımı ile toplanır.



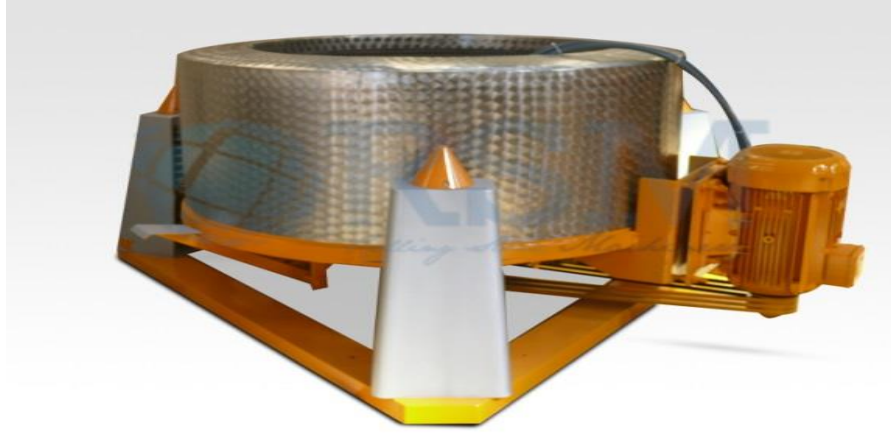


Şekil 3. 3 Trommel



Şekil 3.4 Tuzlama teknesi

Kabuklarından ayrılan susam danelerindeki tuzu uzaklaştırmak amacıyla iki yıkama işlemi yapılır. Yıkama işlemi tamamlandıktan sonra kireçli su ile yıkama işlemi yapılır. Kireçle yıkama susamın kurutma ve kavurma işlemlerinin dengeli olmasını sağlamaktadır. Susam danelerindeki kireçli suyu uzaklaştırmak için tekrar yıkamaya tabi tutulur. Tüm yıkama işlemleri tamamlandığında susam danelerindeki suyu uzaklaştırmak amacıyla süzme veya santrifüjleme işlemi yapılır (Şekil 3.4).



Şekil 3. 5 Kurutma santrifüjü

### 3.1.3 Kavurma ve Kurutma

Kabuğu ayrılan susam tanelerinin yapısında yüksek oranda su bulunmaktadır. Yapısındaki su nedeniyle öğütme işlemi sırasında sorunla karşılaşılmakta, istenen boyut elde edilememektedir. Bu nedenle susamın öğütme öncesinde suyunun %3-5 seviyesine indirilmesi gerekmektedir. Bu işlem için döner kavurma kazanları veya elektrikli fırınlar kullanılmaktadır. Kavurma işlemi sırasında kademeli olarak ısı uygulanmaktadır. Kavurma işleminin ilk adımı pişirme, sonrası kavurma ve kurutmadır. Bu işlemler sırasında uygulanan ısılar ve süreler işletmelere göre değişmektedir. Uygulanan sıcaklıklar 100-150°C arasında değişmektedir, düşük sıcaklıkta işlem yapılması ürün kalitesini olumlu etkilemektedir. Kavurma işlemi sırasında ürünün tadı ve aroması oluşmaktadır. Kavurma işlemi sırasında tohumun yapısında yer alan azotlu maddelerin büyük bir kısmı koagüle olarak, daha iyi ezilebileceği bir yapıya kavuşurken, ardından uygulanan kurutma aşamasında, kolaylıkla öğütülebileceği gevrek bir yapı kazanmış olur (Şekil 3.6 ve 3.7).



Şekil 3. 6 Kurutma Tüneli



Şekil 3. 7 Silindir Kurutma Fırını

#### 3.1.4 Öğütme

Kavurma işlemi tamamlanan susamlar öncelikle oda koşulları sıcaklığına getirilir, sonrasında öğütme işlemine tabi tutulur. Öğütme işlemi genel olarak kaba ve ince olacak şekilde kademeli olarak gerçekleştirilmektedir. Öğütme işlemi modern değirmenlerle yapıldığı gibi taş değirmenlerle de yapılmaktadır. Öğütme kalınlığı kullanım amacına göre düzenlenebilmektedir. Öğütme işlemi sonrasında tahin elde edilir(Şekil 3.8).



Şekil 3. 8 Tahin

### 3.2 Ultrases

Ultrases; katı, sıvı ve gazlardan geçebilen, frekansı 20 kHz'den daha fazla olan insan kulağı tarafından algılanamayan ses dalgası uygulamasıdır. Başka bir tanımla, saniyede 20.000 veya daha fazla ses dalgası tarafından enerji üretilmesidir. Ultrases uygulaması temel olarak üç frekans dizisine ayrılabilir: 1- Güçlü ultrases ( 16-100 kHz), 2- Yüksek frekanslı ultrases ( 100 kHz- 1 MHz), 3- Tanısal ultrases (1- 10 MHz). Güç, ultrases kullanımında akışkan üzerine etki eden hidrostatik basınca ilaveten birde ultrases basıncının yüklenmesidir (Muthukumar, Kentish, Stevens, & Ashokkumar, 2006). Nesnelerin titreşimiyle oluşan, uygun ortamlarda sıkışma ve genleşmeler şeklinde ilerleyen dalgalara da ses denir. 20 Hz altındaki sesler çok alçak frekanslı ses (infrasonik ), 20.000 ve yukarıdaki sesler ise çok yüksek frekanslı (Ultrasonik) olarak sınıflandırılır. Ultrases sistemlerinde yüksek frekansın oluşturduğu enerji kullanılır. Ultrases cihazlarında genellikle 20 kHz'den 10 MHz'e kadar değişen frekanslar kullanılmaktadır. Uygulanan frekans yapılacak uygulamaya göre farklı seçilmektedir.

#### 3.2.1 Ultrases Mekanizması ve Etkileri

Ses enerjisi bir ortama uygulandığında ortamda dalgalar oluşur ve ortamda bulunan partiküller üzerinde sıkışma ve gevşeme yaratır. Uygulanan ses dalgasının büyüklüğüne göre partikül üzerinde fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal değişimler gerçekleşir.

Yüksek şiddetli ultrasonikasyon uygulanan sıvıda yüksek basınç ve düşük basınçlı dalgalar oluşur. Düşük basınçlı dalga oluşumu sırasında, ultrasonik dalgalar küçük vakum baloncuklar meydana getirirler ve bu baloncuklar daha fazla enerji absorblayamayacak

hacme ulaştıklarında, yüksek basınçlı dalga oluşunu ortaya çıkar ve bu sırada içe doğru patlarlar. Bu olaya kavitasyon adı verilir.

### 3.2.2 Kavitasyon

Yüksek güce sahip akustik dalgaların gıdaların fiziksel, biyokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini değiştirebilmesi ultrases dalgasının ve uygulandığı ürünün özelliklerine bağlı olarak çeşitlilik kazanmaktadır [18]. Ultrases işleminin gıda işlemlerinde meydana getirdiği bu etkilerin oluşmasının temel faktörü akustik kavitasyondur. Ses dalgası bir sıvının içerisinden geçerken ardışık olarak sıkışma ve gevşeme aktiviteleri gerçekleşir. Gevşeme pozisyona geçerken negatif basınç sıvının noktasal çekme kuvvetini aştığı zamanlarda mikrometre çaplarında kabarcık ve boşluklar meydana gelir. Yüksek güce sahip ultrases kullanılarak oluşturulan bu kabarcıklar birkaç dalgalanmayla hızlı bir şekilde oluşur ve patlarlar ki bu olaya kavitasyon denir [20]. Kavitasyon süreksiz kavitasyon ve sabit kavitasyon olmak üzere iki şekilde oluşmaktadır. Oluşumundan sonra hızlı bir şekilde titreyerek salınan kabarcıklara sabit kavitasyon, şiddetli bir şekilde patlayana ise süreksiz kavitasyon denir. Eğer ses dalgalarının şiddeti 10 W/cm<sup>2</sup> ve üzerinde olursa süreksiz kavitasyon kabarcıkları oluşacaktır. Bu kabarcıklar birkaç akustik salınımla birlikte hızlı bir şekilde hacimleri genişlemekte fakat kabarcıklar etkili bir şekilde dayanmalarına rağmen çok kısa bir sürede hacimleri kritik seviyeye ulaşmaktadır. Kabarcıkların hacimleri artan enerjiyi absorplayamayacak bir seviyeye ulaştığında şiddetli bir çöküşle sona ermektedir [29], [20]. Etkisini akustik enerjinin bu şekilde küçük hacimlerde yoğunlaştırılmasından alan kavitasyon, hot-spot teorisine göre kavitasyon sırasında oluşan kabarcıkların şiddetli bir şekilde patlaması sonucu noktasal olarak çok yüksek sıcaklık (yaklaşık 2000 - 5000°C), çok yüksek basınç (yaklaşık 10 – 100 MPa), mikroşok dalgalar ve ışık enerjisinin yayılmasıyla sonuçlanmaktadır. Noktasal olarak sıcaklık, basınç ve yüksek basıncın bir sonucu olan şok dalgaları gıdalarda meydana gelen birçok fiziksel, biyokimyasal, bakterisidal etkilerin ve protein, nişasta gibi büyük polimerlerin veya farklı materyallerin birleşim noktalarının mekanik olarak bölünmelerine yol açabilir [29], [20], [30], [31].

Kavitasyon olayının oluş sırası şöyledir: Ultrases dalgalarının seyrelme fazında boşluk biçiminde bir kesilme olur. Bu boşluk ise verilen sıvının doymuş buharı ile doludur.

Sıkıştırma fazında buhar yoğunlaşır ve boşluk, artan basıncın etkisi ile düşmesi sonucu bozunur. Sıkışma son bulduğunda ortamda hızla buharlaşan etrafı çevrili sıvı içinde, saniyelik şok dalgaları oluşur. “Kavitasyon” olarak adlandırılan bu olay sonucunda 1000 atm'nin üzerinde basınç ve büyük bir enerji açığa çıkar. Bu enerji, kabarcıkların bulunduğu bölgeyi ısıtır ve kimyasal reaksiyonlara neden olur.

Gıda prosesleri amacıyla kullanılan düşük frekanslı (20- 100 kHz ve yüksek güçlü ultrases (power ultrasound) ultrases uygulamalarında, kavitasyon oluşabilmektedir. Kavitasyon baloncuklarında, patlama anında yapılarında çok yüksek derecede ısı (yaklaşık olarak 5000 K) ve basınç (tahminen 500 MPa) meydana gelir.

### **3.2.3 Gıda Teknolojisinde Ultrases Kullanımı**

Ultrases teknolojisi, ürüne zarar vermemesi, farklı alanda kullanılabilmesi ve işlem süresinin kısa olması nedeniyle gıda sanayi tarafından gelecekte kullanılacak bir uygulamadır. Ultrases sistemi sayesinde yüksek sıcaklıkta yapılan pastörizasyon ve sterilizasyon işleminin düşük sıcaklıklarda yapılabilirliği üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Ultrases sistemi sayesinde uzun süreli, ısı işlemin üründe oluşan değişimlerin önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Böylece tüketiciler tarafından daha tercih edilebilir olacaktır. Ultrases sisteminin sektöre aktarılması amacıyla laboratuvar ve pilot ölçekli çalışmalar devam etmektedir. Çalışmalarda ultrases sisteminin ısı ve basınç uygulamaları ile birleştirildiğinde etkinliğinin arttığı görülmektedir. Süt sektöründe pastörizasyon işlemi ultrases sistemi ile gerçekleştirildiğinde ani ısılma nedeniyle mikroorganizmaların öldüğü fakat bu işlem sırasında protein yapısında değişimlerin oluştuğu görülmüştür. Yaşanan olumsuzlukların engellenmesi için geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Bugün magarin üretiminde endüstriyel olarak ultrases sistemi kullanılmaktadır.

Genel olarak gıda teknolojisinde US kullanımı

- Hücrelerin parçalanması
- Ekstraksiyon (hücre içi materyalin ekstraksiyonu, enzim eldesi)
- Sıvı gıdalardaki enzim reaksiyonlarının aktivasyonu
- Fermentasyonun hızlandırılması

- Karıştırma
- Homojenizasyon
- Katı materyalin sıvı içine disperse olması
- Sıvı akımdaki yağın emülsifiye edilmesi
- Püskürtme
- Gazların ayrılması (degassing)
- Enzimlerin inaktivasyonu
- Mikrobiyal inaktivasyon
- Kristalizasyon
- Canlı hücrelerin stimülasyonu

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 4.1 Materyal

Araştırma materyali olarak piyasadan temin edilen tahinler kullanılmış ve işlem yapılana kadar oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

#### 4.2 Çalışma Planı

Bu çalışmada UIP1000 hd ultrases cihazının kullanılması planlanmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1 Sürekli akışlı ultrases cihazı



Tahin numuneleri 3 farklı dalga genliğinde (50, 75, 100) ve her bir dalga genliğinde 4 farklı sürede (1 dk, 2dk, 3dk, 5 dk) ultrases cihazına gönderilmiştir. İşlemden önce ve sonra elde edilen tahin numunelerinin renk, yağ ayrılması, emülsiyon stabilitesi ve reolojik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Çalışmada kullanılacak sistem Şekil 4.1’de şematize edilmiştir.

### 4.3 Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Tahinlerin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi için toplam yağ [32] , toplam kuru madde, protein ve kül [32] analizleri yapılmıştır.

#### 4.3.1 Kül Analizi

Numunelerin kül analizi TS 6399 metoduna uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sırasında 525 °C de sabit tartıma getirilen krozelerin içine 10 gr numuneler konulup, krozeler 550-600 °C sıcaklıktaki etüvde 4 saat bekletilerek beyaz külün elde edilmesi bekletilmiştir. Kroze sabit tartıma geldiğinde ilk tartım ile arasındaki fark hesaplanarak kül miktarı tespit edilmiştir.

#### 4.3.2 Toplam Kuru Madde Analizi

Toplam kuru madde analizi TS 1632 EN ISO 665 metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 5-10 gr numune tartılmış, 103±2 °C’ de sabit ağırlığa gelene dek kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrası numuneler desikatörde soğutulmuş ve tartımlar alınarak aşağıda belirtildiği gibi hesaplama yapılmıştır.

$$KM (\%) = \frac{M_1 - M}{M_2 - M} * 100$$

KM (%): Kuru maddenin miktarı (%)

M: Kurutma kabı ve kapağının darası (g)

M<sub>1</sub>: Kurutma kabı ve kapağı ile kalıntının ağırlığı (g)

M<sub>2</sub>: Kurutma kabı ve kapağı ile numunenin ağırlığı (g)

100 : %’ye çevirme faktörü

Nem miktarı (%): 100 – KM

#### 4.3.3 Toplam Yağ Miktarı

Toplam yağ analizi AOAC, 1990 metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 5 gr numune erlen içine tartılıp, 45 ml su ve 55 ml 8 M HCl ilave edilerek 15 dk ağzı kapalı bir şekilde kaynatılmıştır. Erlen içeriği filtre kağıdından süzülüp, 3 kez su ile yıkanmıştır. Filtre kağıdı saat camı üzerinde 103 °C de 10 dakika kurutulmuştur. Daha sonra filtre kağıdı ekstraksiyon kartuşu içine yerleştirilip, üzeri pamuk ile kapatılmıştır. Ekstraksiyon kartuşu ve yağın toplanacağı balonlar 103 °C' de etüvde 1-1,5 saat bekletilerek sabit tartıma getirilir ve desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutularak tartımları alınmıştır. 150 mL petrol eteri soxhelet düzeneğine ilave edilmiş ve asit hidrolizine uğramış numune soxhelet düzeneğinde 30 sifon yapacak şekilde yağ ekstraksiyonuna bırakılmıştır. Ekstraksiyon süresi dolunca sifon işlemi tamamlanmadan solvent alınmış. Balonda solvent kalmayınca balon aparattan ayrılıp, su banyosunda kalan solvent uçurulmuştur. Balon 103 °C' lik etüvde bekletilerek sabit tartıma gelene kadar kurutulmuş, desikatörde oda sıcaklığına geldikten sonra tartımı alınmış yağ miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Yağ} = ((W_3 - W_2) / W_1) \times 100$$

$W_1$  = Örnek ağırlığı, g

$W_2$  = Ekstraksiyon kabının ağırlığı, g

$W_3$  = Ekstraksiyon sonrası ekstraksiyon kabı +yağ miktarı, g

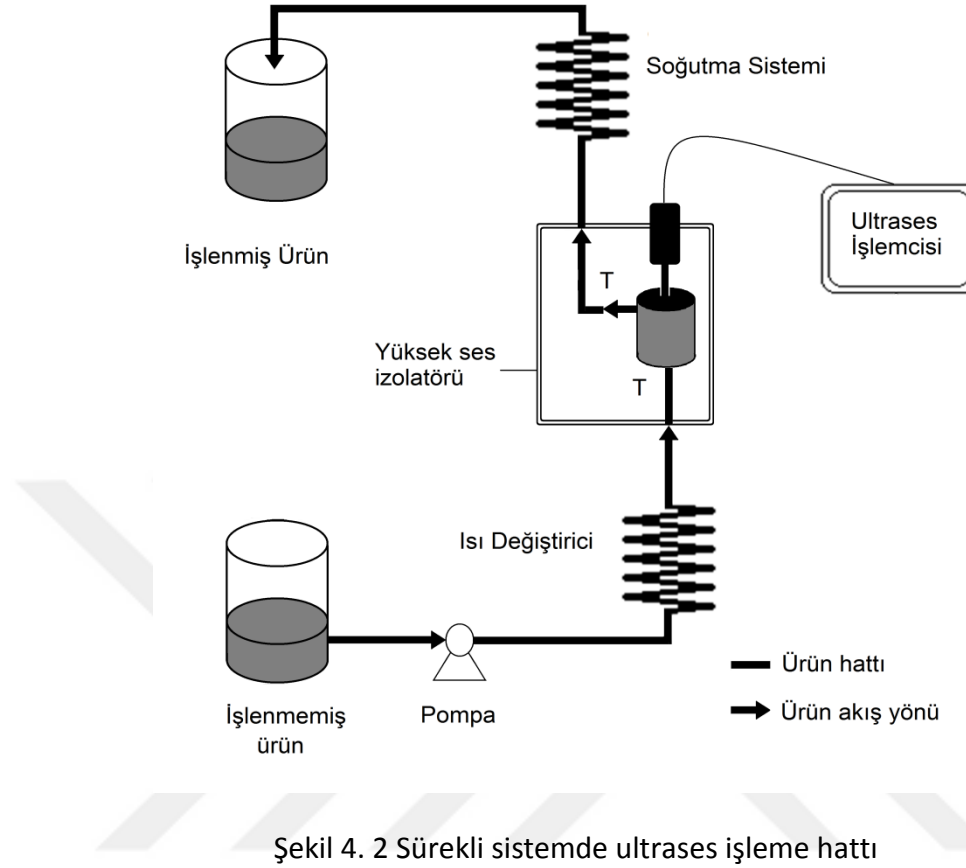
#### 4.3.4 Protein Tayini

Protein analizi için Kjeldahl cihazı ile gerçekleştirilmiş, işlem sırasında AOAC 1990 metodu kullanılmıştır. Analiz için 1 gr numune tartılıp, asit ilave edilerek 400 °C de 60 dk yakma işlemine tabi tutulmuştur. Soğuyan çözeltinin distilasyonu ve distilatın titrasyonu yapılarak H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sarfiyatına göre protein miktarı hesaplanmıştır.

#### 4.3.5 Renk Analizi

Renk ölçümü Minolta CR 200 cihazı ile L\*, a\*, b\* değerlerinin belirlenmesi ile yapılmıştır. Ölçümlerden önce cihaz beyaz yüzeye göre kalibre edilmiş ve bütün ölçümler beyaz bir zemin üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kontrol ve ultrases uygulanmış örnekler arasındaki renk farkı ( $\Delta E$ ) hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(\Delta L^2) + (\Delta a^2) + (\Delta b^2)]^{1/2}$$



#### 4.3.6 Peroksit Analizi

Yağ örneklerinin peroksit sayısı AOAC (1994) de belirtilen yöntemle yapılmıştır. 5.00 ± 0.05 g örnek 250 ml'lik cam kapaklı erlene tartılmış ve sonra 30 ml asetik asit-kloroform (3:2) çözeltisi eklenmiştir. Solüsyonda örnek çözülünceye kadar erlen karıştırılmış, 0.5 ml doymuş potasyum iyodür çözeltisi ilave edilmiştir. Tam bir dakika karıştırılarak bekletilmiş, daha sonra 30 ml distile su ilave edilmiştir. Yavaş yavaş eklenerek ve sabit olarak karıştırılarak 0,1 N sodyum tiyosülfat ile sarı iyodür rengi kaybolana dek titre edilmiştir. Yaklaşık 2 ml nişasta indikatör çözeltisi ilave edilmiş. Sabit hızda ve kuvvetli karıştırarak, yavaş yavaş 0.1 N Sodyum tiyosülfat ilave edilerek titrasyon devam edilmiştir. Kloroform tabakasından bütün iyotun açığa çıkması için dönüm noktasına yaklaşıldığı sırada erlen iyice çalkalanarak titrasyona devam edilmiştir. Mavi rengin tam kaybolduğu ana kadar damla damla tiyosülfat ilave edilmiştir. Sarfiyata göre aşağıdaki şekilde peroksit miktarı belirlenmiştir.

Peroksit değeri, 1000 g örnek için “miliesdeğer peroksit / 1000 g örnek” olarak ifade edilir.

$$P.D. = \frac{(Ö - K) ( N ) ( 1000 )}{\text{Örnek ağırlığı (g)}}$$

K: Kör için harcanan titrant hacmi; ml

Ö: Örnek için harcanan titrant hacmi; ml

N: Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi

P.D.: Peroksit değeri (meq/1000 g)

#### 4.3.7 Yağ Ayrılma Oranı

Ayrılan yağ miktarının belirlenmesi ultrasen uyulanmış tahin numunelerinde ve kontrolde yapılmıştır. Bu analiz, 25mL'lik mezürler içerisine 20 mL tahinin konulması ve oda sıcaklığında 4 ay boyunca depolanmasını içermektedir. Ürünlerdeki değişim haftalık olarak ayrılan yağ miktarı ölçülerek belirlenmiş ve hacimce % olarak ifade edilmiştir.

#### 4.3.8 Reolojik Analizler

Tahinlerin akış davranışının belirlenmesi için ürünün yatışkan fazdaki (steady shear) reolojik özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla ürüne, 25 °C'de 0.1 ile 100 s<sup>-1</sup> aralığında kesme (shear rate) uygulanmıştır. Elde edilen kesme hızı (shear rate), kayma basıncı (shear stress) verilerine göre ürünün akış davranış modeli, karşılaştırılarak Ostwald de Waele model kullanılarak belirlenmiştir.

Model parametreleri aşağıdaki verilmiştir;

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n,$$

Eşitlikte  $\sigma$  kayma gerilimini (Pa), K kıvam katsayısını (Pa.s<sup>n</sup>),  $\dot{\gamma}$  kesme hızını (s<sup>-1</sup>) ve n akış davranış indeksini göstermektedir.

#### 4.3.9 Duyusal Analiz

İşlemler sonrasında tahinlerin duyusal özelliklerindeki değişimi belirlemek amacıyla duyusal analiz testi uygulanmıştır. Duyusal analizler, 20 eğitimli panelist tarafından 9

skalalı (1-9 arası) hedonik gösterge çizelgesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Duyusal analizde örnekler; tat, koku, kıvam ve renk kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

Duyusal analiz öncesi panelistlere, çalışma ve duyusal test ile ilgili eğitim verilerek, duyusal testin en doğru şekilde gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

Çizelge 4.1 Hedonik skala ölçeğinin dağılımı

Skor	Anlamı
1	Aşırı kötü
2	Çok kötü
3	Kötü
4	Kötünün üstü
5	Orta
6	İyi
7	Oldukça iyi
8	Çok iyi
9	Mükemmel

#### 4.3.10 İstatistik Analizleri

Çalışmanın istatistik analizleri SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, U.S.A) programında yapılmıştır. Elde edilen ham verilere çoklu varyansa analizi uygulanmış ve verilerin ortalamaları  $p < 0.05$  önem seviyesinde Duncan çoklu karşılaştırma testiyle karşılaştırılmıştır.

### ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 5.1 Uygulama Parametreleri

Kontrol numunesi olarak kullanılacak olan tahin, kimyasal kompozisyonu açısından incelenmiş ve Türk Gıda Kodeksi Tahin Tebliği (No: 2015/27) tarafından belirlenen limitlere göre karşılaştırılmıştır. Tebliğe göre kütlece yağ: min. %50, protein: min. %20, kurumadde miktarı: min %98,5 ve kül: max 3,2 dir.Kontrol numunesinin kütlece yağ miktar %59,8, protein miktarı %22,52, kurumadde %99,15, kül de %3,2 bulunmuştur. Elde edilen veriler incelendiğinde tebliğe uygun bir kontrol numunesi seçildiği tespit edilmiştir. Ayrıca duyu analizi sırasında yanlış yönlendirmelere sebep olmaması açısından tebliği de yer almamasına rağmen ransit tat durumuna karşı peroksit analizi yapılmış ve 0,97 meq / 1000 g gibi duyu olarak hissedilmeyecek bir sonuç bulunmuştur.

Ultrases işlemi uygulanan tahin örneklerinin gerçek güç değerleri ve tahinlerin son sıcaklıkları Çizelge 1'de sunulmuştur. Yapılan çalışmada süre arttıkça tahin numunelerinin ultrasounda maruziyeti arttığı için sıcaklığın daha arttığı görülmüştür. Sıcaklık artışı süre ve dalga genliğine göre arttığı tespit edilmiştir. 100 dalga genliğinde yapılan çalışmada 5 dakika işlem süresi sonunda tahin numunelerinin sıcaklığı 32.5 °C den, 66 °C 'ye çıkmış, üründe istenmeyen kokular ve renk oluşmuştur. Ultrasound uygulamasında ürün özelliklerinin korunması ve istenilen etkinin oluşması için süre, dalga genliğinin optimizasyonunun büyük önem taşıdığı yapılan çalışmalarda görülmüştür. Kullanılan sisteme, istenilen ürün yapısına ve ürüne göre endüstride sistem parametreleri çalışılması gerekmektedir.

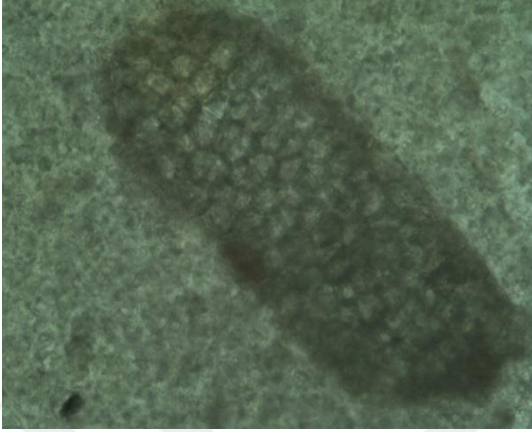
Çizelge 5. 1 Ultrases uygulanan örneklerdeki güç seviyeleri ve son sıcaklıkları

Dalga Genliği	İşlem süresi	Harcanan Güç (W)	Son sıcaklık (°C)
50	1	250	38
	2	242	40
	3	240	42.5
	5	212	47
75	1	388	42.5
	2	362	50
	3	348	52
	5	310	60
100	1	600	41
	2	569	49
	3	538	57
	5	495	66
Kontrol		-	32.5

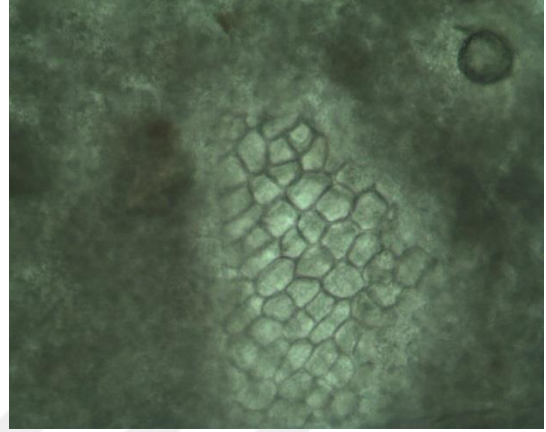
## 5.2 SEM Görüntüleri

Ultrases işlemi uygulanan tahinlerin SEM görüntüleri Şekil 5.1, Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te sunulmuştur. Kontrol numunesine ait SEM görüntüleri de ise Şekil 5.4'de sunulmuştur. Ultrases uygulanan numunelerde yağ tanelerinin boyutunun küçüldüğü böylece daha homojen yapıya sahip olduğu görülmektedir. Uygulanan dalga genliği ve süre arttıkça tahin numunelerinin homojen yapısının arttığı tespit edilmiştir. 50 dalga genliğinde yapılan denemelerin görüntüleri incelendiğinde yağ damlacıkları diğer karışımdan ayrı olarak görüldüğü homojen yapı oluşmadığı, süre arttıkça yağ damlacıklarının boyutunun küçüldüğü fakat ayrı yapının korunduğu görülmektedir(Şekil 5.1). 75 dalga genliğinde 3 dakika sonrasındaki numuneler ve 100 dalga genliğinde çalışılan numunelerde homojen görüntü tespit edilmiş, yağ damlacıkları küçülerek diğer karışımla homojen yapı oluşturmuştur (Şekil 5.2, Şekil 5.3). Homojen yapı elde edilebilmesi için 50 dalga genliğinin 5 ve daha az sürelerde yapılan ultrasounda uygulamasının yeterli olmadığı,

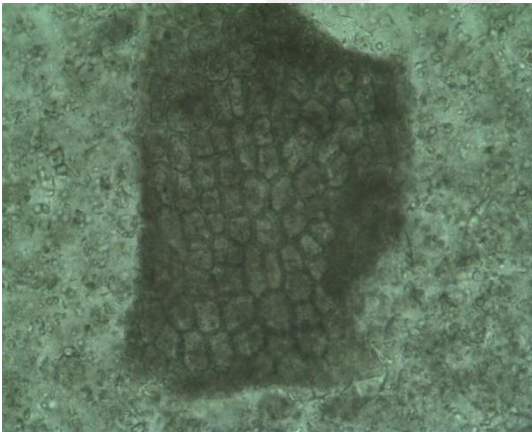
daha yüksek dalga genliğinde veya daha uzun süreler ultrasound uygulaması gerekliliği belirlenmiştir. Ayrıca SEM ile numunelerin incelenmesi ultrasound uygulamasının ürün yapısındaki etkisinin tespitinde önemli bir analiz olduğu görülmüştür.



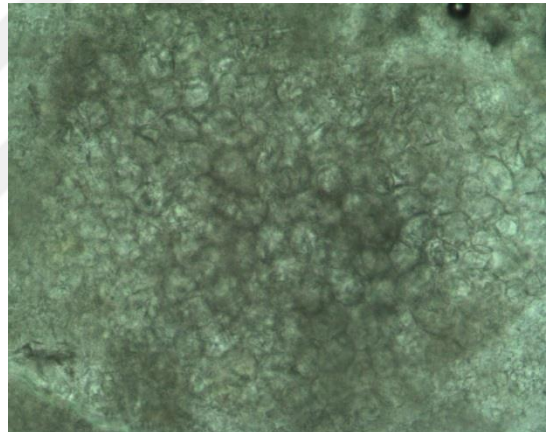
%50 dalga genliği- 1 dakika



%50 dalga genliği- 2 dakika



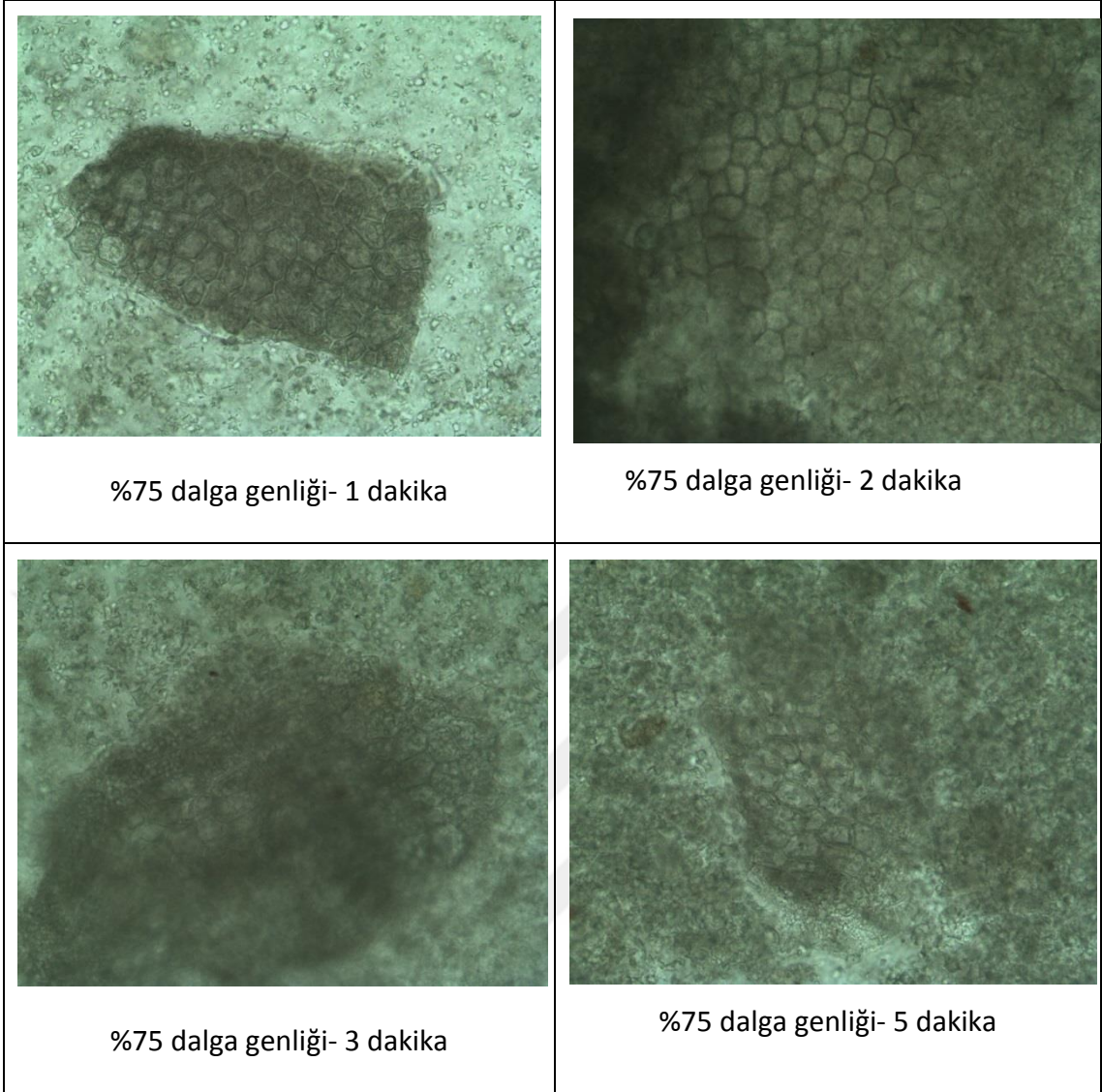
%50 dalga genliği- 3 dakika



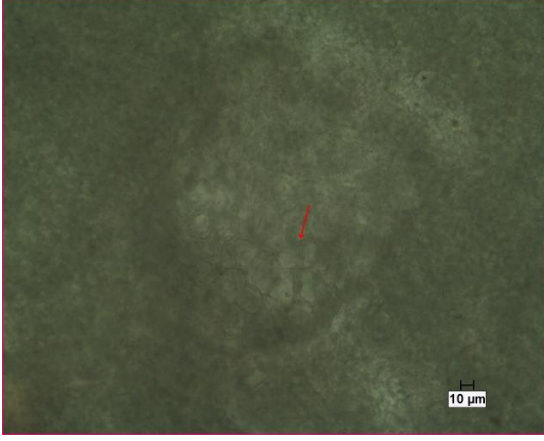
%50 dalga genliği- 5 dakika

Şekil 5. 1 %50 Genlikte ultrason uygulanan tahinlerin SEM görüntüsü

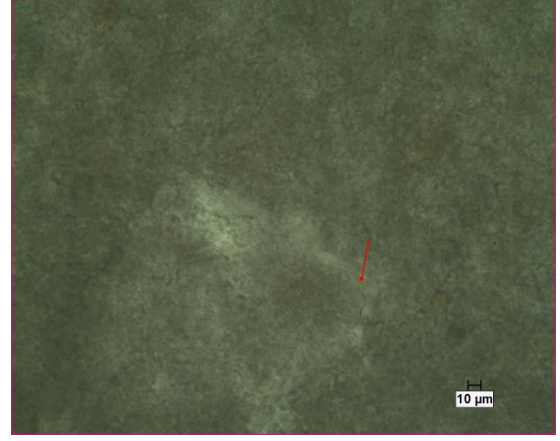




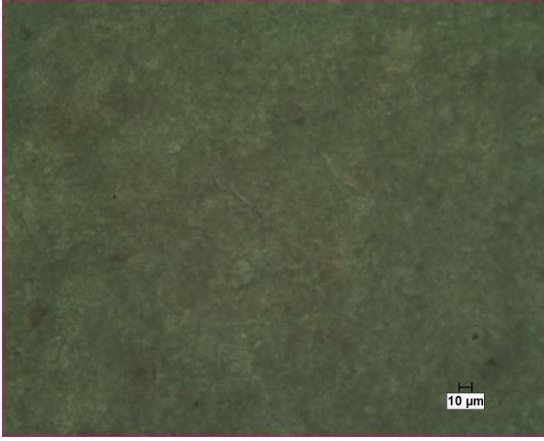
Şekil 5. 2 %75 Genlikte ultrason uygulanan tahinlerin SEM görüntüsü



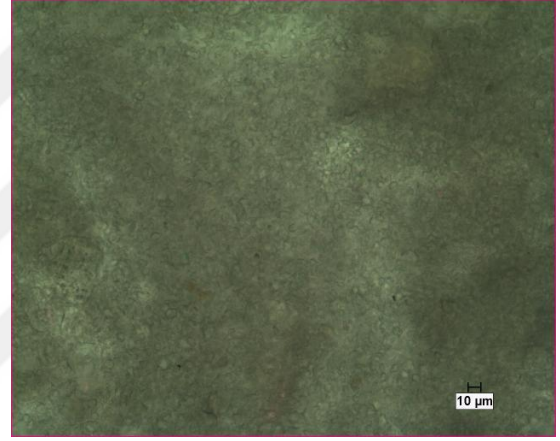
100 dalga genliği- 1 dakika



100 dalga genliği- 2 dakika

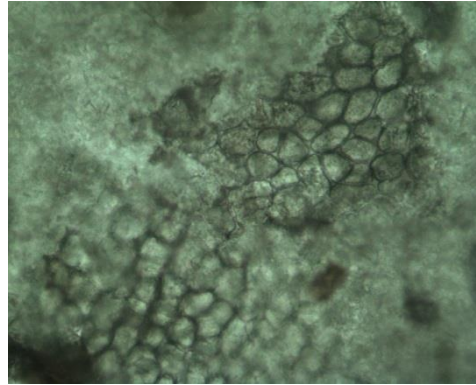


100 dalga genliği- 3 dakika



100 dalga genliği- 5 dakika

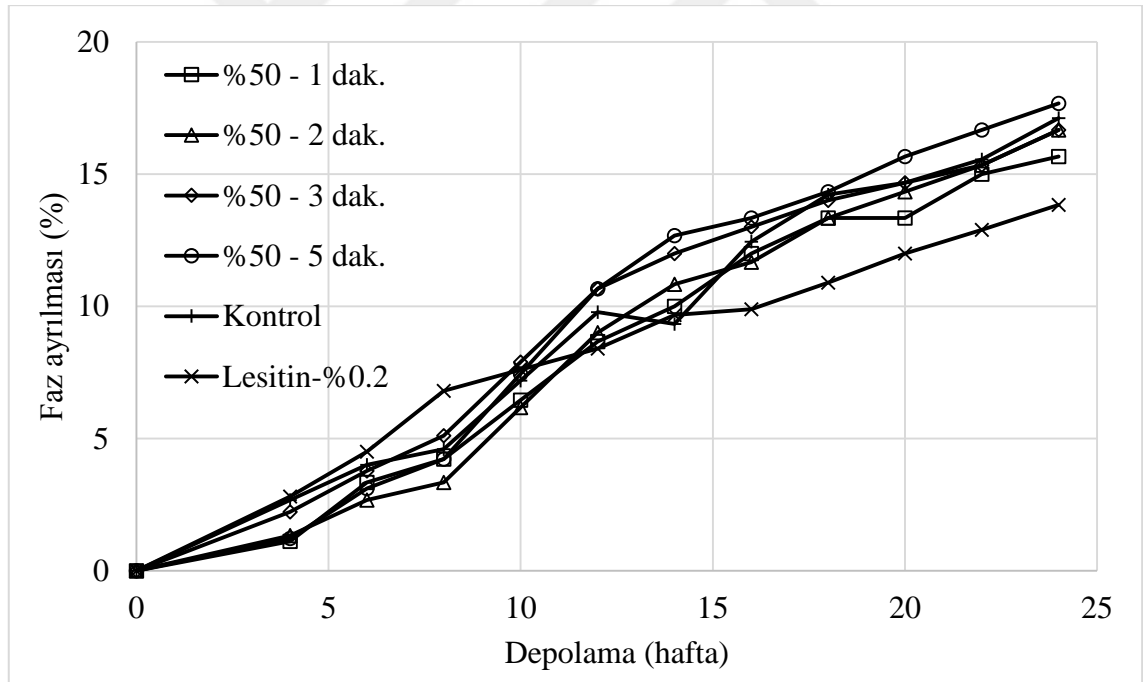
Şekil 5. 3 %100 Genlikte ultrason uygulanan tahinlerin SEM görüntüsü



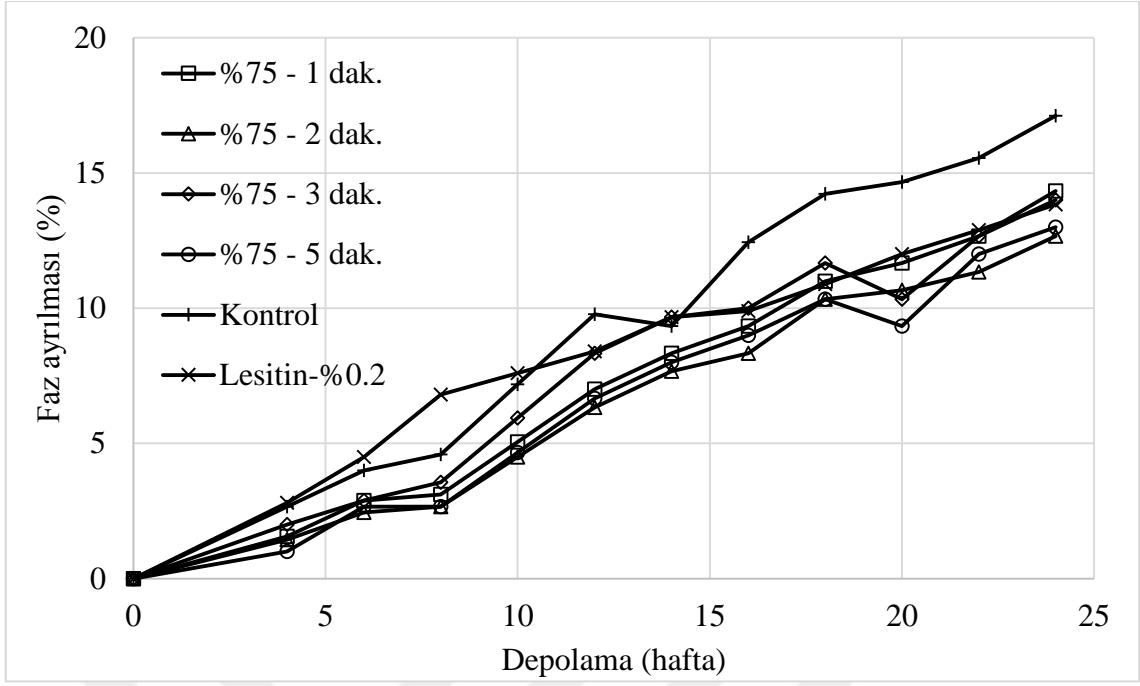
Şekil 5. 4 Herhangi bir işlem uygulanmayan tahinlerin SEM görüntüsü

### 5.3 Yağ Fazının Ayrılması

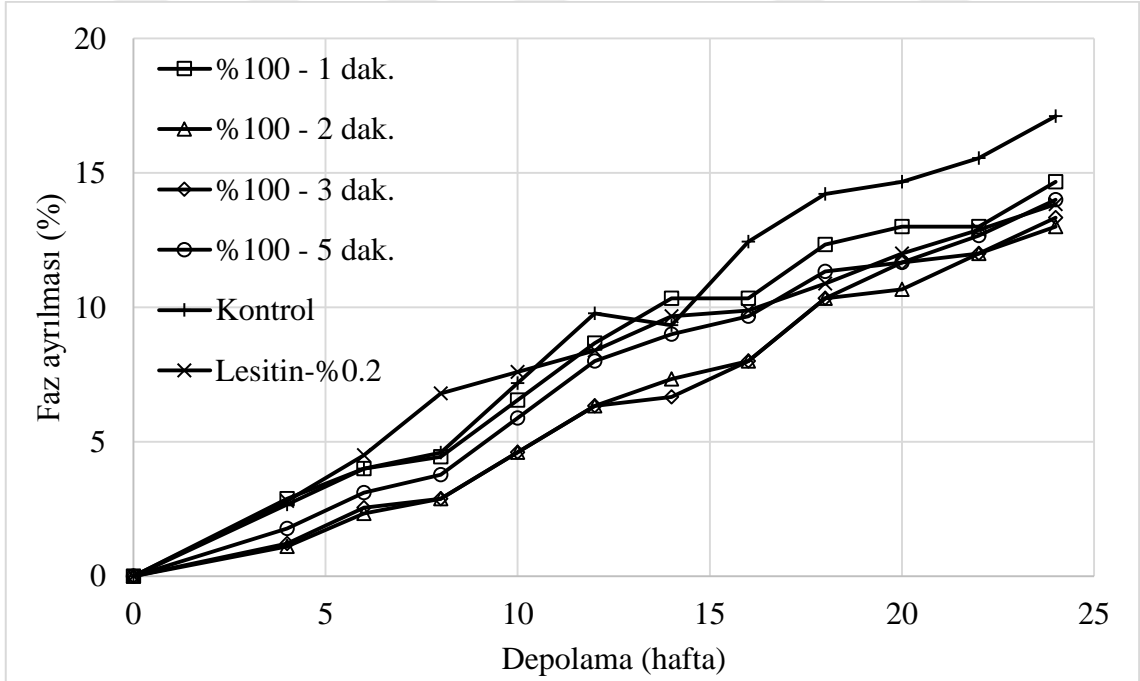
Ultrases işlemi uygulanmış tahinler 6 ay boyunca depolanmış ve depolama sürecindeki yağ fazının ayrılması Şekil 5.5, Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de sunulmuştur. Yapılan incelemede(Şekil 5.5) 50 dalga genliğinde çalışan numunelerin kontrol numunesi ile benzer sonuçlar verdiği, fakat 75 ve 100 dalga genliğindeki numunelerin(Şekil 5.6, Şekil 5.7) ise kontrol numunesinden ayrıldığı depolama süresi boyunca değişiklik göstermekle birlikte ortalama %23 daha az yağ ayrışımı oluşturduğu ve ayrışmanın daha geç başladığı tespit edilmiştir. Lesitin ilave edilen numuneninde benzer şekilde tahinin yağ ayrışmasını geciktirdiği ve azalttığı belirlenmiştir, fakat Tahin tebliğine göre ürüne emülgatör katılmasına izin verilmediği için endüstriyel olarak uygulanması mümkün değildir. Ultrasound uygulaması tahinde yağ ayrışması sorununu tam olarak engellemediği, fakat gecikmesi ve azalmasında etkin olduğu görülmüştür.



Şekil 5. 5 %50 genlikte ultrases uygulanan tahinlerin depolama faz ayrılmaları



Şekil 5.6 %75 genlikte ultrases uygulanan tahinlerin depolama faz ayrılmaları

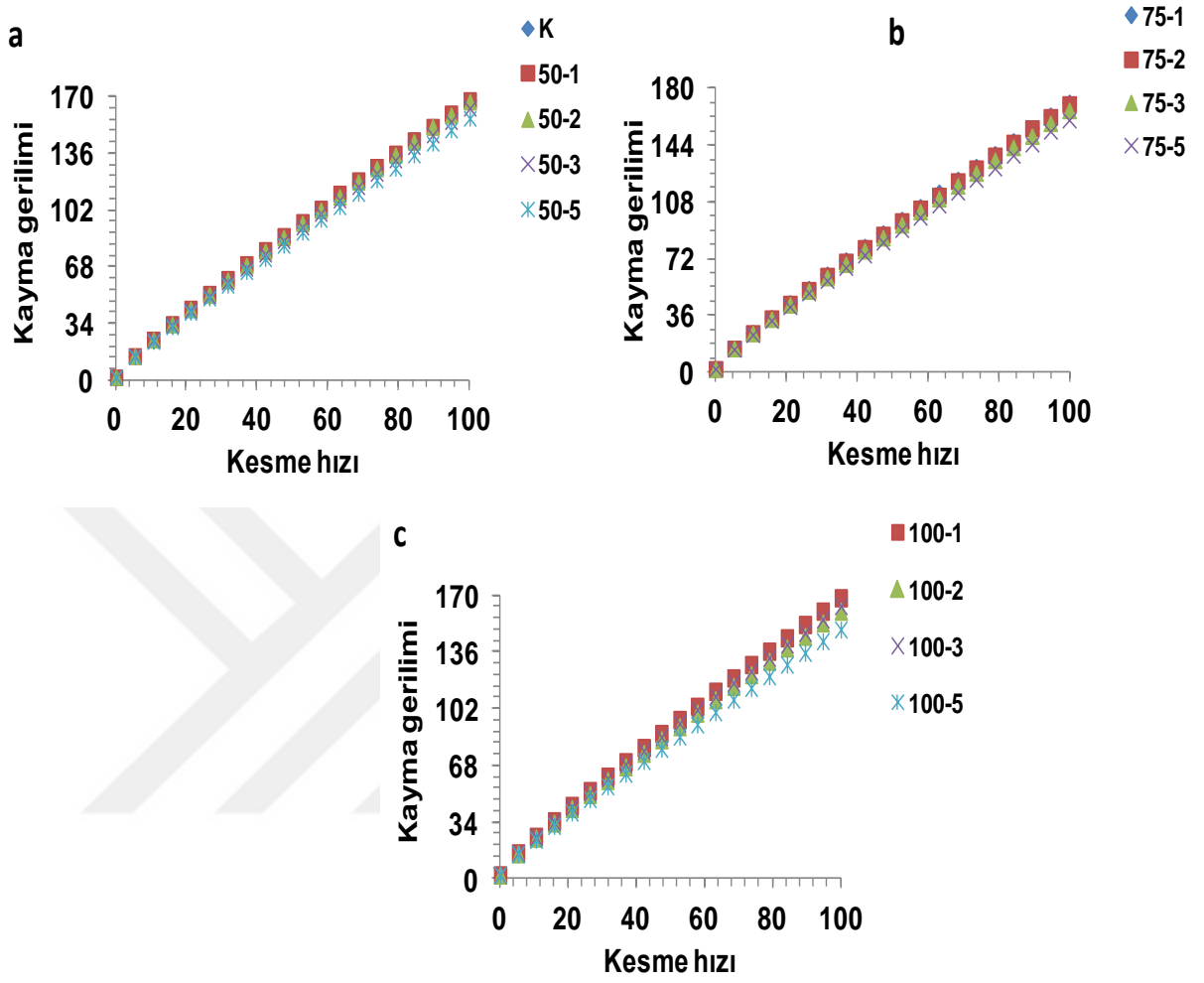


Şekil 5.7 %100 genlikte ultrases uygulanan tahinlerin depolama faz ayrılmaları

#### 5.4 Reolojik Değişimler

Çizelge 5.2'de örneklerin K, n ve  $R^2$  değerleri gösterilmiştir. En düşük K değeri kontrol örneğinden en yüksek K değeri ise 100 şiddet uygulanan tahin örneğinden elde edilmiştir. Kontrol örneğinin K, n ve  $R^2$  değerleri sırasıyla 2.6893, 0.8914 ve 0.9999 olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere süre ve dalga genliği değerlerine bakılmaksızın ultrases uygulamasının örneklerin kıvam katsayılarında bir artışa neden olmuştur. Bu artış şiddet artıkça artmış süre azaldıkça ise bu artış azalmıştır. Bununla birlikte şiddet artışıyla birlikte daha yüksek K değerleri elde edilse de farklı şiddet uygulamasının K değerlerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Örneklerin n değerleri 1 den küçük ve 1 e yakın bir değerlerde (0.89-0.85) hesaplanmıştır. Bu veriler örneklerin non-newtonian akış davranış özelliği gösterdiğine işaret etmektedir. n değerinin 1 yakın olması örneklerin newtonian olmayan akış özelliğinde newtonian akışa yakın bir akış sergilediğini göstermektedir. Şiddet ve süre artıkça örneklerin n değerlerinde azalma gözlenmiştir. Bu durum ultrases uygulamasının örneklerde bir deformasyona sebep olarak akış davranış özelliğini newtonian olmayan akış karakterine yakınlaştırmıştır.

Şekil 20 de örneklerin akış davranış özellikleri gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere kesme hızı artıkça örneklerin vizkozite değerlerinde bir azalma gözlenmiştir. Süre artışının örneklerin deformasyona uğraması ve newtonian olmayan karakterin artışına sebep olduğunu şekilden anlaşılmaktadır. Süre uygulamasının deformasyona neden olması diğer bir ifadeyle kıvamın azalmasına sebebiyet vermesi şiddet artışının ise kıvamda artış sağlamasından dolayı yüksek ultrases ve düşük süre uygulaması kıvam artışı açısından tercih edilebilir proses parametresi olarak değerlendirilebilir.



Şekil 5. 8 Farklı şiddet ve sürede ultrases uygulamasının tahinlerin akış davranışları

(a : %50 ultrases, b: %75 ultrases ve c: %100 ultrases uygulaması)

Çizelge 5. 2 Örneklerin K, n ve R<sup>2</sup> değerleri

Ultrason Genliği (%)	İşlem süresi (Dak)	Akış davranışı		
		K (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
50	1	2.971706	0.875306	0.9999
	2	2.873210	0.881404	0.9998
	3	2.869984	0.876017	0.9998
	5	2.807579	0.872923	0.9999
75	1	3.025196	0.875306	0.9999
	2	2.924928	0.881404	0.9998
	3	2.921643	0.876017	0.9999
	5	2.858115	0.872923	0.9998
100	1	3.039075	0.870209	0.9998
	2	2.944092	0.867049	0.9998
	3	3.065832	0.861504	0.9998
	5	2.879790	0.855691	0.9998
Kontrol Değerleri		2.689300	0.891400	0.999900

## 5.5 Duyusal Analiz

Tahine uygulanan ultrases işlemi sonrası numunelerin duyusal analizleri Çizelge 5.3’de sunulmuştur. Duyusal analiz işlemi sırasında tat-koku, kıvam ve renk özellikleri incelenmiş, numuneler işlem görmemiş kontrol numunesiyle karşılaştırılmıştır. Duyusal analiz sonuçları incelendiğinde numuneler arasındaki farklılığın az olduğu, sadece 75 dalga genliğinde 5 dakika ve 100 dalga genlik 3 ve 5 dakika çalışılan numunelerde istenmeyen koku oluşumu gözlenmiştir. Uygun dalga genliği ve süre kullanımı tahinin duyusal özelliklerinde değişim meydana getirmediği görülmüştür.

Çizelge 5. 3 Örneklerin duyusal analizleri

Ultrason Genliği (%)	İşlem süresi (Dak.)	Duyusal özellikler		
		Tat-koku	Kıvam	Farklı renk
50	1	8,4±0,8	9,0±0,0	-
	2	9,0±0,0	7,9±0,7	-
	3	8,1±0,4	8,4±0,8	-
	5	7,3±1,1	7,9±0,7	-
75	1	8,6±0,5	7,3±0,5	-
	2	8,6±0,5	7,6±0,5	-
	3	7,9±0,7	8,0±0,6	-
	5	6,3±0,8	7,1±0,7	+
100	1	8,6±0,5	7,3±1,1	-
	2	8,3±0,8	7,7±0,5	-
	3	5,4±0,5	7,4±0,8	+
	5	3,9±0,9	7,9±1,1	+
Kontrol		9,0±0,0	9,0±0,0	-



## 5.6 Renk Ölçümü

Tahine uygulanan ultrases işlemi sonrası numunelerin renk ölçüm sonuçları Çizelge 5.4'de sunulmuştur. Renk analiz işlemi sırasında  $L^*, a^*, b^*$  ve  $(\Delta E)$  değerleri incelenmiş, numuneler işlem görmemiş kontrol numunesiyle karşılaştırılmıştır. Renk analiz sonuçları incelendiğinde numuneler arasındaki farklılığın az olduğu, sadece 75 dalga genliğinde 5 dakika ve 100 dalga genlik 3 ve 5 dakika çalışılan numunelerde duyu analizler sırasında da gözlemlendiği gibi farklılıklar oluşmuştur. Uygun dalga genliği ve süre kullanımı tahinin renk özelliklerinde değişim meydana getirmediği görülmüştür.

Çizelge 5. 4 Örneklerin renk analizleri

Dalga	İşlem	L	a	b	dE
50	1	46,29	11,81	30,09	0,10
	2	46,44	11,90	30,07	0,16
	3	46,41	11,89	30,11	0,16
	5	46,51	11,93	30,09	0,23
75	1	46,44	11,94	30,07	0,2
	2	46,50	11,92	30,13	0,23
	3	46,48	11,96	30,10	0,24
	5	47,55	12,99	31,14	2,03
100	1	46,49	12,04	30,09	0,31
	2	46,55	11,97	30,13	0,30
	3	47,66	12,72	32,21	2,71
	5	47,17	12,96	32,47	2,83
Kontrol		46,36	11,76	30,03	

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Tahinlerin depolanmasında yağ fazının ayrılması önemli bir problemdir. Bu çalışmada ultrases işlemiyle tahinlerin homojenize edilebilirliğinin belirlenmesi için tahin numunelerine ultrases uygulanmış ve numunelerin SEM görüntüleri, yağ ayrılması, reolojik özellikleri, renk ve duyuşsal özelliklerdeki değişimler incelenmiştir.

- Ultrases uygulanan tahinlerde SEM görüntülerinde yapılan incelemelerde ultrases dalga genliği ve uygulama sayısı arttıkça yağların daha homojen bir yapı kazandıkları belirlenmiştir.
- %100 genlik gücünde ultrasesle homojenize edilen tüm tahinler ve %75 genlik gücünde 3 ve 5 dakika uygulanan tahinlerin oldukça homojen oldukları belirlenmiştir.
- Numunelerin 6 aylık depolama sonuçlarında ise %50 genlik gücünde ultrases uygulanan numunelerin kontrol numunesinden önemli seviyede farklı olmadığı, %75 ve %100 genlik gücünde ultrases uygulanan tahinlerdeki yağ ayrılmasının ise kontrol numunesine göre %23 daha az olduğu tespit edilmiştir.
- Ultrases işlemi ürünlerde reolojik özellikleri üzerine önemli bir değişime sebep olmazken aşırı ultrases uygulamasının hem ürün sıcaklığını aşırı artırdığı hem de duyuşsal özellikleri olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.
- Ultrases işleminin numunelerin renk ölçümleri üzerinde duyuşsal analiz sonuçlarına önemli bir farklılık göstermediği görünmüş, sadece 75 dalga genliğinde 5 dakika ve

100 dalga genlik 3 ve 5 dakika çalışılan numunelerde duyuşal analizler sırasında da gözlemlendiği gibi farklılıklar oluşmuştur.

- Sonuç olarak, duyuşal özellikleri önemli seviyede etkilenmeyen %100 genlikte 1-2 dk ve %75 genlikte 3 dk lık ultrasonik homojenizasyon uygulamaları, endüstriyel olarak kullanılabilme potansiyelinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.



## KAYNAKLAR

---

- [1] Özcan, M. ve Akgül, A., (1994). "Tahinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ve Yağ Asidi Kompozisyonu", *Gıda*, 19: 411-416.
- [2] Namiki, M., (1995). "The Chemistry and Physiological Function of Sesame", *Food Reviews International*, 11:281-329.
- [3] Laxton, P. ve Berg, J.B., (2005). "Gel Trapping of Dense Colloids", *Journal of Colloid and Interface Science*, 285: 152-157.
- [4] Chuah, T.G., Hairul, N.H., Choong, T.S.Y., Chin, N.L. ve Sheikh, N.A.H., (2007). "Effect of Temperature on Viscosity of Dodol (concoction)", *Journal of Food Engineering*, 80: 423-430.
- [5] Tiu, C. ve Boger, D.V., (1974). "Complete Rheological Characterization of Time Dependent Food Products", *Journal of Texture Studies*, 5:329-338.
- [6] Young, L.S. ve Shoemaker, C.F., (1990). "Time Dependent Flow Measurement of Na- caseinate Coated Polystyrene Latices", *Journal of Rheology*, 34:1149-1159.
- [7] Abu-Jdayil, B., (2004). "Flow Properties of Sweetened Sesame Paste (Halawa Tehineh)", *European Food Research Technology*, 8: 61-67.
- [8] Abu-Jdayil, B., (2003). "Modelling the Time Dependent Rheological of Semisolid Foodstuffs", *Journal of Food Engineering*, 57: 97-102.
- [9] Rao, M.A., (1999). *Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications*, Aspend Publications, Maryland.
- [10] McKenna, B.M., (2003). *Texture in Food Volume 1- Semi-solid Foods*. In McKenna B.M (Ed). *Introduction to food rheology and its measurement*, Cambridge, Woodhead.
- [11] Barbosa-Canovas, G.V., Kokini, J.L., Ma, L. ve Ibarz, A. (1996). "The Rheology of Semiliquid Foods", *Advanced Food and Nutrition Research*, 29: 1-69.
- [12] Schubert, H. (1998). *Mechanical Production and Quality Aspects of Food Emulsions*, in: H. Leuenberger (Ed.), *PARTEC'98, Reprints of 1st European Symposium on Process Technology in Pharmaceutical and Nutritional Sciences*, , 10–12 March, Nürnberg, Germany, 296–307.

- [13] Schubert, H., Broßsel, S., Danner, T., Schroöder, V. ve Behrend, O. (1998) Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Emulgiertechnik, in: Mischen und Rühren.
- [14] Karbstein, H., (1994). Untersuchungen zum Herstellen und Stabilisieren Von Öl-in-Wasser-Emulsionen, Ph.D. Thesis, University of Karlsruhe, Berlin, Germany.
- [15] Behrend, O., Ax, K. ve Schubert, H. (2000). "Influence of Continuous Phase Viscosity on Emulsification by Ultrasound", *Ultrasonics Sonochemistry*, 7:77–85.
- [16] Mason, T.J., (1998). Power Ultrasound in Food Processing - The Way Forward, In: M.J.W. Povey & T.J. Mason (Eds.), *Ultrasound in Food Processing* Blackie Academic & Professional, London, 103-126.
- [17] Knorr, D., Zenker, M. ve Heinz, V. & Lee, D. U., (2004). "Applications and Potential of Ultrasonics in Food Processing", *Trends Food Science & Technology*, 15:261–266.
- [18] Torley, P.J. ve Bhandari, B.R., (2007). Ultrasound in Food Processing and Preservation, Ed: Rahman, M.S., *Handbook of Food Preservation*, 2. Baskı, CRC Press, USA, Sayfa 713.
- [19] Gallego-Juarez, J.A., (2010). "High-power Ultrasonic Processing: Recent Developments and Prospective Advances", *Physics Procedia*, 3:35–47.
- [20] Feng, H. ve Yang, W., (2011). *Ultrasonic Processing*; Ed: Zhang et al., *Nonthermal Processing Technologies for Food*, Blackwell Publishing, USA.
- [21] Gallego-Juarez, J. A., (1998). Ultrasound in Food Processing, In M.J.W. Povey & T. J.Mason (Eds.), London, Blackie Academic&Professional, 127–143.
- [22] Sorokin, V.I., (1957). "The Effect of Fountain Formation at The Surface of a Vertically Oscillating Liquid, *Soviet physics/Acoustics.*, 3:281.
- [23] Neduzhii, S.A., (1962). "Investigation of Emulsification Brought on by Sonic and Ultrasonic Oscillations, *Soviet physics/Acoustics.*, 7, (3):221.
- [24] Baram, A.A., (1965). "Mechanism of Emulsification in an Acoustic Field, *Soviet physics/Acoustics.*, 10, (4):343.
- [25] Neduzhii, S.A., (1965). "Nature of Disturbances Giving Rise to Formation of The Disperse Phase of an Emulsion in an Acoustic Field, *Soviet physics/Acoustics.*, 10: 390.
- [26] Rajagopal, E.S., (1968). Principles of Emulsion Formation: Sonic and Ultrasonic Emulsification, in: Sherman, P., (Ed.), *Emulsion Science*, Academic Press, London.
- [27] Bondy, C. ve Sollner, K., (1935). "On The Mechanism of Emulsification by Ultrasonic Waves", *Trans. Faraday Soc.*, 31: 835–842.
- [28] Mason, T.J., (1992). "Industrial Sonochemistry: Potential and Practicality", *Ultrasonics*, 30: 192-196.

- [29] Mason, T.J., Paniwnyk, L., ve Chemat F., (2003). Ultrasound as a Preservation Technology, Zeuthen P. ve Bugh-Sørensen L. (Ed.), Food Preservation Techniques, CRC Press, USA.
- [30] Weiss, J., Gulseren, I. ve Kjartansson G., (2011). Physicochemical Effects of High-intensity Ultrasonication on Food Proteins and Carbohydrates, Nonthermal Processing Technologies for Food, In Barbosa- Canovas, G.V., Bermudez-Aguirre, D. (eds.), Blackwell Publishing, USA.
- [31] Louisnard, O. ve González-García, J., (2011). Acoustic Cavitation, H. Feng et al. (eds.), Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing, Springer, New York.
- [32] AOAC, (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists, (15th ed), Association of Analytical Chemists, 837:999-1000.



## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Hakan BAŞDOĞAN  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 24.07.1981  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-posta** : [hbasdogan@gmail.com](mailto:hbasdogan@gmail.com)

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	İşletme	Fatih Üniversitesi	2007
Lisans	Gıda Müh.	Atatürk Üniversitesi	2002
Lisans	İşletme	Anadolu Üniversitesi	2006