



**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ULTRASES VE HOMOJENİZASYON İŞLEMLERİNİN  
KENEVİR SÜTÜNÜN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNE ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Sinan GRAM**

Danışman

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa MORTAŞ**

SAMSUN

2021

**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**ULTRASES VE HOMOJENİZASYON İŞLEMLERİNİN  
KENEVİR SÜTÜNÜN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNE ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Sinan GRAM**

Danışman

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa MORTAŞ**

SAMSUN

2021

## TEZ KABUL VE ONAYI

**Sinan GRAM** tarafından, **Dr. Öğr. Üyesi Mustafa MORTAŞ** danışmanlığında hazırlanan “**Ultras ve Homojenizasyon İşlemlerinin Kenevir Sütünün Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 8.7.2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	<b>Unvanı Adı Soyadı</b> <b>Üniversitesi</b> <b>Ana Bilim/Ana Sanat Dalı</b>	<b>İmza</b>	<b>Sonuç</b>
<b>Başkan</b>	Prof. Dr. Hasan TEMİZ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
<b>Üye</b> (Danışman)	Dr. Öğr. Üyesi Mustafa MORTAŞ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
<b>Üye</b>	Doç. Dr. Salih KARASU Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT

Enstitü Müdürü

## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI**

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

12.07.2021

Sinan GRAM

## **TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI**

**Tez Başlığı : Ultrases ve Homojenizasyon İşlemlerinin Kenevir Sütünün Fizikokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi**

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 15.06.2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 8

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

12.07.2021

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa MORTAŞ

## ÖZET

### ULTRASES VE HOMOJENİZASYON İŞLEMLERİNİN KENEVİR SÜTÜNÜN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Sinan GRAM

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Temmuz/2021

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa MORTAŞ

Kenevirin (*Cannabis sativa* L.) endüstriyel kullanımının içinde kenevir tohumu ürünleri de yer almakta olup kenevir sütü söz konusu ürünler içinde sıralanabilmektedir. Kenevir sütü bir suda yağ emülsiyonudur ve bu tür emülsiyonlar oldukça kararsız olup bir süre sonra üründe faz ayrılmasına neden olmaktadır. Faz ayrılması bitkisel sütlerde sık karşılaşılan, kalite ve raf ömrü kayıplarına yol açan bir sorundur. Tez kapsamında kenevir sütüne ultrases, homojenizasyon ve bu iki işlemin kombine şekilde uygulanmasıyla faz ayrılması sorununun katkı maddeleri kullanılmadan önlenmesi veya geciktirilmesi amaçlanmış ve uygulanan işlemlerin kenevir sütünün fizikokimyasal özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

Süt üretiminde kullanılan yerli kenevir tohumunun nem, yağ, protein ve kül değerleri bulunmuş ve besin değeri bilinen tohumlardan süt üretildikten sonra sütlerin kuru madde, yağ, protein ve kül oranı belirlenmiştir. Yerli kenevir tohumunun nem oranı %6.36, protein oranı %26.70, yağ oranı %32.8 ve kül değeri %5.22 olarak bulunmuştur.

Üç parti halinde üretilen kenevir sütlerine farklı süre ve genliklerde ultrases işlemi, 0-200 MPa basınç aralığında homojenizasyon işlemi ve bu iki işlemin kombine edilmiş hali uygulanarak analizler yapılmıştır.

Ultrases uygulaması kenevir sütünün  $L^*$  değerini arttırmış, sineresis ve serum ayrılması miktarını istatistiki olarak anlamlı şekilde azaltmıştır ( $p<0.05$ ). Yapılan modellemede optimum uygulama değerleri %50.2 amplitud 6.40 dakika olarak hesaplanmıştır. Kombine işlem uygulamasında zaman değişkenindeki artış  $a^*$  değerini düşürürken, güç değişkenindeki artış viskoziteyi arttırmış ve basınç değişkenindeki artış partikül boyutunu küçültmüştür. Ulaşılan en düşük serum ayrılması miktarı 40 MPa homojenizasyon ile %20 amplitud, 2 dakika ultrases kombine uygulaması sonucu %10 olarak bulunmuştur. Homojenizasyon uygulamasında basınç arttıkça  $L^*$  değeri artarken,  $a^*$  ve  $b^*$  değeri, serum ayrılması miktarı, sineresis miktarı, partikül boyutu azalmıştır ( $p<0.05$ ) ve önemli kalite parametrelerinden olan renk ve fiziksel stabilite olumlu yönde etkilenmiştir. Homojenizasyon uygulanmayan sütte 15 günlük depolama sonucunda oluşan serum ayrılması miktarı %69.87 iken, 100 MPa basınç uygulanan sütte %60.07'ye, 200 MPa basınç uygulanan sütte %56.73'e kadar düşmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Kenevir sütü, kenevir tohumu sütü, homojenizasyon, ultrases

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF ULTRASOUND AND HOMOGENIZATION PROCESSES ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF HEMP MILK

Sinan GRAM

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Food Engineering

Master, July/2021

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mustafa MORTAŞ

Hemp seed products are also included in the industrial use of hemp (*Cannabis sativa* L.) and hemp milk can be listed among these products. Hemp milk is an oil-in-water emulsion and such emulsions are highly unstable and cause phase separation in the product after a while. Phase separation is a common problem in plant milks that causes quality and shelf life problems. In this study, it was aimed to prevent or delay the phase separation problem by applying ultrasound, homogenization and combined application of these two processes to hemp milk without using additives and the effect of the applied processes on the physicochemical properties of hemp milk was investigated.

The amount of moisture, oil, protein and ash content of domestic hemp seeds used in milk production was determined and after producing milk from seeds with known nutritional value, dry matter, fat, protein and ash content of milk were determined. The moisture content of the domestic hemp seed was %6.36, the protein rate was %26.70, the oil rate was %32.8 and the ash value was %5.22.

Analyzes were made by applying ultrasound treatment at different durations and amplitudes, homogenization process in the pressure range of 0-200 MPa, and the combined treated of these two processes to the hemp milk produced in three batches.

Ultrasound application increased the  $L^*$  value of hemp milk and decreased the amount of syneresis and serum separation statistically significantly ( $p < 0.05$ ). In the modeling, the optimum application values obtained by using the desirability function were calculated as 50.2% amplitude 6.40 minutes. In the combined process application, the increase in the time variable decreased the  $a^*$  value, the increase in the power variable increased the viscosity and the increase in the pressure variable decreased the particle size. The lowest amount of serum separation achieved was found to be 20% amplitude with 40 MPa homogenization, and 10% as a result of combined ultrasound for 2 minutes. As the pressure increased in the homogenization application,  $L^*$  value increased,  $a^*$  and  $b^*$  value, serum separation amount, amount of syneresis, particle size decreased ( $p < 0.05$ ) and color and physical stability, which are important quality parameters, were positively affected. While the amount of serum separation occurred as a result of 15 days of storage in milk that was not homogenized, it was 69.87%, it decreased to 60.07% in milk that was pressurized to 100 MPa, and to 56.73% in milk that was pressurized to 200 MPa.

**Keywords:** Hemp milk, hemp seed milk, homogenization, ultrasound

## **ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, tez çalışmamın her aşamasında büyük desteklerini gördüğüm hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa MORTAŞ'a, laboratuvar çalışmalarım sırasında bilgi ve desteklerini esirgemeyen Araş. Gör. Ayşegül BEŞİR'e ve hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini gördüğüm aileme teşekkür ederim.

Sinan GRAM

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....</b>	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER.....</b>	<b>vi</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ.....</b>	<b>ix</b>
<b>TABLolar DİZİNİ.....</b>	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
2.1. Kenevir Tohumunun Besleyici Özellikleri .....	8
2.2. Kenevir Kaynaklı Ürünler.....	11
2.3. Bitkisel Süt Ürünleri .....	18
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>25</b>
3.1. Materyal .....	25
3.1.1. Kenevir Tohumu .....	25
3.1.2. Analizlerde Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	25
3.2. Yöntem.....	25
3.2.1. Kenevir Sütü Üretimi .....	25
3.2.2. Ultrases Uygulaması .....	25
3.2.3. Homojenizasyon İşlemi.....	25
3.2.4. Kenevir Tohumunda Yapılan Analizler .....	26
3.2.4.1. Nem Tayini .....	26
3.2.4.2. Protein Tayini .....	26
3.2.4.3. Yağ Tayini .....	26
3.2.4.4. Kül Analizi .....	27
3.2.5. Kenevir Sütünde Yapılan Analizler .....	27
3.2.5.1. Kuru Madde Tayini.....	27
3.2.5.2. Protein Tayini .....	27
3.2.5.3. Yağ Tayini .....	28
3.2.5.4. Kül Tayini.....	28
3.2.5.5. Renk Analizi .....	28
3.2.5.6. pH .....	28
3.2.5.7. Viskozite Ölçümü .....	28
3.2.5.8. Titrasyon Asitliği Analizi .....	29
3.2.5.9. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Tayini.....	29

3.2.5.10. Partikül Boyutu.....	30
3.2.5.11. Serum Ayrılması ve Sineresis.....	30
3.2.5.12. Mikro Yapı .....	30
3.2.5.13. Deneysel Tasarım ve İstatistiksel Analiz.....	30
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>33</b>
4.1. Kenevir Tohumunda Yapılan Analiz Sonuçları .....	33
4.2. Kenevir Sütünün Kuru Madde, Protein, Yağ ve Kül Değeri.....	33
4.3. Ultrases İşlemi Uygulanan Kenevir Sütü Sonuçları.....	34
4.4. HPH ve Ultrases Uygulanan Kenevir Sütü Sonuçları.....	48
4.5. Homojenizasyon İşlemi Uygulanan Kenevir Sütü Sonuçları.....	68
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>74</b>
<b>6.KAYNAKÇA.....</b>	<b>76</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>81</b>
<b>ÖZ GEÇMİŞ .....</b>	<b>87</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

°C	Santigrat
µg	Mikrogram
mg	Miligram
g	Gram
kg	Kilogram
ml	Mililitre
L	Litre
µm	Mikrometre
kj	Kilojoule
mPa.s	Milipaskal saniye
MPa	Mega paskal
%	Yüzde
kcal	Kilokalori
NaOH	Sodyum hidroksit
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Borik asit
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sodyum karbonat
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
HPI	Kenevir tohumu protein izolatu
HPH	Yüksek basınçlı homojenizasyon
UHPH	Ultra yüksek basınçlı homojenizasyon
US	Ultrases
THC	Tetrahidrokannabinol
EPA	Eikosapentaenoik asit
DHA	Dokosaheksaenoik asit
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
W	Watt
N	Normalite
TKHKT	Tahminlenmiş Kalıntı Kareler Toplamı
Adj-R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş regresyon katsayısı
Pre- R <sup>2</sup>	Tahminlenmiş çoklu belirleme katsayısı
VK	Varyasyon Katsayısı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Kenevir sütü L değeri yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri.....	38
Şekil 4.2. Kenevir sütü a* değeri yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri .....	40
Şekil 4.3. Kenevir sütü oleik asit değeri yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri .....	41
Şekil 4.4. Kenevir sütü toplam fenolik madde miktarı yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri .....	42
Şekil 4.5. Kenevir sütü DPPH miktarı yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri .....	42
Şekil 4.6. Kenevir sütü toplam viskozite değeri yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri ...	43
Şekil 4.7. Kenevir sütü serum ayrılması miktarı yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri.....	44
Şekil 4.8. US uygulanmış sütlerin serum ayrılması 15. Gün .....	45
Şekil 4.9. Ultrases işlemi uygulanan kenevir sütlerinin sineresis değeri yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri .....	46
Şekil 4.10. Ultrases işleminin uygulanan kenevir sütlerinin Dx(90) değeri yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri .....	47
Şekil 4.11. HPH+US uygulanmış sütlerin serum ayrılması 15.gün.....	55
Şekil 4.12 HPH+US kombine işlemi uygulanan kenevir sütlerinin L* değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri .....	56
Şekil 4.13. HPH+US kombine işlemi uygulanan sütlerin a* değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğriler.....	57
Şekil 4.14. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenevir sütlerinin serum ayrılması miktarı için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri .....	58
Şekil 4.15. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenevir sütlerinin % oleik asit miktarı için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri .....	62
Şekil 4.16. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenevir sütlerinin viskozite değeri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri .....	63
Şekil 4.17. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenevir sütlerinin DPPH miktarı için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri .....	64
Şekil 4.18. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenevir sütlerinin toplam fenolik madde miktarı için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri.....	65
Şekil 4.19. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenevir sütlerinin sineresis değeri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri .....	66
Şekil 4.20. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenevir sütlerinin için Dx(90) değeri yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri .....	67
Şekil 4.21. HPH uygulanmış sütlerin serum ayrılması 15. gün .....	73

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Kenevir tohumunun tipik besin içeriği (%), Finola kùltivarı (Callaway, 2004). ....	3
Tablo 2.2. Kenevir tohumu yağı makro kompozisyonu (Leizer vd., 2000).....	9
Tablo 2.3. Kenevir tohumu aminoasit kompozisyonu .....	13
Tablo 3.1. Ultrases işlemi uygulanan kenevir sùtlerinin deneme planı ve enerji yoğunluğu.	31
Tablo 3.2. HPH ile kombine ultrases işlemi uygulanan sùtlerin deneme deseni .....	32
Tablo 4.1. Sùt üretiminde kullanılan yerli kenevir tohumu bileşimi .....	33
Tablo 4.2. Üretilen kenevir sùtlerinin bileşimi .....	34
Tablo 4.3. Ultrases işlemi istenirlik özellikleri ve sınır değerler .....	35
Tablo 4.4. Ultrases uygulanan kenevir sùtlerinin analiz sonuçları ve standart sapmaları.....	36
Tablo 4.5. Kenevir sùtü üretimindeki ultrases işlem değişkenlerinin analiz parametreleri üzerine çizgisel, kuadratik ve interaksiyonlarının etkisini gösteren ANOVA tablosu .....	37
Tablo 4.6. Ultrases işlemi uygulanan kenevir sùtlerinin analiz yanıtları için istatistiki uygunluğu .....	38
Tablo 4.7. HPH+US uygulanan kenevir sùtü için sınır değerler.....	48
Tablo 4.8. HPH ve US işlemi uygulanan sùtlerin analiz sonuçları .....	52
Tablo 4.9. HPH+US uygulamasının kenevir sùtü parametreleri üzerine çizgisel, kuadratik ve interaksiyonlarının etkisini gösteren ANOVA tablosu.....	53
Tablo 4.10. HPH+US işlemi uygulanan kenevir sùtlerinin analiz yanıtları için istatistiki uygunluğu .....	54
Tablo 4.11. Homojenizasyon işlemi uygulanan kenevir sùtü analiz sonuçları ve standart sapmaları.....	70

# 1. GİRİŞ

Kenevir, *Cannabaceae* familyasına ait *Cannabis indica*, *Cannabis sativa* ve *Cannabis ruderalis* çeşitlerinin oluşturduğu *Cannabis sativa* L. olarak adlandırılan türe ait, 6000 yıldan uzun süredir gıda, tekstil lifi ve ilaç olarak kullanılan bir bitkidir. *Cannabis sativa* ve *Cannabis indica* çeşitleri daha ekonomik ve yaygın olmasına karşın *Cannabis ruderalis*, eski Sovyetler Birliği'nin Kuzey Himalayalar bölgesinde ve eski Sovyetler Birliği'nin güney eyaletlerinde yetişen ve seyrek, yabancı bir büyüme ile karakterize edilen daha nadir bir çeşitlilik olarak kabul edilmektedir (ElSohly vd., 2017).

FAO'nun 1994-2019 yılları arasında sağladığı verilere göre en fazla kenevir tohumu üreten ülkeler; Fransa, Çin, Şili, Pakistan, Ukrayna, Rusya, Macaristan, İran, Romanya ve Türkiye'dir. Dünya kenevir hasat alanları 1994 yılında 38.096 hektardan 2019 yılına gelindiğinde 23.339 hektara düşmüştür. Aynı zaman aralığında üretim alanlarının azalmasına rağmen kenevir tohumu üretimi 74.961 tondan 76.730 tona yükselmiştir. 2017 yılında 49.907 hektar ekim alanından 259.111 ton olarak en yüksek kenevir tohumu üretimi gerçekleştirilmiştir (FAO, 2021).

Türkiye'de, 29 Eylül 2016 tarihinde Resmi Gazete'de kenevir yetiştiriciliğine dair yönetmelik yayımlanmış ve izinli olarak kenevir üretiminin yapılabileceği şehirler belirtilmiştir. Bu yönetmeliğe göre kenevir: Lif, tohum, sap ve benzeri amaçlarla yapılan yetiştiricilik yanında, farklı organlarından münhasıran esrar elde edilebilen, mahalli olarak bazı yörelerde kendir, hintkeneviri, çedene veya çetene olarak isimlendirilen; *Cannabis* cinsine bağlı bütün tür ve alt türlere ait bitkiler olarak tanımlanmıştır. İzinli kenevir üretimin yapılabileceği şehirler; Amasya, Antalya, Bartın, Burdur, Çorum, İzmir, Karabük, Kastamonu, Kayseri, Kütahya, Malatya, Ordu, Rize, Samsun, Sinop, Tokat, Uşak, Yozgat ve Zonguldak illerinde ve bu illerin bütün ilçeleri olarak bildirilmiştir.

Türkiye'de kenevir tohumu ekim alanları 2011-2020 yılları arasında sırasıyla 140, 64, 7, 10, 10, 25, 24, 59, 536, 4252 dekadır. Türkiye'nin kenevir tohumu üretimi ise 1988 yılında 1200 ton olarak gerçekleşirken, 1994 yılında 400 tona düşmüş, 2013-2017 yılları arasında sadece 1 ton olarak gerçekleşmiştir. 2018 ve 2019 verilerine bakıldığında üretim 3 ton ve 20 ton olarak gerçekleşmiş ve 2020

yılına gelindiğinde kenevir tohumu üretimi 273 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2021).

Geçmiş dönemden itibaren ekilen ve tüketilen kenevir tohumu günümüzde ülkemiz açısından yok olma aşamasında iken yeniden ekimi desteklenmeye başlamıştır. An itibari ile ülkemizde yerli ve milli tohumların ekimi ve üretimi henüz başlangıç aşamasında olup tohumun fiyatı yüksektir. Bu durum ise tohuma dayalı gıda ürünlerinin üretiminde maliyetler yüksek çıkmaktadır. Ancak tohumların ekilmesi ile birlikte artan tohum rekoltesine bağlı olarak fiyatların düşmesi beklenmektedir. Bu durum ise kenevir tohuma bağlı gıda ürünlerinin çeşidinin artması kaçınılmaz olarak görülmektedir. Söz konusu üretimi destekleyici olarak kenevirin sağlık üzerine etkisi de en önemli etkidir.

Kenevir ürünleri içerisinde en önemli olan çeşitlerden bir tanesi de kenevir sütüdür. Dünyada bitkisel kaynaklı süt çeşitleri son yıllarda artmaya başlamıştır. Söz konusu artışın temelinde vegan tüketim tercihi, laktoz intoleransı ve tüketim tercihleri gibi etmenler bulunmaktadır. Bu duruma paralel olarak ise dünyada ABD ve Kanada gibi gelişmiş ülkelerde hayvansal sütlerin tüketimi düşerken bitkisel kaynaklı süt tüketiminde artış göstermiştir. Böylece kenevir sütü de belirtilen bitkisel kaynaklı süt çeşitleri içinde kendi payını almaya başlamıştır. Ancak, kenevir sütünün üretim aşamasının fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisine dair literatürde çalışma bulunmamaktadır.

Tez kapsamında kenevir sütünün fizikokimyasal özellikleri üzerinde homojenizasyon, ultrases ve her iki yöntemin etkinliklerinin yanıt yüzey yöntemi ile araştırılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Kenevir binlerce yıldır önemli bir gıda, lif ve ilaç kaynağı olmuştur. Bitkinin sap kısmından elde edilen lifler, dayanıklı kumaşların ve özel kağıtların modern üretiminde hala kullanılmaktadır. Kenevir tohumu ve tohum küspesi mükemmel bir diyet yağ, lif ve protein kaynaklarıdır. Kenevir tohumunun kayıtlı tarih boyunca çiğ, pişirilmiş veya kavrulmuş bir gıda kaynağı olarak tüketildiği belgelenmiştir ve kenevir tohumu yağının Çin'de en az 3000 yıldır sağlık alanında kullanıldığı bilinmektedir. Hem ezilmiş hem de bütün tohum geleneksel Asya yemekleri ve ilaçlarında önemli bir ürün olmaya devam etmektedir. Kuzey Amerika'da kenevir tohumu boya ve vernik endüstrisinde kullanılmış ve kuş yemi olarak ithal edilmiştir. Son 10 yıl içinde, kenevir tohumu hem Kanada hem de Amerika Birleşik Devletleri'nde yasal olarak insanlar için gıda olarak kullanılırken, ikincisinde kenevir ekimi yasadışı olmaya devam etmektedir. Kenevir tohumundaki iki ana protein edestin ve albümindir. Bu yüksek kaliteli depolama proteinlerinin her ikisi de kolayca sindirilir ve besin açısından önemli miktarda tüm esansiyel amino asitleri içerir. Ek olarak kenevir tohumu yüksek miktarda arjinin amino asiti içermektedir. Son klinik çalışmalar kenevir tohumu yağını fonksiyonel bir gıda olarak tanımlamıştır ve hayvan besleme çalışmaları kenevir tohumunun önemli bir gıda kaynağı olarak uzun süredir devam eden faydasını göstermektedir (Callaway, 2004).

Tablo 2.1. Kenevir tohumunun tipik besin içeriği (%), Finola çeşidi (Callaway, 2004).

	Bütün Tohum	Tohum Küspesi
Yağ	35.5	11.1
Protein	24.8	33.5
Karbonhidrat	27.6	42.6
Nem	6.5	5.6
Kül	5.6	7.2
Enerji (kJ/100 g)	2200	1700
Toplam diyet lif (%)	27.6	42.6
Sindirilebilir lif	5.4	16.4
Sindirilemez lif	22.2	26.2

Kenevir, geniş kullanım alanına sahip bir bitki olup kenevir bitkisinden elde edilen yağ biyodizel ve alkol üretiminde, kozmetik sanayiinde, ilaç, makina ve boya sanayisinde, tohumundan protein elde edilmesiyle insan ve hayvan beslenmesinde, tekstil, kâğıt, otomotiv sanayisi ve inşaat malzemesi yapımında kullanılmaktadır. Kenevir lifi ve sapları, çevre dostu ve yenilenebilir malzemelerdendir. Kenevir lifi, yüksek oranlarda kullanıldığında düşük yoğunluklu kompozit üretime imkân sağlamaktadır. Kâğıt, karton üretiminde selüloz hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de üretilen kenevir bitkisinin büyük bir kısmı önceki dönemlerde sigara kâğıdı üretiminde kullanılmıştır (Göre ve Kurt, 2021).

Kenevir tohumunun gıda mahsulü olarak küresel ekonomiye katkısının önümüzdeki on yılda artması beklenmektedir. Kenevir tohumuna karşı artan ilginin çeşitli sebepleri olup söz konusu nedenler ise; organik bir ürün olması ve pestisit içermeyen gıda maddelerini tercih eden insanların beslenme tercihleriyle uyumlu olması, tohumun yüksek besin değeri, içerdiği proteinlerin yüksek sindirilebilirliğe sahip olması ve omega-3 yağ asitlerini içermesi şeklinde sıralanabilmektedir. Yüksek arjinin seviyesi sayesinde kardiyovasküler sağlığı korumak için sağlık bilincine sahip kişiler tarafından özellikle arzu edilmektedir. Bunlara ek olarak kenevir tohumu ürünlerinin çoğu yüksek seviyelerde diyet lif ve fenolik bileşikler de içermektedir (Aluko, 2017).

Kabuğu alınmış kenevir tohumu 1990’ların sonlarına kadar ticari olarak kullanılmamasına rağmen son dönemlerde yeni ve kullanışlı bir ürün olarak kabul edilmektedir. Kenevir tohumundan kabuğun ayrılmasıyla birlikte tohumun yağ ve protein değeri oransal olarak artmaktadır. Kabuğu alınmış kenevir tohumu doğrudan yenilebilir veya yiyeceklerin, smoothie tarzı içeceklerin hazırlanmasında bileşen olarak eklenebilmektedir. Kabuksuz kenevir tohumunun su ile öğütülmesi, süte benzeyen ve tadı ceviz veya ayçiçeği çekirdeği gibi olan lezzetli bir içecek üretilebilmektedir. Kabuğu alınmış tohuma eşit oranda su eklenerek elde edilen bitkisel süt, unlu mamullerin üretiminde yumurta ve süt ürünleri yerine kullanılabilir. Örneğin, kek yapımında kullanıldığında kenevir tohumu proteinleri yumurta akı ile aynı şekilde denatüre olacağından, süt veya yumurta olmadan arzu edilen tekstür elde edilmiştir (Callaway ve Pate, 2009).

Vonapartis vd. (2015), yaptıkları çalışmada Kanada’nın Quebec eyaletinde yetiştirilen on adet endüstriyel kenevir bitkisi türünün kimyasal bileşimi üzerine

çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmaya göre tohumların kuru madde, protein, yağ, kül miktarlarını sırasıyla % 92.82-98.87, 238-280 g/kg, 269-306 g/kg, 51-58 g/kg olarak türlere göre değişen aralıklarında olduğu belirlenmiştir.

Kenevir bitkisinin geniş kullanıma sahip olup söz konusu kullanım alanlarına kenevir tohumunun kullanımı da katkı sağlamaktadır. Kenevirin tohum olarak işlenmesinde ise besinsel açıdan üstün olması önemli bir rol oynamaktadır. Bundan dolayı kenevir tohumunun genel özellikleri ve kenevir tohumundan yapılan gıda ürünlerinin incelenmesi gerekmektedir.

### **2.1. Kenevir Tohumunun Besleyici Özellikleri**

Anwar vd. (2006), tarafından Pakistan'ın üç farklı bölgesinden temin ettikleri kenevir tohumlarına soğuk sıkım yöntemini uygulanmış ve yağ içeriklerinin % 26.90 ile % 31.50 arasında olduğunu belirlenmiştir. Protein oranı % 23.00-26.50, lif % 17.00-20.52, kül % 5.00-7.60 ve nem içeriği % 5.60-8.50 olarak bulunmuştur. Araştırılan soğuk sıkım kenevir yağlarının % 56.50-60.50 gibi yüksek seviyelerde linoleik asit içerdiği, ardından  $\alpha$ -linolenik, oleik, palmitik, stearik ve  $\gamma$ -linolenik asitleri sırasıyla % 16.85-20.00, % 10.17-14.03, %5.75-8.27, %2.19-2.79 ve % 0.63-1.65 oranında içerdiği bulunmuştur (Anwar vd., 2006).

Leizer vd. (2000), kenevir tohumu yağının yağ asidi ve doğal bileşenlerini analiz etmiş ve linoleik asit ve  $\alpha$ -linolenik asit oranını daha önce literatürde bildirilen 3:1 oranlarında olduğunu teyit etmiştir. Yağda daha önce bildirilmemiş olan  $\beta$ -karyofilen (740 mg/L), mirsen (160 mg/L),  $\beta$ -sitosterol (100-148 g/L) tespit etmiş ve eser miktarlarda metil salisilat ve kannabidinol varlığı gözlemlemiştir. Kenevir tohumu yağı sırasıyla temel anlamda omega-6 ve omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri olarak adlandırılan linoleik asit ve  $\alpha$ -linolenik asit içermektedir. Linoleik asitin  $\alpha$ -linolenik asite oranının 3:1 olmasının beslenme için optimal olduğu bildirilmektedir. Kenevir tohumu yağında ek olarak  $\gamma$ -linolenik asit varlığı, sonuçta besin değerini karşılaştırılabilir tohum yağlarının çoğundan üstün kılmaktadır. Omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerine atfedilebileceği bildirilen sayısız fayda arasında anti-kanser, antienflamatuar ve antitrombotik özellikler bulunmaktadır. Ek olarak, diyet omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri genel metabolik hızları artırmaya ve yağ yakımını teşvik etmeye yardımcı olmaktadır (Leizer vd., 2000).

Tablo 2.2. Kenevir tohumu yağı makro kompozisyonu (Leizer vd., 2000)

Bileşenler	(% w/w)
Linoleik Asit (18: 2ω6)	52-62
α-Linolenik Asit (18: 3ω3)	12-23
Oleik Asit (18: 1ω9)	8-13
Palmitik Asit (16: 0)	5-7
Stearik Asit (18: 0)	1-2
γ-Linolenik Asit (18: 3ω6)	3-4
Eikosanoik Asit (20: 0)	0.39-0.79
Eikosenoik Asit (20: 1)	0.51
Kannabidiol	10 mg/kg
Mirsen	160 mg/l
β- Karyofilen	740 mg/l
β-Sitosterol	100-148 g/l
γ-Tokoferol	468 mg/l

Yüksek miktarda çoklu doymamış yağ asitleri içeren yağ asidi bileşimi nedeniyle, kenevir tohumu yağı, depolama sırasında ve ısı yoluyla yiyeceklerin hazırlanması sırasında oksidatif bozulmaya karşı çok hassas hale gelmektedir. Bu nedenle, kenevir tohumu yağı, yüksek sıcaklıktaki pişirme işlemleri uygulanan yiyecek hazırlama yöntemlerine uygun olmamaktadır. Saf kenevir tohumu yağı, kolza veya zeytinden elde edilen işlenmemiş yağlara kıyasla 120 °C'de Ransimat testinde önemli ölçüde daha kısa oksidatif stabilite göstermektedir. İşlenmemiş kolza yağı ve zeytinyağı, sırasıyla yaklaşık 4 ve 6 saatlik bir oksidatif stabiliteye sahipken, işlenmemiş kenevir tohumu yağı, 1 saatten daha kısa bir süre sonra açıkça oksidatif olarak bozulmaktadır. Yağın, şişe açıldıktan sonra kısa bir süre içinde tüketilmesi önemlidir, çünkü saklama sırasında oksidatif bozulma çok hızlı ilerlemektedir. Oksidatif olarak hassas yağ asitleri nedeniyle bir şişede saklama sırasında kenevir tohumu yağının stabilitesi, işlenmemiş kolza tohumu veya ayçiçek yağının stabilitesiyle karşılaştırıldığında daha zayıf olmaktadır. Açılmış şişelerde 2 aydan fazla saklanan natürel kenevir tohumu yağı insan tüketimi için kullanılmamalıdır. Bozulma sonucunda yağda vernik benzeri bir koku meydana gelmektedir. Ticari olarak üretilecek kenevir tohumu yağlarının, kısa sürede tüketilebilecek küçük şişelere konulması önerilmektedir. Kenevir yağının aksine işlenmemiş tohumlar, depolama sırasında oksidatif bozulmaya duyarlı olmamaktadır ve koruyucu tohum kabuğu içindeki yağ uzun süre depolanabilmektedir (Matthäus ve Brühl, 2008).

Teh ve Birch (2013), tarafından yapılan çalışmada Yeni Zelanda'da soğuk preslenmiş kenevir, keten ve kanola tohumlarını yağ asidi bileşimleri, tokoferoller,  $\beta$ -karoten, klorofil, toplam fenolikler, flavonoidler, renk, kalite, erime ve kristalleşme özellikleri açısından analiz edilmiştir. Karşılaştırmada kenevir tohumu yağının en yüksek  $\gamma$ -tokoferol içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Kenevir tohumu yağının  $\beta$ -karoten içeriği en düşükken, en yüksek miktarda klorofil pigmentine sahip olduğu görülmüştür. Kenevir tohumu yağı, keten ve kanola yağlarıyla kıyaslandığında en yüksek flavonoid ve fenolik asit içeriğine sahip yağ olduğu görülmüştür.

Antioksidan peptitler, insan sağlığına potansiyel katkılarından dolayı ve özellikle kronik hastalıkların önlenmesi ve tedavisi için araştırma konusu olmaya devam etmektedir. Oksidatif stres, serbest radikallerin aşırı artışı ve endojen antioksidanların süpürme yeteneği arasındaki dengesizliğin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Yapılan çalışmada yağsız kenevir tohumu küspesinin oksidatif strese neden olabilecek çeşitli serbest radikallere karşı çok işlevli biyoaktif özelliklere sahip olduğu ve bu amaçla fonksiyonel gıdaları formüle etmek için kullanılabilmesi gösterilmiştir. Kenevir tohumu protein hidrolizatının önemli ölçüde metal şelasyonu, ferrik indirgeme ve radikal süpürme yeteneğinin olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca kenevir tohumu protein hidrolizati ve tüm peptit fraksiyonlarının linoleik asit oksidasyonunu önemli ölçüde inhibe ettiği bulunmuştur (Girgih vd., 2011).

House vd. (2010), tarafından yapılan çalışmada Batı Kanada'da yetiştirilen kenevir tohumundan elde edilen ürünler ve kenevir tohumunun makro besin bileşimi ve protein kalitesi belirlenmiştir. Bütün kenevir tohumu, soğuk sıkımdan çıkan kenevir tohumu küspesi, kabukları soyulmuş veya kabuklu kenevir tohumu ve kenevir tohumu kabukları dahil otuz kenevir ürünü örneği ticari kaynaklardan elde edilmiştir. Tüm numuneler için ham protein, ham yağ ve lifin yanı sıra tam aminoasit profilleri dahil olmak üzere analizler yapılmıştır. Protein sindirilebilirliği ve düzeltilmiş aminoasit skoru ölçümleri için biyodeneyini, referans olarak 2-5 yaş çocuklar için FAO ve WHO tarafından önerilen aminoasit gereksinim değerlerini referans alarak çalışılmıştır. Seçilen kenevir ürünleri için protein sindirilebilirliği ile düzeltilmiş aminoasit skorları sırasıyla, tam kenevir tohumu için % 84.1-86.2 ve %49-53, kenevir tohumu küspesi için %90.8-97.5 ve %46-51, kabuğu alınmış kenevir tohumu için %83.5-92.1 ve % 63-66 olarak bulunmuştur. Lizin, tüm ürünlerde ilk sınırlayıcı aminoasit olmuştur. Kabuğun çıkarılması, protein

sindirilebilirliğini iyileştirmiş olup sonuçlar kenevir proteinleri ile karşılaştırma yapılan bazı tahıllar, kabuklu yemişler ve bakliyalara göre eşit veya onlardan daha yüksek bir protein sindirilebilirliğine sahip olduğunu göstermiştir (House vd., 2010).

## 2.2. Kenevir Kaynaklı Ürünler

Kenevir tohumunun işlenerek yeni ürünlerin geliştirilmesi ve geliştirilen ürünler üzerine çalışmaların yapılması, kenevir tohumu ürünlerinin yaygınlaşması açısından önemlidir.

Kenevir tohumu sütünün düşük alerjenitesi ve yüksek besin değeri onu süt ve soya ve diğer fındık sütlerine göre iyi bir alternatif haline getirmektedir. Ayrıca çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengin bir kaynak olması sağlık açısından önemini arttırmaktadır. Kenevir sütü bir suda yağ emülsiyonudur ve bu tür emülsiyonlar oldukça kararsız olup emülsiyonların topaklanma, birleşme eğiliminde olmaları kalite ve raf ömründe kayıplara yol açtığı için endüstride önemli bir sorundur. Bu duruma karşı koymak için genellikle emülgatörler veya stabilizatörler kullanılmaktadır ancak bu kimyasal maddelerin kullanımı, üretim maliyetini artırdığı için ekonomik değildir ve kronik iltihaplı hastalıklar, obezite ile ilişkili hastalıklar ve metabolik bozukluklar gibi bazı sağlık sorunları bu kimyasalların kullanımına izin vermemektedir. Bu sorunun üstesinden gelmek için yüksek basınçlı homojenizasyon yöntemi uygulanmaktadır. Homojenizasyon basıncı, yağ damlacıklarını ayırarak yeni arayüzler oluşturmak için uygulanan mekanik enerjiyi belirlemektedir (Paul vd., 2019; Wang vd., 2018).

Ertaş ve Aslan (2020), yaptıkları çalışmada, kurabiyelerde buğday unu yerine farklı oranlarda (% 0-5-10-15-20) çığ ve kavrulmuş kenevir unu kullanılmasının fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikler açısından etkilerinin araştırmış ve kenevir tohumunun yüksek besin değerinden dolayı fonksiyonel ürün geliştirilmesinde bileşen olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışmaya göre kenevir unu miktarı arttıkça kül, protein, yağ, toplam fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite değerleri artarken, çığ ve kavrulmuş kenevir unu sertliği önemli ölçüde düşürmüş ve daha yumuşak kurabiyelere neden olmuştur. Kurabiyelerin duyuşal analizinde %20'ye kadar çığ kenevir unu ve %15'e kadar kavrulmuş kenevir unu eklenmesi genel kabul edilebilirliği arttırmıştır.

Kenevir bitkisinin tüm kısımları kullanılabilir olup, lifli kısımları tekstilde ve kağıt üretiminde, yaprakları ve çiçekli kısımları ilaç veya çay üretiminde, tohumları yağ ve un gibi gıda maddeleri üretiminde ve hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca yağ ekstraksiyonunun pres kalıntısı hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Kenevir bitkisinin gıda olarak kullanımını için umut vadeden kısım daha çok tohumlarıdır. Kenevir tohumunun proteini, insan beslenmesi için gerekli oranlarda 8 esansiyel amino asidin tamamını içermektedir. Kenevir yağı, tüm bitkisel yağlar arasında en yüksek doymamış yağ asitleri oranına sahiptir ve besleyici değerli esansiyel yağ asitleri içermektedir. Bu doymamış yağ asidi moleküllerinin özellikle ışığa veya ısıya maruz kaldıklarında oksidasyona karşı duyarlı olmaları önemli bir sorun olmaktadır. Bu nedenle kenevir yağı, zeytinyağı gibi diğer soğuk preslenmiş yağlara kıyasla esasen daha kısa bir raf ömrü göstermektedir. Bu dezavantaj kenevir yağının ticari olarak kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Kenevirin gıda olarak kullanılmasının sınırlı olmasının bir nedeni, mevcut kenevir türlerinin yüksek bir tohum verimi açısından değil yüksek lif üretimi açısından yetiştirilmesidir (Lachenmeier ve Walch, 2005).

Kenevir tohumu yağı, esansiyel yağ asitlerinin önemli bir kaynağı olarak kabul edilir ve vücut kremleri, deterjanlar ve sabunlar için bir bileşen olarak kullanılır. Klinik deneyler, kenevir tohumu yağının fonksiyonel bir gıda olarak tanımlamıştır ve hayvan besleme çalışmaları, kenevir tohumunun uzun süredir önemli bir gıda kaynağı olarak faydasını göstermektedir. Öte yandan, kenevir tohumundaki proteinlerin besleyici, fizyokimyasal, fonksiyonel ve biyoaktif özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Kenevir tohumundaki iki ana protein, edestin ve albümin olarak tanımlanmıştır. Bu iki yüksek kaliteli protein kolaylıkla sindirilmektedir ve tüm temel amino asitleri içermekle beraber yüksek seviyede arjinin ve glutamik asit içermektedirler. İn vitro sindirilebilirlik çalışmalarında, kenevir tohumu protein izolatının (HPI) pepsin ve tripsin tarafından kolayca sindirildiğini ve sindirilebilirliğinin (%88-91), soya proteini izolatından (%71) önemli ölçüde daha yüksek olduğunu gösterilmiştir. HPI, insan tüketimi için değerli bir protein besin kaynağı olma potansiyeline sahip olmasına rağmen, protein çözünürlüğü, su tutma kapasitesi ve emülsiyon özellikleri, soya proteini izolatından çok daha zayıftır. Bu zayıf fonksiyonel özellikler, birçok gıda formülasyonundaki geniş uygulamalarını

sınırlayabilir. %2.3-6.7 hidroliz derecelerinde sınırlı enzimatik sindirimin, HPI'nin fonksiyonel özelliklerini kısmen iyileştirdiği bildirilmiştir (Lu vd., 2010).

Tablo 2.3. Kenevir tohumu aminoasit kompozisyonu

Amino asit	a	b
Alanin	1.28	0.97
Arjinin	3.10	1.96
Aspartik asit	2.78	2.25
Sistin	0.41	0.35
Glutamik asit	4.57	-
Glutamin	-	3.55
Glisin	1.14	1.0
Histidin*	0.71	0.50
İzolösin*	0.98	0.85
Lösin*	1.72	1.41
Lisin*	1.03	0.83
Metiyonin*	0.58	0.45
Fenilalanin*	1.17	0.97
Prolin	1.15	1.00
Serin	1.27	1.08
Treonin*	0.88	0.89
Triptofan*	0.20	0.21
Tirosin	0.86	0.72
Valin*	1.28	1.07

a (Callaway, 2004)

b (House vd., 2010)

Lu vd.'nin (2010) yapmış olduğu çalışmada, HPI'nin enzimatik hidrolizi ve HPI hidrolizatlarının antioksidan aktiviteleri araştırılmıştır. Kenevir tohumundan, güçlü serbest radikal temizleme yeteneklerine sahip birkaç antioksidatif peptid saflaştırılmıştır. Saflaştırılmış HPI peptidleri, oksidatif strese karşı koruyucu etkilere sahip olduğu belirlenmiş olup kenevir tohumu proteininden biyoaktif peptitlerin geliştirilmesi, kenevirin artan katma değerli kullanımı için yeni ekonomik fırsatlar açabileceği bildirilmiştir. Bulguların kenevir tohumu yan ürünlerinden doğal antioksidanların tespiti ve geliştirilmesi için önemli olduğu bildirilmiştir.

Wang vd. (2018), tarafından üretilen %4 protein, %5 yağ içeren kenevir sütüne pH değişikliği ve homojenizasyon işlemleri uygulanmış ve homojenizasyon basıncının artırılması (60 MPa'ya kadar), emülsiyon damlacıklarının daha homojen

dağılımına neden olmuştur. Kombine pH kayması ve HPH (60 MPa) uygulanarak üretilen kenevir sütü, 4 °C’de 3 günlük depolama içinde ihmal edilebilir bir faz ayrımı göstererek, oldukça kararlı olduğu görülmüştür. Öte yandan, HPH ile birlikte pH kayması ile hazırlanan kenevir sütünde mikrobiyal popülasyonda önemli bir azalma gözlenmiştir. Sonuçlara göre pH değişikliği ve HPH kombinasyon işleminin potansiyel olarak ısı işlem içermeyen kenevir sütü üretimi için kullanılabileceğini göstermektedir.

Kenevir tohumu E vitamini, mineraller, antioksidanlar ve lif açısından zengin olmasıyla öne çıkmaktadır. B vitamini içeriğinin ise tahıllardan çok farklı olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte, kenevir tohumlarını farklı kılan, sırasıyla protein ve yağ asitlerinin kalitesi ve oranı olmaktadır. Kenevir tohumu proteinleri, herhangi bir bitki kaynağının en güçlü proteini olan edestin proteinini % 65 oranında içerir ve geri kalan kısım % 35 oranında albümin proteini ve esansiyel amino asitleri içermektedir. Kenevir tohumları, bitkisel proteinlerde genellikle düşük olan yüksek konsantrasyonda kükürt içeren metiyonin ve sistein aminoasitleri ile 9 temel amino asidi içermektedir. Kenevir sütü; inek sütü, soya, fındık, glüten, kolesterol, trans yağ içermemektedir. Veganlar tarafından tüketilebilir ve koşer olması, bunlara ek olarak sodyum oranı düşük olması kenevir sütünü önemli kılmaktadır (Vahanvaty, 2009).

Kenevir tohumunun yüksek omega-6 ve omega-3 yağ asitleri ve yüksek fitosterol içeriğinden dolayı sağlık yönünden faydalar sağlamaktadır. Kenevir tohumu yağı içeriğinden dolayı, kardiyovasküler sağlık için önemlidir. Ani kalp durması ve kardiyak aritmi riskini azaltmanın yanı sıra kan kolesterol seviyesini düşürmekte ve ateroskleroz ile ilişkili hücrel proliferasyonu azaltmaktadır. Aynı zamanda tohumun gama linoleik asit içermesi, osteoporozun önlenmesine D vitaminiyle birlikte yarar sağlamaktadır. Atopik egzama ve sedef hastalığı için yararlı olan temel yağ asitlerinin pullu cilt rahatsızlığı, romatizma, iltihaplanma, diyabet, aşırı epidermal su kaybı, kaşıntı ve hafif yaraları tersine çevirebildiği bulunmuştur. Kenevir tohumu ve yağı, apse, çıban, sivilce ve şişlikleri tedavi etmek için geleneksel tıpta kullanılmıştır. Tohum yağı ayrıca boya, şampuan ve sabunda da kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak kozmetik ürünlere antimikrobiyal, antienflamatuar ve yaşlanma önleyici, cilt için pH ve nem dengeleyici etkilerinden dolayı katılmaktadır (Borhade, 2013).

Kenevir tohumu besin değerine ek olarak, doğal antioksidanlar ve biyoaktif peptidler, fenolik bileşikler, tokoferoller, karotenoidler ve fitosteroller gibi diğer biyoaktif bileşenler bakımından da zengindir ve içeriği çoğunlukla çevresel, agronomik ya da genetik faktörlerden etkilenmektedir. Kenevir tohumu bu faydalı bileşenlerine ek olarak, besin değerini olumsuz yönde etkileyebilecek bazı antinutrient bileşikler içermektedir. Antinutrient bileşenler, insan veya hayvan gıdalarında bulunan besinlerin biyoyararlanımını, gıda alımını azaltan veya metabolizmada toksik ürünlerin salınmasına yol açabilen ve böylelikle gastrointestinal ve metabolik performansın bozulmasına katkıda bulunan biyolojik bileşiklerdir. Genel olarak saponinler, fitik asit, alkaloidler, belirli oligosakaritler, proteaz inhibitörleri, siyanojenik glikozitler, glukozinolatlar ve tanenler gibi bileşikler geleneksel olarak bu gruba dahil edilmektedir. Kenevir tohumunda bulunduğu rapor edilmiş antinutrient bileşenler fitik asit, tripsin inhibitörleri, yoğunlaştırılmış tanenler, siyanojenik glikozitler ve saponinler olarak öne çıkmaktadır (Farinon vd., 2020).

Mikulec vd. (2019), yaptığı çalışmada ekmek üretiminde kenevir ununun kimyasal, doku, organoleptik özellikler, renk, dokusundaki değişiklikleri, polifenol profili, toplam polifenol ve furan türevleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Kenevir unu içeren ekmeklerin buğday ekmeğine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek protein içeriğini bildirmişlerdir. Kenevir ununun %30 ve %50'si oranında hamura eklenmesi ekmeğin organoleptik değerlendirmesinin azalmasına katkıda bulunmuştur. Kenevir ununun payının artması ekmeğin rengini koyulaştırmıştır. Kenevir unu içeriği, ekmek bayatlama endeksini 1.12'den 0.05'e düşürerek, ekmek içi sertliğindeki değişiklikleri önemli ölçüde engellemiş ve kenevir ununun payı arttıkça polifenol içeriğini 256.43'ten (standart ekmek) 673.59 mg GAE/kg'a (%50 kenevir unu) yükselmiştir. Ekmek üretimi için kenevir unu katkısının % 30'u geçmemesi gerektiği bildirilmiştir (Mikulec vd., 2019).

Pojic vd. (2015), çalışmasında yağ presleme sonrasında kalan kenevir tohumu kekinden un elde ederek ekmek yapımında kullanmıştır. Elde edilen kenevir unu, farklı kenevir/buğday unu oranlarında (0/100, 5/95, 10/90 ve 20/80) buğday unu ile karıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kenevir ununun su emilimini ve hamur gelişme süresini ekmek hacmi, rengi ve yapısal ve dokusal özelliklerini etkilediği görülmüştür. Kenevir unu seviyesi arttıkça ekmek hacminde azalma ve ekmek içinin

yapısal ve dokusal özelliklerinde bozulma kaydedilmiştir. Kenevir unu ilavesi formülasyondaki toplam glüten miktarını azaltırken, kenevir unu ilavesinin %10 oranına kadar hamur stabilitesi ve hamur mukavemetini önemli ölçüde etkilemezken, %20 ilave seviyesinin bu özellikleri azalttığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, kenevir unu ile takviye edilmiş ekmeklerin, karbonhidratlardan metabolize edilen enerjiyi azaltırken, proteinler ve makro ve mikro elementler gibi önemli besin maddelerinin, özellikle demir içeriğinin yükseldiğini göstermiştir. % 20 kenevir unu ile desteklenen 300 g ekmeğin teorik olarak önerilen günlük demir alımını karşılayabileceği bildirilmiştir (Pojić vd., 2015).

Zajać vd. (2019), yaptığı çalışmada çeşitli kenevir ürünlerini et işleminde ürünün besinsel açıdan zenginleştirilmesi amacıyla kullanmıştır. Çalışmada kenevir tohumu, kabuğu soyulmuş kenevir tohumu, kenevir unu ve kenevir proteininden oluşan kenevir ürünleri, %5 oranında domuz köftelerine eklenmiş, oluşan dört formülasyon kontrol grubuyla karşılaştırılmıştır. Kenevir bileşenlerinin her birinin eklenmesi ürünlerin lif içeriğini ve sertliği ile kenevir bulunan ürünlerde magnezyum, manganez, demir ve bakır içeriğini yükseltmiştir. Kabuğu alınmış ve bütün kenevir tohumu içeren ürünlerde çoklu doymamış yağ asitleri içeriği artmıştır. Kenevir kabuğu içeren kenevir ürünlerinin katkısı oksidasyonu yavaşlatmıştır. Test edilen tüm bileşenlerin eklenmesinden sonra mikrobiyal gelişmede bir değişiklik olmamıştır. Kenevir içerikli ürünler için tüketici genel kabul edilebilirliği daha düşük çıkmıştır fakat kabuğu soyulmuş kenevir tohumlarıyla katkılanmış köftenin tadı kontrol ürünü ile karşılaştırılabilir bulunmuştur. Tüketiciler kenevir katkısının sağlık üzerindeki olumlu etkileri hakkında bilgilendirildikten sonra bu ürünleri satın almaya istekli olduklarını beyan etmişlerdir (Zajać vd., 2019).

Norajit vd. (2011), ekstrüde pirinçten imal edilen enerji barına yağı alınmış kenevir tozu ve bütün kenevir tozunu çeşitli seviyelerde (%20, %30 ve %40) eklemiş ve kenevir tozu türü ve seviyesinin fizyokimyasal ve antioksidan özelliklere etkisi incelemiştir. Kenevir tozu ile harmanlanan ekstrüdatlar, kontrol örneğinden (kenevirsiz ekstrüde edilmiş pirinç) daha düşük bir su emme indeksine sahip olduğu görülmüştür. Artan kenevir seviyeleri, ekstrüdatların genişlemesinde önemli bir azalmaya neden olmuştur ancak toplam fenolik ve flavanoid içerikleri önemli ölçüde arttırmıştır. Ekstrüde pirinç ve bütün kenevir barı, daha fazla toplam fenolik ve flavonoid içermektedir ve DPPH radikalleri süpürücü etkisi ekstrüde pirinç ve yağsız

kenevir barından daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ekstrüde pirinç ve %20 bütün kenevirden yapılan enerji barı renk, tat ve genel kabul edilebilirlik açısından tercih edilmiştir. Ekstrüde pirinç ve %40 tam kenevir içeren barın, indirgeme gücü analizi kullanıldığında en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Enerji barları arasında genel kabulde önemli bir fark gözlenmemiş ve bununla birlikte, ekstrüde pirinç ve bütün kenevirden yapılan enerji barının, ekstrüde pirinç ve yağsız kenevirden yapılan enerji barından daha çok beğenilmiştir. Kenevir tozu katkılı tüm enerji barlarının lezzet skorlarının, pirinçten yapılan kontrol örneğinden önemli ölçüde daha yüksek olduğu görülmüştür. Kenevirin ekstrüde edilmiş ürünlerin formülasyonunda fonksiyonel bir bileşen olarak kullanılabilmesi ayrıca ekstrüde pirinç ve kenevirin gelişmiş beslenme kalitesine sahip olduğu gösterilmiştir (Norajit vd., 2011).

Çeşitli çalışmalar, enzimatik hidroliz yoluyla elde edilen bitki ve hayvan kaynaklı peptitlerin fizyolojik bazı enzimleri inhibe etmenin yanı sıra, serbest radikalleri temizleyebildiğini ve antioksidan veya antihipertansif ajanlar olarak kullanılabilmesini göstermiştir. Bu gelişmeler, doğal peptid dizilerinin kanıtlanmış güvenliği ile birleştiğinde, sentetik ilaçlara alternatif veya tamamlayıcı olarak gıdalardan türetilen antioksidan ve antihipertansif peptitlere olan ilginin artmasına yol açmıştır. Kenevir tohumu proteinleri bu antioksidan ve antihipertansif peptidleri içermektedir. Kenevir tohumu protein hidrolizatında bulunan peptidlerin etkinliği belirlenmiş ve test etmiştir. Yapılan in vitro ve in vivo çalışmalar, kenevir tohumu peptidlerinin antioksidan ve antihipertansif ajanlar olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (Girgih vd., 2014).

Endüstriyel kenevir, ilaç veya yasadışı olarak uyuşturucu eldesinde kullanılan kenevirler ile aynı türün (*Cannabis sativa*) çeşitleri olmakla birlikte kanabinoid içeriği bakımından büyük farklılık göstermektedir. İlaç eldesinde kullanılan çeşitlerin dişi bitkilerinin çiçeklerinde tipik olarak %2-5 oranında THC (tetrahidrokannabinol) içermekle beraber %15-20 THC seviyelerinde varyeteler olduğu bildirilmiştir. Buna karşılık Avrupa Birliği ve Kanada'da lif ve tohumları için yetiştirilen endüstriyel kenevir çeşitlerinin %0.3'ten daha az THC içermesi gerekmektedir. Bazıları insanlarda psikoaktif olan kanabinoidler, esas olarak olgun bitkinin yaprakları ve brakteleri üzerindeki bez hücreleri tarafından salgılanan reçinelerde bulunmaktadır. Kenevir tohumunun kabuğunda düşük miktarlarda rastlanmaktadır. Kenevir

ürünlerinin psikoaktif potansiyeli, kenevirdeki farmakolojik olarak en aktif kannabinoid olan THC içeriği ile ölçülmektedir. Kenevir ürünü içeren gıdalardan günlük 0.6 mg'lık THC alımı, uyuşturucu testlerinin pozitif çıkmasına sebep olmaktadır. Günlük 0.6 mg THC alımı, 5 µg/g THC içeren yaklaşık 125 ml kenevir yağı veya 2 µg/g THC içeren 300 g kabuklu tohum tüketimine eşdeğerdir. Bu THC konsantrasyonları Kanada'da kenevir tohumundan üretilen gıda ürünleri için için tipik miktarlardır. Kenevir kaynaklı gıda ürünlerine hevesli tüketicilerin dahi bu miktarları günlük tüketebilmesi imkansız değilse bile zor olduğu bildirilmiştir (Leson ve Pless, 2001).

Aydoğdu vd. (2017), ülkemizde bir dönem satışa sunulan “Kenevirli Soğuk Çay” ürününü üzerinde yazıyla belirtilen ve içeriğinde bulunan maddeler kapsamında değerlendirmiştir. İçeceğin ilgili yasal düzenlemeler kapsamında yasaklı madde içerip içermediği immünolojik test ve gaz kromatografisi-kütle spektrofotometresi iki ayrı yöntem kullanılarak analiz edilmiş, bu içeceğin uyuşturucu özelliği olan esrar, kannabinoid ya da başka bir yasaklı psikoaktif madde içermediği görülmüştür. Kenevirli soğuk çayın 62 µg/ml kafein içerdiği bildirilmiştir. Kutusu üzerinde kenevir yaprağı bulunan bu içeceğin, ambalaj tasarımında kannabinoidleri içerdiği izlenimi verdiği için kamuoyu tarafından eleştiriler almış ve daha sonra ülkemizde satışı yasaklanmıştır. Bu içecek “Orijinal Kenevirli Soğuk Çay, Esrarlı Soğuk Çay, Kenevirli Enerji” gibi farklı ambalaj sloganlarla Avrupa ülkeleri başta olmak üzere birçok ülkede satılmaktadır (Aydoğdu, vd., 2017).

### **2.3. Bitkisel Süt Ürünleri**

Kenevir sütü ile ilgili yapılan çalışmalar çok sınırlı olup benzer bitkisel tabanlı sütler ile ilgili yapılan çalışmalar göz önüne alındığında yetersiz kalmaktadır. Bundan dolayı benzer çalışmaların göz önüne alınması

Bitki bazlı süt ürünleri, yağlı tohumlar, tahıllar, yalancı tahıllar, tohumlar ve baklagillerden elde edilen suda çözünür ekstraktlardır. Farklı hammaddelerden elde edilseler dahi üretim aşamaları çoğunlukla aynı olmaktadır. Hammadde işlenmeden birkaç saat önce ıslatılarak ardından su ile karıştırılmaktadır. Elde edilen karışım, çözülmeyen kalıntıları ayırmak için süzülerek isteğe göre tatlandırıcılar, şeker ve stabilizatörler gibi bileşenler eklenerek ve üretim akışının sonunda stabilize, homojenizasyon ve pastörizasyon işlemleri gerçekleştirilmektedir. Sonuç olarak

koloidal süspansiyon veya emülsiyon olan sıvı ekstraktlar elde edilmektedir (Rincon vd., 2020).

Soya sütü, soya fasulyesinin suda bekletilip, öğütülüp, süzülmesiyle üretilmektedir. Üretilen soya sütü beyaz veya kremi bir emülsiyondur ve hem görünüm hem de kıvam açısından inek sütüne benzemektedir (Al ve Gr, 2008).

Al ve Gr (2008), yaptıkları çalışmada soya sütü ve %75 soya fasulyesinden ve %25 mısırdan elde edilen sütleri karşılaştırmışlardır. Süt numuneleri protein, nem, kül, lif ve yağ içerikleri, mikrobiyolojik testler ve duyu özellikleri açısından analiz edilmiştir. Soya ve mısır sütü karışımının protein, yağ, kül ve toplam kuru madde içerikleri sırasıyla % 4, 4.14, 1.23 ve 12.2 iken; soya sütünün ise sırasıyla %3.15, 3.42, 1.17 ve 11.23 olarak bulunmuştur. Soya sütünün mısır ile takviye edilmesi, soya-mısır sütünün mikrobiyal sayımı ve profillerinde önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Bununla birlikte, soya-mısır sütü üretimi için soya fasulyesine mısır eklenmesi, soya sütü ile karşılaştırıldığında tadı, aroması, kıvamı ve genel kabul edilebilirliğini önemli ölçüde ( $p < 0.05$ ) geliştirmiştir.

Astolfi vd. (2020), yaptıkları çalışmada inek, keçi, eşek sütleri ve bitki bazlı süt alternatiflerini majör ve minör elementler açısından karşılaştırılmıştır. Bitki bazlı süt alternatifleri olarak İtalya'da marketlerden temin edilen soya, pirinç, yulaf, kavuzlu buğday, badem, hindistan cevizi, fındık, ceviz, kaju, kenevir ve kinoa sütlerini kullanılmıştır. Analiz sonucu toplamda 43 farklı süt örneğinde, 41 element tespit edilmiş ve bileşimleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hayvansal ve bitki bazlı süt alternatiflerinin, As, Cd, Hg ve Pb gibi toksik eser element seviyelerinin analiz edilen tüm numunelerde çok düşük olduğu ve tüketiciler için herhangi bir tehdit oluşturmayacağı görülmüştür. Sadece inek ve keçi sütlerinin Ca, K, Mg, Na ve P gibi ana mineraller için önemli kaynaklar olduğu görülürken, soya ve hindistancevizi sütlerinin iyi bir Mg kaynağı olduğu tespit edilmiştir. Fındık sütü önemli miktarda Na içerirken, kenevir sütünün en yüksek Mo içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Soya sütünün, inek veya keçi sütüne en yakın bitkisel süt olarak öne çıktığı görülmüştür.

Belew ve Belew (2007), yaptıkları çalışmada elde ettikleri kaplan fıstığı, hindistancevizi ve soya sütlerinin fizikokimyasal özelliklerini karşılaştırmıştır. Sonuçlara göre kaplan fıstığı, hindistancevizi ve soya fasulyesi sütü için sırasıyla;

kuru madde %7.73, 10.20, 8.37, protein %8.07, 7.87, 8.90, yağ %26.18, 24.10, 4.30 ve pH 6.12 6.23 6.20 olarak bulunmuştur. Titrasyon asitliği, sırasıyla 0.16, 0.15, 0.17 olarak bulunmuştur. Toplam enerji içerikleri kaplan fıstığı sütünde 388.30 kcal/100 g, hindistancevizi sütünde 332.20 kcal/100 g ve soya sütünde 100.52 kcal/100 g olarak belirlenmiştir. Sütlerin toplam enerji değerlerini yağ içeriğindeki artışa paralel olarak arttığı görülmüştür. İnek sütü üretiminin düşük olduğu ve protein, kalori yetersizliği sorunlarının sık görüldüğü Afrika ülkelerinde bu bitkisel sütlerin kalori ihtiyacını karşılamaya destek olabileceği bildirilmiştir.

Maghsoudlou vd. (2015), badem sütünde önemli sorunlardan biri olan son ürünün fiziksel stabilitesini sağlamak amacıyla ultrason uygulaması, modifiye nişasta, lesitin ve agar kullanılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre ultrason uygulamasının anlamlı bir etkiye sahip olduğunu görülmüştür. Ultrason süresi, lesitin, modifiye nişasta ve agar miktarı için en iyi değerler sırasıyla 4.9 dakika, % 0.09, %1.31 ve 0.15 olarak bulunmuştur. Uygulanan ultrason 300 W güçte, 20 kHz'lik sabit frekansta ve %100 genlikte çalıştırılmıştır. Her çalışma için 13 mm'lik bir prob kullanılmıştır. Ultrason süresi arttıkça viskozite ve partikül boyutu azalırken fiziksel stabilite artmıştır. Ultrason uygulaması ile badem sütünün partikül boyutundaki azalmanın badem sütünün stabilitesini artırmanın ana nedeni olabileceği bildirilmiştir (Maghsoudlou vd., 2015).

Hindistan cevizi sütü, taze hindistan cevizi meyvesine su eklenerek veya eklenmeden elde edilen beyaz renkli bir su içinde yağ emülsiyonudur. Suda yağ emülsiyonunun kırılması, hem çiğ hem de işlenmiş hindistan cevizi sütlerinde kabul edilemez bir fiziksel kusur olarak görülmektedir. Bu problemin üstesinden gelmek için emülgatör ve stabilizatörler eklenmektedir ve ardından homojenizasyon işlemi uygulanmaktadır. Hindistan cevizi sütünün stabilitesi üzerinde ısıl işlem, emülgatör tipi ve miktarı, homojenizasyon işleminin etkileri olmaktadır (Simuang vd., 2004).

Son yıllarda gıda ürünü geliştirmenin tüm bölümlerindeki ana araştırma konusu değişen ihtiyaçları karşılamak ve yeni sağlıklı gıda alternatifleri oluşturarak tüketicinin mevcut taleplerini karşılamaktır. Günümüz dünyasında içecekler artık sadece susuzluk gidericiler olarak değil, farklı ihtiyaçları karşılayan ve tüketicilerin yaşam tarzlarına hitap eden ürünler olarak tercih edilmektedir. İçecek ürünlerinde enerjiyi artırmak, yaşlanma, yorgunluk ve stresle mücadele etmek, belirli hastalıkların tedavisine destek olmak gibi beklentiler ortaya çıkmıştır. Süt ürünleri

tüketilmesiyle ortaya çıkabilen inek sütü alerjisi, laktoz intoleransı, kalori endişesi ve kolesterol yüksekliği sorunlarına yanıt vermek için bitkisel süt alternatifleri üretilmiştir. Bitkisel kaynaklar diyet lifleri, mineraller, vitaminler ve antioksidanlar gibi sağlığı geliştiren bileşenlerin varlığı nedeniyle fonksiyonel gıda ve nutrasötikler olarak kabul edilmektedir. Geçmişte, besleyiciliği ve sığır sütüne sağlıklı bir alternatif olması sebebiyle soya sütüne çok fazla önem verilmiştir. Soya sütü dışında fıstık, pirinç, yulaf, susam, hindistan cevizi, badem, kenevir, fındık, kaplan fıstığı, acı bakla, kinoa gibi ürünlerden süt üretilmektedir (Sethi vd., 2016).

Bitki bazlı süt ikamesinin tüketim verilerini karşılaştırdığımızda, tüketimin son yıllarda önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Veganlık, vejeteryanlık, sağlıklı yaşam tarzı arzusu ve çevre bilinci gibi çeşitli nedenlerden dolayı tahıl, baklagiller, tohumlar, kabuklu yemişler, meyveler ve sebzeleri içeren bitki bazlı bir diyeteye yönelmiştir. Ek olarak, bitki bazlı süt ikamelerine laktoz intoleransı veya inek sütüne alerjisi olan tüketiciler de ihtiyaç duymaktadır. Doğu Asya'da insanların %70-100'ü laktoz intoleransından muzdariptir. Veganizm, et, balık, tavuk, domuz eti, süt veya süt ürünleri, yumurta, bal veya bu yiyeceklerin herhangi bir miktarını içeren herhangi bir ürünü tüketmemek olarak tanımlanmaktadır. Bitki bazlı süt ikameleri veganlar için bitkisel kaynaklı yoğurt, peynir, kefir, tereyağı, dondurma gibi birçok vegan gıda ürününde temel bir bileşen olarak kullanıldığı için vegan gıda endüstrisinde yeri doldurulamaz gıda gruplarından biri olmuştur. İnsanlar ayrıca sağlıkla ilgili çeşitli nedenlerden dolayı bitki bazlı süt ikamelerini seçmektedir. Örneğin, hayvansal kaynaklı gıdaların yoğun tüketimi kardiyovasküler hastalıklara neden olurken ve kolesterolde artışa neden olurken, tahıllar, baklagiller, tohumlar ve kuruyemişler diyet lifi, vitaminler, mineraller ve antioksidanlar içermektedir. Ayrıca bu gıdalar fonksiyonel ve nutrasötik gıda sınıfına da yerleştirilmektedir. Bitki bazlı diyetin kardiyovasküler hastalıklarda azalma üzerindeki rolüne ek olarak, soya fasulyesi ve fındık gibi bitki bazlı gıdalardan zengin bir diyetin, Alzheimer hastalığı gibi nörodejeneratif bozukluk riskini azalttığı gözlemlenmiştir (Aydar vd., 2020).

Giderek artan sayıda tüketici tıbbi nedenlerle veya bir yaşam tarzı seçimi olarak bitki bazlı süt ikamelerini tercih edilmektedir. Tıbbi nedenler, dünya genelinde %75 yaygınlık gösteren laktoz intoleransını ve inek sütü alerjisi olarak ön plana çıkmaktadır. Ayrıca memeli sütünün az ve pahalı olduğu ülkelerde, bitki sütü ikameleri daha uygun fiyatlı bir seçenek olmaktadır. Bununla birlikte, bu ürünlerin

çoğu, ana akım Batı damak tadına çok uygun olmayan duyuşal özelliklere sahip olmaktadır. Teknolojik olarak bitki sütün ikameleri, görünüşte inek sütün benzeyen, suda çözünmüş ve parçalanmış bitki materyalinin süspansiyonlarıdır. Bitkisel materyalin suda ekstrakte edilmesi, sıvının ayrılması ve nihai ürünün formüle edilmesi ile üretilmektedirler. Bir tahmine göre, Avrupalı tüketicilerin % 15'i laktoz intoleransı, inek sütün alerjisi, kolesterol sorunları ve fenilketonüri gibi tıbbi nedenlerin yanı sıra veganlık, vejeteryanlık ya da inek sütündeki büyüme hormonu veya antibiyotik kalıntısı ile ilgili endişeler sebebiyle sütün ürünlerinden kaçınmaktadır. Lezzetli ve beslenme açısından yeterli ürünler olarak formüle edildiğinde bitki bazlı ikamelerinin, sütün ürünleri için sürdürülebilir bir alternatif olabileceği öngörülmektedir (Mäkinen vd., 2015).

İnek sütün tüketiminden kaynaklanan laktoz intoleransı ve sütün alerjisi gibi sorunlar nedeniyle dünya genelinde bitki bazlı alternatif sütlere talep artmıştır. İnek sütün tüketiminin önemli avantajlarına rağmen, bununla ilişkili çeşitli olumsuzluklar bildirilmektedir. İlk olarak, *Salmonella* spp. gibi çeşitli patojenlerin varlığı ve sütündeki *Escherichia coli* O157:H7, dünya çapında yaygın hastalık salgınlarına neden olmakla ilişkilendirilmiştir. İkinci olarak, inek sütün alerjisi bebekler ve çocuklar arasında en yaygın alerji olduğu görülmektedir. Son raporlara göre, bebeklerin %2.2–3.5'i inek sütün alerjiktir ve bunu yer fıstığı ve ağaçta yetişen kuruyemişler izlemektedir. Ancak, geniş ölçekte yapılan son çalışmalar, bu bebeklerin yaklaşık %35'inin 5-6 yaşlarında süte karşı alerjenitelerini arttığını göstermiştir ve 16 yaşına geldiklerinde bu oran %80'e çıkabileceği bildirilmiştir. İnek sütün tüketimiyle yaygın olarak ilişkilendirilen bir başka sorun da laktoz intoleransı olmaktadır. İnsanlarda laktoz karbonhidratın ana kaynağı insan sütün ve sığır sütüdür. Laktoz intoleransı, sindirim kanalında enzim laktazın yokluğundan veya eksikliğinden kaynaklanmaktadır ve yetişkinlerde yaygın olarak gözlenmektedir. Dahası, kolesterol varlığı ve vejeteryanlık gibi diğer faktörler insanları ve gıda endüstrisini alternatifler aramaya itmiştir. Sağlıklı yaşam ve doğayı koruma düşüncesi tüm dünyada vejeteryen ve vegan diyetlerine olan ilginin artmasında önemli faktörler olmuştur (Vanga ve Raghavan, 2018).

Chalupa-Krebs vd. (2018), yaptığı çalışmada piyasada satılan bitkisel sütleri ve inek sütünü besin değeri açısından karşılaştırmıştır. Bitki bazlı sütün alternatiflerinin protein içerikleri aynı bitkiden üretilmiş olsa bile markalar arasındaki

formülasyon farklarından dolayı önemli ölçüde değişmektedir. Pirinç bazlı süt alternatifi 0.28 g/100 ml ile en düşük protein içeriğine sahipken, soya sütü 2.50 ile 3.16 g/100 ml arasında değişen protein değerleriyle en yüksek protein içeriğine sahip bulunmuştur. Kenevir bazlı süt alternatifi ise 0.83 g/100 ml ile protein içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Genel olarak, bitki bazlı süt alternatiflerinde protein oranının düşük olduğu görülmüştür. Bitki bazlı süt alternatifleri, sığır sütü ile karşılaştırıldığında faydalı yağ içeriğine sahip olabilmektedir. Kenevir sütü 0.4 g/100 ml oranında omega-3 yağ asidi olan alfa linoleik asit içermektedir. Ancak kenevir sütü EPA ve DHA gibi diğer gerekli omega-3 yağ asitlerini içermemektedir. Bitkisel sütler genel olarak, daha düşük protein ve kalsiyum içeriği, daha yüksek glisemik indeks değerleri ve potansiyel besinsel olmayan bileşiklerin varlığı, bitki bazlı süt alternatiflerini besinsel olarak inek sütünden daha düşük hale getirmektedir (Chalupa-Krebsdak vd., 2018).

Bitkisel sütler, yağ damlacıkları, hammaddeden gelen katı parçacıklar, proteinler ve nişasta granülleri gibi dağılmış parçacıkların oluşturduğu koloidal sistemlerdir. Bu koloidal yapı stabil bir gıda ürünü elde etmeyi zorlaştırmaktadır. Stabil olmayan ürünlerde ortaya çıkan sedimentasyon ve kremalaşma kalite kaybına neden olmaktadır. Genel olarak ultra yüksek basınçlı homojenizasyon (UHPH) dahil olmak üzere homojenizasyon işlemleri, yağ globüllerinin boyutunun küçültülerek sıvıların stabilizasyonu sağlamaktadır. Proteinler ise dağılmış yağ küreciklerinin etrafında makromoleküler bir tabaka oluşturarak gıda emülsiyonlarını stabilize etmektedirler. Ancak UHPH koşullarına bağlı olarak, proteinin yağ ve protein yapısı ile ilişkisi bozulabilir ve proteinler denatürasyon, agregasyon ve jelatinleşmeye uğrayabilmektedir. Bu nedenle UHPH, proteinlerin özelliklerini emülgatör olarak ve ayrıca besin değeri veya antijenite gibi diğer özellikleri değiştirebilmektedir (Briviba vd., 2016).

Badem, kaju, hindistancevizi, fındık, yer fıstığı, susam, soya, kaplan fıstığı, yulaf, pirinç, kenevir ve ceviz gibi ürünlerden elde edilen inek sütü ikamelerinin üretimdeki ortak adımlar ıslak öğütme, filtreleme, katkı maddelerinin eklenmesi, sterilizasyon, homojenizasyon, aseptik paketleme ve soğuk depolama olarak sıralanmaktadır. Bazı formülasyonlarda stabiliteyi artırmak için gımlar, duyuşal özelliklerin gelişimi için tuz veya tatlandırıcılar kullanılmaktadır. Katkı maddesi kullanılmadan stabiliteyi artırmak için ultrason, darbeli elektrik alanları, ohmik

ısıtma ve ultra yüksek basınçlı homojenizasyon gibi yeni teknolojiler uygulanmaktadır (Aydar vd., 2020).

Tez kapsamında üretilen kenevir sütüne uygun bir model kapsamında ultrases, homojenizasyon ve homojenizasyon ile kombine ultrases uygulamaları gerçekleştirilerek kenevir sütünün fizikokimyasal etkileri incelenmiştir.

## **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **3.1. Materyal**

#### **3.1.1. Kenevir Tohumu**

Kenevir sütü üretiminde kullanılan kenevir tohumları Samsun'un Vezirköprü ilçesinde izinli olarak kenevir tarımı yapmakta olan üreticilerden temin edilmiştir. Eylül 2020 tarihinde hasat edilen tohumlar, tez süresi boyunca polietilen torba içerisinde +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

#### **3.1.2. Analizlerde Kullanılan Kimyasal Maddeler**

Analizlerde kullanılan kimyasal maddeler analitik saflıktadır. Kimyasal maddeler Merck, Sigma Aldrich firmalarından temin edilmiştir.

### **3.2. Yöntem**

#### **3.2.1. Kenevir Sütü Üretimi**

Kenevir sütü üretimi için 1/5 (w/v) oranında tohum ve saf su kullanılmıştır (Wang, vd., 2018). Tohumlar öğütüldükten sonra saf su eklenmiş ve Ultra-Turrax (IKA-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Germany) ile 10000 rpm'de 10 dakika boyunca homojenize edilmiştir (Atalar, vd., 2019). Homojenize edilen süt, ince bir süt bezinden iki kez süzülerek kabuklar ayrılmıştır. Kenevir sütü laboratuvarında günlük olarak hazırlanmış ve analiz süreleri boyunca +4 °C'de saklanmıştır.

#### **3.2.2. Ultrases Uygulaması**

Ultrases işlemi deneme deseninde belirtilen genlik ve sürelerde uygulanmıştır. Bu işlem için 13 mm titanyum prob takılı, 750 W gücünde laboratuvar tipi ultrasonik işlemci (VCX 750, Sonics & Materials, Inc., ABD) kullanılmıştır. Örnekler 150 ml beher içerisine 130 ml konulmuş ve prob 2 cm derinliğe daldırılmıştır. Kurulan düzenek ile beherin dış kısmından soğuk su geçirilerek işlem süresince sütün ısısının 25 °C'yi geçmesi önlenmiştir.

#### **3.2.3. Homojenizasyon İşlemi**

Yüksek basınçlı homojenizasyon işlemi için homojenizatör (Panda PLUS 2000, GEA Niro Soavi, Parma, İtalya) kullanılmıştır. Yüksek basınçlı homojenizasyon işlemi 25,50,75,100,125,150,175 ve 200 MPa güçlerinde uygulanmıştır.

### 3.2.4. Kenevir Tohumunda Yapılan Analizler

#### 3.2.4.1. Nem Tayini

Nem tayini için kenevir tohumları öğütülerek 3-5 g ağırlığında örnek alınmış ve önceden darası alınarak sabit tartıma getirilmiş kuru madde kaplarına alınarak hassas terazide tartılmıştır. 105±2 °C’de sabit tartıma gelinceye kurutulan örneklerin nem oranı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

$$\% \text{ Nem} = \frac{G1 - G2}{G1} \times 100$$

G1: Örneğin kurutma öncesi ağırlığı (g) G2: Örneğin kurutma sonrası ağırlığı (g)

#### 3.2.4.2. Protein Tayini

Kenevir tohumu protein tayini Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır. 1 g örnek kjeldahl tüpüne tartılıp yakma ünitesinde 400° C’de yaklaşık 4 saat boyunca açık yeşil renk alıncaya kadar yakılmıştır. Daha sonra örnekler otomatik destilasyon ünitesine alınarak NaOH ve H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> ile destilasyon işlemi gerçekleştirilerek, karışık indikatör eşliğinde HCl ile titrasyon yapılmıştır. Protein faktörü olarak 6,25 kullanılmıştır (AOAC, 2000).

$$\% \text{ Protein} = \frac{Vh \times F \times 0.0014 \times 100}{\text{Örnek (g)}}$$

Vh: Titrasyonda harcanan HCl (0.1 N) F: Azot faktörü

#### 3.2.4.3. Yağ Tayini

Kenevir tohumunun yağ içerikleri Soxhlet ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Kartuşların içerisine 3 g öğütülmüş tohum örneği tartılarak petrol eteriyle ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon sonunda cam balonda toplanan yağ, eter kalıntısı uzaklaştırıldıktan sonra tartılmış ve toplam yağ miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

#### 3.2.4.4. Kül Analizi

Kül tayini için ICC standart 104/1 numaralı yöntem kullanılmıştır. Kenevir tohumları öğütülerek hassas terazide krozelere tartım yapılmıştır. Fırın sıcaklığı kademeli olarak yükseltilmiş ve 900 °C’de beyaz renk alıncaya kadar yakılmıştır (ICC, 1990).

#### 3.2.5. Kenevir Sütünde Yapılan Analizler

##### 3.2.5.1. Kuru Madde Tayini

Kenevir sütünün kuru maddesini belirlemek için kuru madde kapları 105 °C ayarlı etüvde sabit tartıma getirilmiş, desikatörde soğutulduktan sonra darası alınmıştır. Kaplara 3-5 g örnek alınarak 105 °C’de 3 saat boyunca kurutulmuş, desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Sabit tartıma geldikten sonra son tartım kaydedilmiş aşağıdaki formülle hesaplama yapılmıştır (AOAC, 2000).

$$\% \text{ Nem} = \frac{G1 - G2}{G1} \times 100 \quad \% \text{ Kuru madde} = 100 - \text{Nem}$$

G1: Örneğin kurutma öncesi ağırlığı (g) G2: Örneğin kurutma sonrası ağırlığı (g)

##### 3.2.5.2. Protein Tayini

Protein tayini için Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır. İşlem için otomatik yakma ünitesi ve destilasyon ünitesi kullanılmıştır. 1 g örnek Kjeldahl tüpüne konularak üzerine derişik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> asit ve katalizör tablet eklenmiştir. Yakma tamamlandıktan sonra destilasyon işlemine geçilmiş ve 0.1 N HCl ile titrasyon yapılmıştır. Harcanan HCl miktarı kaydedilerek hesaplama yapılmıştır. Faktör olarak 6.25 kullanılmıştır (AOAC, 2000).

$$\% \text{ Protein} = \frac{Vh \times F \times 0.0014 \times 100}{\text{Örnek (g)}}$$

Vh: Titrasyonda harcanan (ml) HCl (0.1 N) F: Azot faktörü

### 3.2.5.3. Yağ Tayini

Kenevir sütü örneklerinin yağ oranı Gerber yöntemi ile belirlenmiştir. Analiz için sülfürik asit, süt ve amil alkol %0-8 taksimatlı süt bütirometresine konularak karıştırılmış ve ısıtılmalı Gerber santrifüjünde santrifüj edilerek yağ oranı okunmuştur (AOAC, 2000).

### 3.2.5.4. Kül Tayini

Kül tayini için ICC standart 104/1 numaralı yöntem kullanılmıştır. Kenevir tohumları öğütülerek hassas terazide krozelere tartım yapılmıştır. Fırın sıcaklığı kademeli olarak yükseltilmiş ve 900 °C'de beyaz renk alıncaya kadar yakılmıştır (ICC, 1990).

### 3.2.5.5. Renk Analizi

Kenevir sütlerinin renk değerleri bir kolorimetreye (Minolta Chroma Meter, CR-400, Osaka, Japan) ölçülmüştür. Sonuçlar L\* (beyazlık), a\* (kırmızı-yeşil), b\* (sarı-mavi) olarak verilmiştir. Renk farkı  $\Delta E$  aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Renk Farkı} = \Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

### 3.2.5.6. pH

Kenevir sütü örneklerinin pH değerleri kalibre edilmiş bir pH ölçer (Eutech Cyberscan pH 2700, Ayer Rajah Crescent, Singapur) ile tespit edilmiştir.

### 3.2.5.7. Viskozite Ölçümü

Kenevir sütünün görünür viskozite değeri ölçümü Haake Mars III reometresi (Thermo Scientific, Almanya) ile koni ve plaka sistemi (35 mm çap, 0,105 mm boşluk, 2° açı) kullanılarak tespit edilmiştir. Sıcaklık plaka sistemi ile 4 ° C'de sabit tutulmuştur. Görünür viskozite değeri ( $\eta_a$ ) Rheowin 4 Data Manager (version 4.20, Haake) uygulaması tarafından hesaplanmıştır. Ölçümler her örnek için 3 tekrar yapılarak ortalaması alınmıştır. Sonuçlar mPa.s cinsinden verilmiştir.

### 3.2.5.8. Titrasyon Asitliği Analizi

Titrasyon asitliği miktarını belirlemek için 10 ml süt örneği alınarak, fenolftaleyn indikatörü kullanılarak 0.1 N NaOH ile açık pembe renk alıncaya kadar titre edilmiştir. Sonuçlar oleik asit cinsinden hesaplanmıştır (AOAC,1980).

### 3.2.5.9. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Tayini

Toplam fenolik madde içeriğini belirlemek için kenevir sütü örneklerinden santrifüj tüpüne 2 ml alınarak üzerine 4 ml %80'lik metanol eklenerek 1 dk boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra 5000 g kuvvetinde, 10 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve süpernatant ayrılmıştır. Örnekler antioksidan analizi için de kullanılmıştır ve analiz süresince buzdolabında 4° C'de saklanmıştır. Örneklerden 0.5 ml alınarak üzerine 2.5 mL 0.2 N Folin Ciocelteau ve 2 mL %7.5 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eklendikten sonra oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra, UV/VIS spektrofotometresi kullanılarak 760 nm'de absorbansları ölçülmüştür. Sonuçlar, kg numune başına mg gallik asit eşdeğerleri (GAE) olarak ifade edilmiştir (kalibrasyon eğrisi doğrusallık aralığı: R<sup>2</sup> = 0.998) (Atalar vd., 2019).

Antioksidan aktivite tayini için DPPH serbest radikal temizleme aktivitesi (Atalar vd., 2019) yöntemine göre yapılmıştır. Toplam fenolik madde tayini ile birlikte hazırlanan süpernatanttan 0.1 ml alınarak üzerine 4.9 mL DPPH solüsyonuna (metanol içinde 0.1 mM) ilave edilerek ve karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında karanlık ortamda 90 dakika inkübasyondan sonra, absorbans spektrofotometrde (Helios Gamma, Cambridge, UK) ile 517 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Antioksidan aktivite hesaplaması denklem (3.1.)'de verilmiştir.

$$AOA(\%) = \frac{A_c - A_s}{A_c} \quad (3.1.)$$

A<sub>c</sub>, kontrolün (metanol) absorbansı ve A<sub>s</sub> numunenin absorbansı olup sonuçlar, gram numune başına mM troloks eşdeğerleri (TE) olarak ifade edilmiştir (kalibrasyon eğrisi doğrusallık aralığı: R<sup>2</sup> = 0.999). Elde edilen absorbans değerlerinden kalibrasyon eğrisi formülüne göre hesaplama yapılmıştır.

### **3.2.5.10. Partikül Boyutu**

Kenevir sütü örneklerinin partikül boyutu ölçümleri lazer difraksiyonu partikül boyut analiz cihazı (Malvern Mastersizer 3000 with Hydro 3000 G(A), Malvern Instruments Ltd, UK) ile ölçülmüştür. Cihazdan elde edilen D(4,3) ve D(3,2) değerleri ortalama çapa denk gelirken, Dx(10), Dx(50) ve Dx(90) değerleri parçacıkların sırasıyla %10, %50 ve %90'ının belirtilen çapın altına düştüğünü göstermektedir. Ölçümler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilip örneklerden elde edilen Dx(90) değerlerinin ortalaması kullanılmıştır.

### **3.2.5.11. Serum Ayrılması ve Sineresis**

Kenevir sütü örneklerinde serum ayrılmasının takip edilmesi için süt örnekleri üretildikten sonra 15 ml hacimli plastik tüplere konulmuş ve mikrobiyal gelişimin önlenmesi için %0.04 oranında sodyum azotür ( $\text{NaN}_3$ ) eklenmiştir. Tüpler +4 °C buzdolabında 15 gün boyunca depolanarak serum ayrılması takip edilmiştir.

### **3.2.5.12. Mikro Yapı**

Örneklerinin mikroyapısı 40x büyütme altında bir ışık mikroskobu (Olympus, CX31, Japonya) kullanılarak gözlemlenmiştir. Örneklem lam ve lamel arasında hava baloncuğu oluşmayacak şekilde yerleştirildikten sonra oküler üzerinden fotoğraf görüntüsü alınmıştır.

### **3.2.5.13. Deneysel Tasarım ve İstatistiksel Analiz**

Kenevir sütüne uygulanacak ultrases işleminin süre ve amplitut değerleri Design-Expert 7.0 programı yardımıyla belirlenerek yapılmıştır. Programın belirlediği deneme deseni analizler için kullanılan örnek numaralarıyla birlikte Tablo 3.1'de verilmiştir.

Uygulanan modele göre 13 deneme yapılarak L\* ve a\* renk değerleri, serum ayrılması, titrasyon asitliği, viskozite, toplam fenolik madde miktarı, DPPH, sineresis ve Dx(90) değeri olmak üzere 9 yanıt elde edilmiştir. Sonuçların istatistiki değerlendirmesi program tarafından oluşturulan Anova tablosuna göre yapılmıştır.

Ultrases işleminin sağladığı enerji yoğunluğu denklem (3.2.)'ye göre hesaplanmıştır. (Kashaninejad ve Razavi, 2020).

$$\text{Enerji Yoğunluğu}(W/J) = \frac{\text{Güç}(W) \times \text{Süre}(s)}{\text{Hacim}(L)} \quad (3.2.)$$

Yüksek basınçlı homojenizasyon (HPH) ve ultrases işleminin kombine olarak uygulandığı sütlerin deneme deseni Design-Expert 7.0 programıyla oluşturulmuştur ve değerlendirilmiştir. Program tarafından oluşturulan deneme dizaynı ve analizlerde kullanılan örnek kodları Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Ultrases işlemi uygulanan kenevir sütlerinin deneme planı ve enerji yoğunluğu

Örnek	Amplitut	Süre (Dk)	Enerji (W)	Enerji Yoğunluğu (kJ/L)
Kontrol-U	0	0	0	0
U1	50	5.5	375	952
U2	80	5.5	600	1523
U3	50	5.5	375	952
U4	50	1	375	173
U5	50	5.5	375	952
U6	20	5.5	150	380
U7	50	5.5	375	952
U8	50	10	375	1730
U9	50	5.5	375	952
U10	30	2.5	225	259
U11	70	2.5	525	605
U12	70	8.5	525	2059
U13	30	8.5	225	882

Homojenizasyon işleminin tek başına uygulandığı sütlerin sonuçları SPSS programı üzerinde tek yönlü varyans analiziyle (Anova) değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki farkın belirlenmesi için çoklu karşılaştırma testleri kullanılmıştır.

Tablo 3.2. HPH ile kombine ultrases işlemi uygulanan sütlerin deneme deseni

Örnek No	HPH (Basınç)	US (Amplitut)	US (Süre)
Kontrol-HU	-	-	-
HU1	160	65	2
HU2	160	20	8
HU3	160	20	2
HU4	40	20	2
HU5	40	65	8
HU6	100	40	5
HU7	100	40	5
HU8	100	40	5
HU9	160	65	8
HU10	40	20	8
HU11	100	40	5
HU12	40	65	2
HU13	200	40	5
HU14	100	80	5
HU15	100	40	10
HU16	-	40	5
HU17	100	40	5
HU18	100	-	-
HU19	100	40	5
HU20	100	-	-

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Kenevir Tohumunda Yapılan Analiz Sonuçları

Kenevir tohumunun Tablo 4.1’de verilmiştir ve nem oranı ortalama %6.36±0.05, kül oranı %5.22±0.01, toplam yağ oranı %32.8±0.90 ve protein oranı %26.70±0.05 (N=6.25) olarak bulunmuştur.

Tablo 4.1. Süt üretiminde kullanılan yerli kenevir tohumu bileşimi

Örnek	Nem	Protein	Yağ	Kül
Kenevir Tohumu	%6.36±0.05	%26.70±0.05	%32.8±0.90	%5.22±0.01

Kanada’da yetiştirilen 10 farklı endüstriyel kenevir tohumu çeşidinin besinsel içeriğini incelenmiş ve ham protein oranlarını %23.8 ile %28 (N=6.25) arasında bulmuştur. Söz konusu tohumların yağ oranı %26.9-30.6, kül oranı %5.1-5.8 ve nem oranları %1.13-7.18 arasında bulunmuştur (Vonapartis vd., 2015). Callaway (2004), endüstriyel bir kenevir tohumu çeşidinin tipik bileşimini %35.5 yağ, %24.8 protein, %27.6 karbonhidrat, %6.5 nem ve %5.6 kül içerdiğini bildirmiştir. Kenevir tohumunun yağ oranı tohumun çeşidine ve yetiştirildiği bölgenin iklim koşullarına göre değişmektedir (Abdollahi, 2020). Çalışmada süt üretimi için kullanılan kenevir tohumunun besinsel bileşimi literatürdeki endüstriyel kenevir tohumlarına benzer özellik göstermektedir.

### 4.2. Kenevir Sütünün Kuru Madde, Protein, Yağ ve Kül Değeri

Kenevir sütlerinin bileşimi Tablo 4.2’de verilmiş olup hesaplanan değerler kontrol grubu süt örneklerine aittir. Söz konusu kontrol grubu kenevir sütleri HPH, US ve HPH+US aşamaları için ayrı partiler halinde üretilmiştir.

Öğütülmüş kenevir tohumunun su ile 1:5 oranında karıştırılmasıyla üretilen tipik kenevir sütünün %4 protein ve %5 yağ oranına sahip olduğu bildirilmiştir (Wang vd., 2018).

Chichłowska vd. (2009), yaptıkları çalışmada %30.4 protein, %28.40 yağ, %6.99 kül ve %6 nem içeren kenevir tohumlarından süt üretmişlerdir. Bu tohumlardan ürettikleri kenevir sütü %2.6 protein, %4.61 yağ, %0.47 kül ve %8.4 kuru madde içermektedir. Kontrol grubu kenevir sütlerinde tespit edilen kuru madde, protein, yağ ve kül değerleri, literatürde üretilen kenevir sütleri ile benzerlik

göstermektedir. Farklılıklarının sebebi ise kenevir tohum farklılıkları ve süt üretim hazırlanmasındaki konsantrasyon farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

Tablo 4.2. Üretilen kenevir sütlerinin bileşimi

	US	HPH	HPH+US
Kuru madde	%10.33±0.03	%10.40±0.01	%10.46±0.05
Protein	%3.29±0.05	%3.32±0.03	%3.30±0.01
Yağ	%5.0±0.2	%5.2±0.2	%5.0±0.01
Kül	%0.633±0.004	%0.641 ±0.001	%0.664±0.002

### 4.3. Ultrases İşlemi Uygulanan Kenevir Sütü Sonuçları

Sonuçların değerlendirilmesi için Design Expert programında seçilen hedef değerler ve analizlerden elde edilen sınır değerler Tablo 4.3.'te verilmiştir. Ultrases işleminde enerji maliyetleri açısından ve ürün özelliklerinin minimum etkilenmesi açısından, güç ve süre değeri en düşük olacak şekilde, sütün renginin daha beyaz olması açısından L\* değeri en yüksek, a\* değerinin en düşük, serum ayrılmasının en düşük olması istenmiştir. Oleik asit miktarının minimum, görünür viskozite hedef değerinin inek sütüne yakın olması için 2 mPa.s, DPPH ve toplam fenolik madde miktarı maksimum, ürünün stabilitesinin yüksek olması için sineresis oranı ve partikül boyutunun minimum olması istenmiş ve söz konusu istenirliklerin kenevir sütünün fizikokimyasal özelliklerine bakılmıştır.

Yanıtların eldesinde uygulanan değişkenler güç ve süre özelinde Tablo 3.1'de belirtildiği üzere 20-80 amplitud ve 1-10 dakika süreleri kapsamındaki değişkenler olup 13 adet kombinasyonun sonucunda Tablo 4.3'teki yanıtlar elde edilmiştir.

Ultrases işleminin uygulandığı 13 denemeli model sonucunda elde edilen sonuçlara bakıldığında L\* değeri 63.94-73.87 aralığında, a\* değeri -1.09- -0.81, serum ayrılması 59.99-73.33 (%) aralığında, oleik asit 0.16-0.28 (%) aralığında, görünür viskozite 1.81-2.64 (mPa.s), DPPH 0.18-0.33 (mM troloks), toplam fenolik madde 187.25-204.82 (mg ga/kg) aralığında, sineresis 71.72-74.14 (%) aralığında, Dx(90) 9.78-13.8 (µm) aralığında tespit edilmiştir.

Ultrases işlemi uygulanan sütler ve kontrol grubu sütün analiz sonuçları ve standart hataları ise Tablo 4.4.'de verilmiştir.

Model uygunluk kriterlerinin incelenmesi ve söz konusu modelin çalıştığına ortaya konması gerekmektedir. Modellerin anlamlı olabilmesi için p değerlerinin istatistiki olarak anlamlı olması ve model uygunsuzluğunun istatistiki olarak anlamsız olması gerekmektedir. Ek olarak modelin hassasiyet değerinin 4 değerinden büyük olması gerekmektedir (Myers ve Montgomery, 1995). Modelde p değerinin 0.05'den büyük olması durumunda sonucun istatistiki olarak önemsiz olduğu kabul edilmiştir. Yüksek varyasyon katsayısına sahip veriler ortalamadan sapmanın fazla olduğunu, düşük varyasyon katsayısı ise ortalamaya yakın verilerin olduğunu göstermektedir.  $R^2$  ve  $Adj-R^2$  değerleri modelin uygunsuzluğunun belirlenmesinde kullanılabilir. Bu iki değer düşük olması ortalamadan sapmanın olduğunu göstermektedir.

Hassasiyet değerini 4'ten düşük olması, p değerini ( $p>0.05$ ) önemsiz ve model uygunsuzluğunun ( $p<0.05$ ) önemli olması, varyasyon katsayısının yüksek,  $R^2$  ve  $Adj-R^2$  değerlerinin düşük olması modelin sonradan tahminleme yeteneğinin olmadığını göstermektedir.

Ultrases uygulanan sütlerin  $L^*$  değeri ve serum yanıtları için Tablo 4.5.'teki ANOVA tablosu incelendiğinde p değerlerinin ( $p<0.05$ ) istatistiki olarak önemli olduğu, model uygunsuzluğunun önemsiz olduğu görülmektedir. Tablo 4.6.'da  $L^*$  değeri ve serum ayrılması için hassasiyet değerleri sırasıyla 7.420 ve 5.904 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.3. Ultrases işlemi için istenirlik özellikleri ve sınır değerler

İşlem ve Yanıtlar Hedef		Alt limit	Üst limit
Güç	min	28.78	71.21
Süre	min	2.31	8.68
$L^*$ değeri	maks	63.94	73.87
$a^*$ değeri	min	-1.09	-0.81
Serum Ayrılması	min	59.99	73.33
Oleik Asit	min	0.16	0.28
Görünür Viskozite	2	1.81	2.64
DPPH	maks	0.18	0.33
T. Fenolik Madde	maks	187.25	204.82
Sineresis	min	71.72	74.14
Dx(90)	min	9.78	13.8

Tablo 4.4. Ultrases uygulanan kenevir sütlerinin analiz sonuçları ve standart sapmaları

ÖRNEK	L*	a*	b*	ΔE	pH	Oleik asit (%)	Viskozite (mPa.s)	Serum (%)	DPPH (mM troloks)	Fenolik (mg gallik asit/kg)	Sineresis (%)	Dx(90) (μm)
K-U	64.19±0.61	-0.32±0.01	10.00±0.23	-	6.76±0.02	0.25±0.01	2.41±0.27	73.33±1.67	0.30±0.02	187.65±3.25	72.90±1.13	13.3±0.2
U1	73.03±0.06	-1.07±0.01	7.27±0.00	11.8±4.42	6.96±0.01	0.17±0.02	1.65±0.02	65.00±0.96	0.26±0.02	190.56±2.58	72.17±0.41	10.3±0.1
U2	73.88±0.27	-1.09±0.01	6.75±0.09	13.78±6.13	6.99±0.02	0.22±0.01	1.87±0.14	60.00±1.67	0.26±0.03	187.25±1.68	74.15±1.42	13.8±0.5
U3	72.94±0.54	-1.03±0.01	7.31±0.48	11.62±4.21	6.95±0.01	0.25±0.03	1.81±0.40	63.33±0.96	0.19±0.01	198.38±2.05	72.17±1.18	10.3±0.2
U4	70.46±0.50	-1.07±0.01	8.07±0.31	7.92±2.29	7.01±0.01	0.28±0.02	1.82±0.01	71.67±2.55	0.33±0.01	196.67±0.42	73.42±0.38	10.3±0.1
U5	68.24±0.30	-0.90±0.02	8.73±0.09	4.85±1.04	6.99±0.02	0.20±0.01	2.31±0.13	63.33±0.96	0.27±0.03	196.15±3.96	72.17±0.46	10.3±0.0
U6	64.75±0.65	-0.96±0.05	10.61±0.21	1.15±0.18	7.01±0.00	0.20±0.00	2.05±0.09	71.67±1.67	0.25±0.01	191.57±4.35	72.59±0.58	10.5±0.2
U7	70.17±0.11	-1.02±0.02	8.53±0.00	7.01±1.59	6.99±0.02	0.22±0.01	1.83±0.11	65.00±1.17	0.31±0.02	192.11±3.20	72.17±0.62	10.3±0.1
U8	71.96±0.37	-1.01±0.05	7.81±0.24	9.75±2.85	6.99±0.03	0.22±0.00	2.03±0.10	61.67±2.35	0.32±0.01	204.83±2.60	72.54±1.03	10.2±0.1
U9	70.10±1.00	-0.82±0.14	8.71±0.29	6.66±1.09	6.98±0.01	0.17±0.01	2.02±0.20	63.33±0.96	0.31±0.01	192.67±4.76	72.17±0.98	10.3±0.3
U10	63.94±0.52	-0.81±0.10	10.54±0.06	0.79±0.28	7.00±0.00	0.17±0.00	2.10±0.24	71.67±1.67	0.19±0.01	189.78±1.49	73.22±1.80	10.5±0.5
U11	69.73±0.43	-0.97±0.06	8.17±0.09	7.02±2.00	6.99±0.01	0.22±0.02	2.22±0.34	65.00±0.00	0.23±0.03	191.74±3.15	73.03±1.53	10.4±0.2
U12	73.28±0.12	-0.99±0.00	6.81±0.07	13.0±5.82	6.97±0.02	0.20±0.01	2.13±0.06	60.00±1.67	0.32±0.02	190.88±2.63	71.73±2.10	10.3±0.6
U13	67.03±0.31	-0.93±0.03	8.80±0.15	3.65±0.92	6.97±0.01	0.22±0.01	2.05±0.16	66.67±0.96	0.25±0.02	188.43±1.28	72.16±1.10	9.78±0.4

K-U: Kontrol-U örneği

Tablo 4.5. Kenevir sütü üretimindeki ultrases işlem değişkenlerinin analiz parametreleri üzerine çizgisel, kuadratik ve interaksiyonlarının etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyans Kaynağı	L*		a*		Serum		Oleik Asit		Viskozite		DPPH		Fenolik		Sineresis		Dx(90)		
	SD	KT	PD	KT	PD	KT	PD	KT	PD	KT	PD	KT	PD	KT	PD	KT	PD	KT	PD
Model	5	98.1558	0.0246	0.0239	0.7942	185.395	0.0768	0.0052	0.5482	0.0302	0.9953	0.0095	0.6189	145.268	0.2719	3.5580	0.1297	7.6055	0.1249
A	1	77.7927	0.0025	0.0204	0.2036	111.315	0.0165	0.0006	0.5113	0.0002	0.9606	0.0019	0.4178	0.3565	0.8920	0.3100	0.3293	3.2346	0.0519
B	1	9.5996	0.1510	0.0004	0.8536	72.9623	0.0388	0.0003	0.6165	0.0031	0.8560	0.0021	0.3958	10.8965	0.4618	1.6281	0.0473	0.1155	0.6717
AB	1	0.0541	0.9071	0.0025	0.6384	0.0000	0.9989	0.0018	0.2634	0.0003	0.9565	0.0004	0.7182	0.0601	0.9555	0.0156	0.8210	0.0961	0.6988
A^2	1	10.5995	0.1341	3.1413E-05	0.9576	0.0031	0.9873	5.47E-05	0.8368	0.0096	0.7508	0.0016	0.4552	85.2025	0.0660	1.3502	0.0649	3.2761	0.0507
B^2	1	0.5675	0.7067	0.0006	0.8103	1.0805	0.7664	0.0023	0.2072	0.0202	0.6463	0.0029	0.3271	32.7032	0.2195	0.4243	0.2596	0.4839	0.3956
Kalıntı	7	25.8564		0.0726		79.2918		0.0084		0.6154		0.0180		125.886		1.9738		4.1361	
MU	3	8.8829	0.6004	0.0296	0.5083	3.7377	0.9751	0.0030	0.5742	0.1147	0.8212	0.0084	0.4288	84.9003	0.1757	1.9738		4.1361	
Saf Hata	4	16.9735		0.0430		75.5540		0.0053		0.5007		0.0096		40.9859		0.0000		0.0000	
Toplam	12	124.0122		0.0965		264.6868		0.0136		0.6457		0.0275		271.1543		5.5318		11.741	

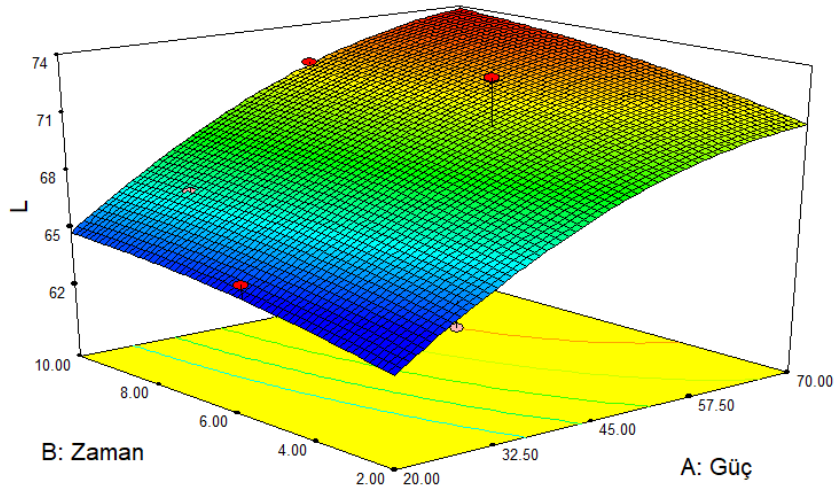
A:Güç, B:Zaman, MU: Model Uygunsuzluğu, SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler Toplamı, PD: P değeri

Tablo 4.6. Ultrases işlemleri uygulanan kenevir sütlerinin analiz sonuçları için istatistiksel uygunluğu

	L*	a*	Oleik	Viskozite	DPPH	Fenolik	Sineresis	Serum	Dx(90)
S. Sapma	1.92	0.10	0.03	0.30	0.05	4.24	0.53	3.37	0.77
Ortalama	69.96	-0.97	0.21	2.07	0.27	193.16	72.59	65.90	10.56
VK %	2.75	10.45	16.36	14.34	18.87	2.20	0.73	5.11	7.28
TKHKT	89.69	0.28	0.03	1.60	0.07	667.78	14.04	144.63	29.41
R <sup>2</sup>	0.7915	0.2479	0.3817	0.0468	0.3450	0.5357	0.6432	0.7004	0.6477
Adj-R <sup>2</sup>	0.6426	-0.2894	-0.0599	-0.6340	-0.1229	0.2041	0.3883	0.4865	0.3961
Pre-R <sup>2</sup>	0.2768	-1.8771	-1.2070	-1.4754	-1.7126	-1.4627	-1.5374	0.4536	-1.5050
Hassasiyet	7.420	2.182	2.932	0.674	3.358	4.611	4.274	5.904	5.686

Modellenmeye çalışılan sonuçların değişkenler özelindeki değişimlerinin incelenmesi, sonuçların değişken artışı ve azalışı yönünde bazı bilgiler sunabilmektedir.

Kenevir sütünde uygulanan ultrases işleminde, güç arttıkça L\* değerinde artış görülmüş ve söz konusu artış istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ) ancak uygulanan işlemlerde sürenin L\* üzerinde bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır (Şekil 4.1.). Güç değişkeni 20 amplitutdan 70'e kadar çıkarıldığında L\* değerinde de artış gözlemlenmiştir. Bu durum kenevir sütünün renginin güç ile birlikte daha beyaz hale geldiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.1. Ultrases işlemleri uygulanan kenevir sütlerinin L\* değeri yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Ultras es uygulanmış kenevir sütünün L\* değeri yanıtı için model tarafından tahminlenen formül güç (A) ve zaman (B) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır. Bu formül ile ultras es işlemindeki güç ve zaman değişkenlerine göre L\* değeri yanıtı tahminlemesi yapılabilmektedir. En düşük L\* değeri U10 örneğinde (30 amplitut 2.5 dakika işlem uygulanan örnek) tespit edilirken en yüksek değer ise U2 örneğinde (80 amplitut 5.5 dakika işlem uygulanan örnek) tespit edilmiştir. Model kapsamında güç ve zaman özelinde L\* yanıtını ifade eden denklem

$$L^* = +70.90 + (3.12 * A) + (1.10 * B) + (0.12 * A * B) - (1.23 * A^2) - (0.29 * B^2)$$

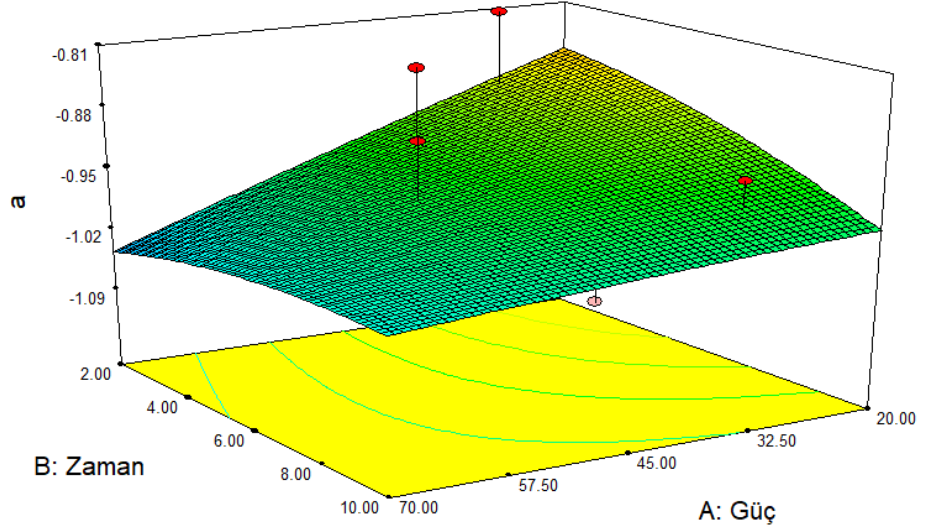
şeklindedir.

Ultras es işlemi uygulanan kenevir sütlerinin a\* değerleri -0.81±0.10 ile -1.09±0.01 aralığında bulunmuştur. Kontrol-U örneğinde a\* değeri -0.32±0.01 olarak tespit edilmiş olup modeldeki yanıtlar içinde en düşük ve en yüksek a\* değerleri ise sırasıyla -1.09±0.01 ve -0.81±0.10 olarak tespit edilmiştir. Söz konusu değerler ise sırasıyla U2 (80 amplitut 5.5 dakika işlem uygulanan örnek) ve U10 (80 amplitut 5.5 dakika işlem uygulanan örnek) örneklerinde tespit edilmiş olup aynı örnekler L\* değerinde de en düşük ve en yüksek cevapları vermiştir. Uygulanan ultras es işleminin gücü ve uygulama süresindeki değişimin a\* değeri üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır (p>0.05). Şekil 4.2’de de görüleceği üzere uygulanan işlem süresinin a\* değeri üzerinde değişim yaratmadığı hatta ölçülen değerler ile oluşturulan eğride hemen hemen yatay düzeyde kaldığı gözlemlenmiştir.

Ultras es uygulanmış kenevir sütünün a\* değeri yanıtının tahmin edilebilmesi için model tarafından tespit edilen denklem

$$a^* = -0.97 - (0.050 * A) - (6.893E-003 * B) + (0.025 * A * B) - (2.125E-003 * A^2) - (9.625E-003 * B^2)$$

şeklinde olup, güç (A) ve zaman (B) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.



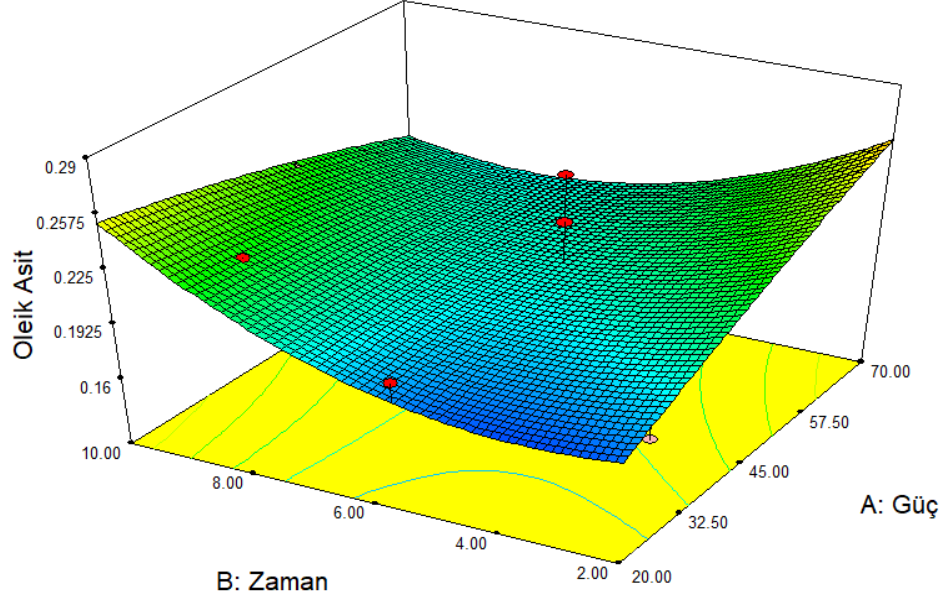
Şekil 4.2. Ultrases işlemi uygulanan kenevir sütlerinin a\* değeri yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Ultrases uygulanan kenevir sütlerinin titrasyon asitliği miktarı oleik asit cinsinden en düşük %0.17 ile U1 (50 amplitut 5.5 dakika işlem uygulanan), U9 (50 amplitut 5.5 dakika işlem uygulanan) ve U10 (80 amplitut 5.5 dakika işlem uygulanan) örneklerinde tespit edilmiştir ve en yüksek değer %0.28±0.02 ile U4 (80 amplitut 1 dakika işlem uygulanan) örneğinde hesaplanmıştır. Hiçbir işlem uygulanmayan Kontrol-U örneğinde ise söz konusu değer %0.25±0.01 olarak tespit edilmiştir. İşlemdeki güç ve süre değişiminin titrasyon asitliği üzerinde anlamlı bir etkisi olmamıştır ( $p>0.05$ ). Söz konusu anlamlı olmayan etki Şekil 4.3. üzerinde de görülmekte olup işlemde uygulanan süre ve güç değişiminin işlem yanıtı olan oleik asit üzerine doğrusal bir etki göstermemiştir ve hatta değişimin yanıt üzerine düzensiz etkileri olduğu ortadadır.

Ultrases uygulanmış kenevir sütünün oleik asit miktarı yanıtı için model tarafından tahminlenen formül

$$\text{Oleik Asit} = +0.20 + (8.463E-003 * A) - (6.410E-003 * B) - (0.021 * A * B) - (2.804E-003 * A^2) + (0.018 * B^2)$$

şeklinde olup, güç (A) ve zaman (B) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksyonlarından oluşmaktadır.



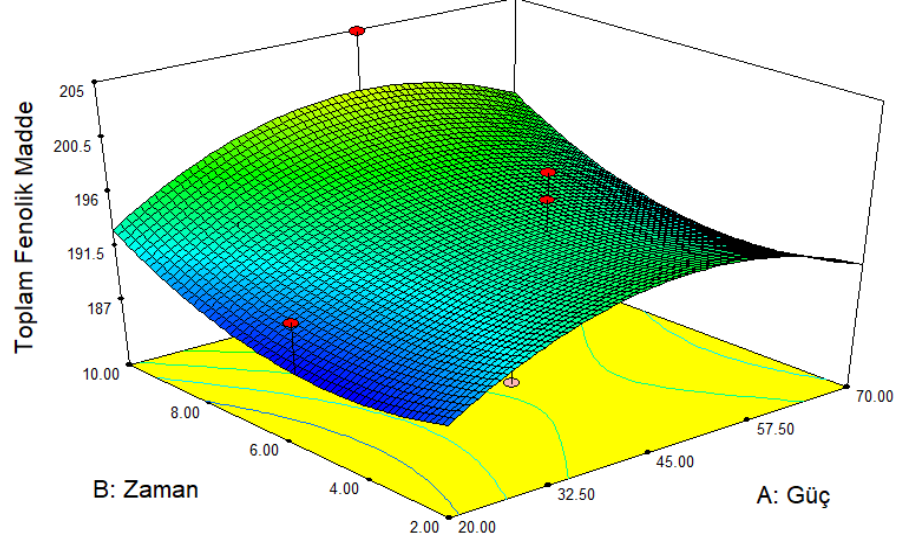
Şekil 4.3. Ultrases işlemi uygulanan kenevir sütlerinin oleik asit değeri yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri en düşük  $187.25 \pm 1.68$  mg ga/kg olarak U2 (80 amplitut 5.5 dakika işlem uygulanan) örneğinde tespit edilirken, en yüksek miktarda  $204.83 \pm 2.60$  mg ga/kg ile U8 (50 amplitut 10 dakika işlem uygulanan örnek) örneğinde tespit edilmiştir. İşlemdeki güç ve sürenin artmasının toplam fenolik madde miktarı üzerine anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür ( $p > 0.05$ ). Kontrol-U örneğinde toplam fenolik madde ise  $187.65 \pm 3.25$  mg ga/kg olarak tespit edilmiş olup genel itibari ile deneme desenindeki yanıtlar arasında anlamlı bir korelasyon bulunmamaktadır (Şekil 4.4.).

Ultrases uygulanmış kenevir sütünün toplam fenolik madde miktarı yanıtı için model tarafından tahminlenen denklem

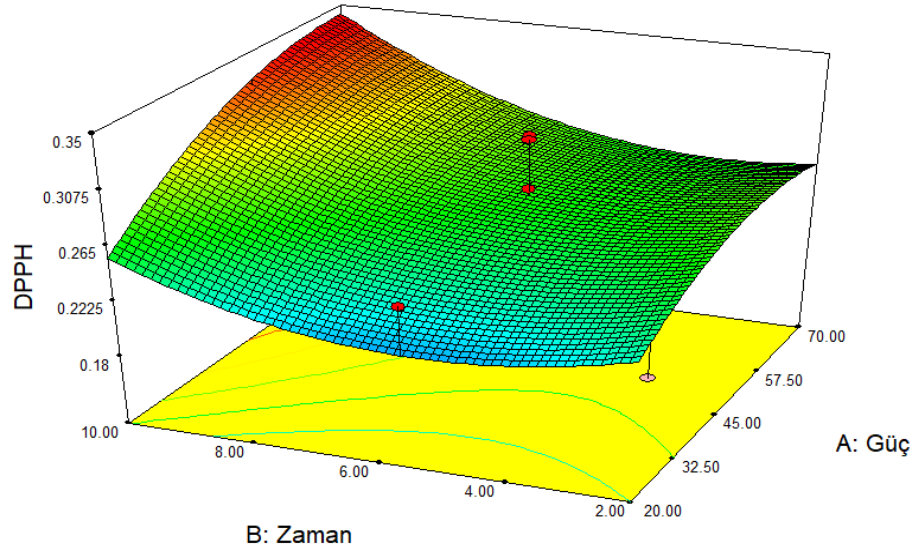
$$\text{Toplam Fenolik Madde} = +193.98 - (0.21 * A) + (1.17 * B) + (0.12 * A * B) - (3.50 * A^2) + (2.17 * B^2)$$

şeklinde olup, güç (A) ve zaman (B) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik etkileşimlerinden oluşmaktadır.



Şekil 4.4. Ultrases işleminin uygulanan kenevir sütlerinin toplam fenolik madde miktarı yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Ultrases uygulanan kenevir sütünün DPPH miktarı değerlerine bakıldığında en düşük DPPH değeri  $0.23 \pm 0.03$  (mM troloks) olup U11’de iken (70 amplitut 2.5 dakika işlem uygulanan örnek), en yüksek değer ise  $0.33 \pm 0.01$  (mM troloks) olup U4 (50 amplitut 1 dakika işlem uygulanan örnek) örneğinde tespit edilmiştir. Kontrol-U örneğinde ise söz konusu değer  $0.30 \pm 0.02$  (mM troloks) olarak tespit edilmiştir. Ultrases işlemi kenevir sütünün DPPH miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).



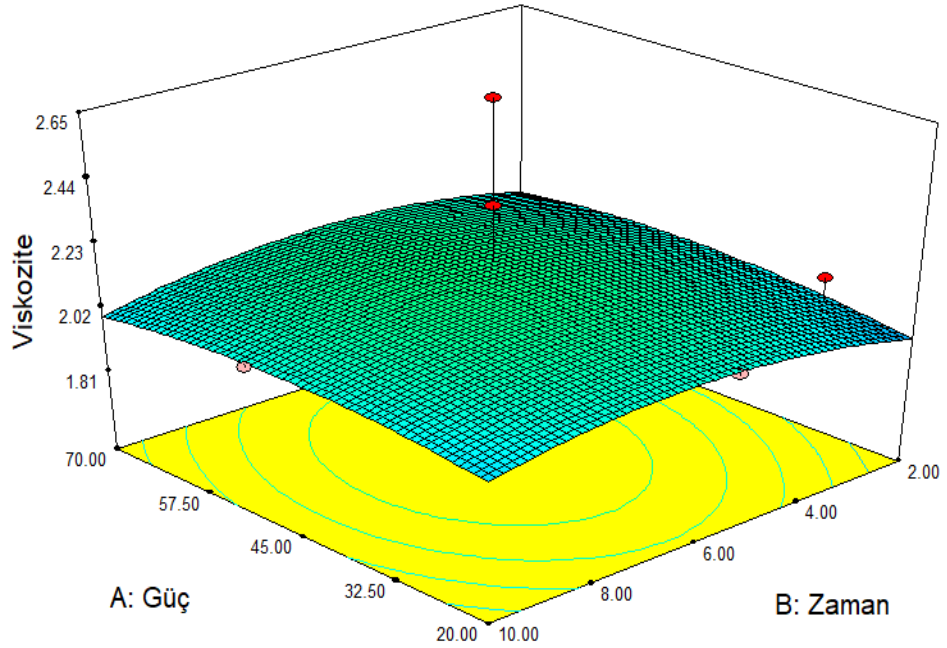
Şekil 4.5. Ultrases işleminin uygulanan kenevir sütlerinin DPPH miktarı yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Ultras ses uygulanmış kenevir sütünün DPPH değeri yanıtı için model tarafından tahminlenen formül

$$DPPH=+0.27+(0.015*A)+(0.016*B)+(9.525E-003*A*B)-(0.015*A^2) +(0.020*B^2)$$

şeklinde olup, güç (A) ve zaman (B) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.

Viskozite değeri incelendiğinde Kontrol-U örneği için  $2.41\pm 0.27$  mPa.s olarak tespit edilmiştir. Model desendeki ultras ses işlemleri uygulandığında en düşük viskozite değeri  $1.81\pm 0.40$  mPa.s olarak U3 örneğinde (50 amplitut 5.5 dakika işlem uygulanan), en yüksek değer ise  $2.31\pm 0.13$  mPa.s olarak U5 örneğinde tespit edilmiştir. Ultras ses işleminde güç ve süredeki değişikliklerin kenevir sütünün viskozite değerine olan etkisi istatistiki açıdan önemli olmayıp ( $p>0.05$ ) Şekil 4.6’da da görüldüğü üzere ultras ses işleminde güç ve sürenin viskozite değerleri üzerinde etkisiz olduğu gözlemlenebilmektedir.



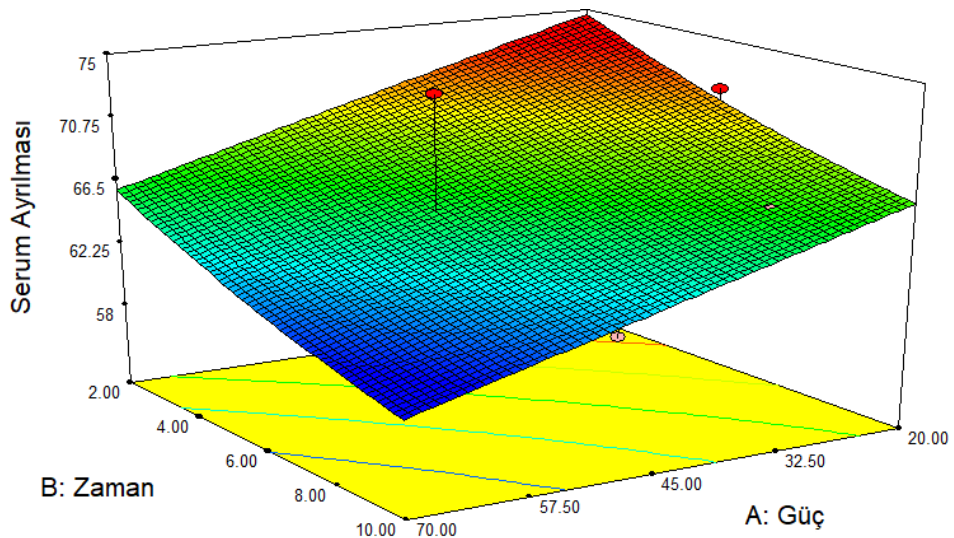
Şekil 4.6. Ultras ses işlemi uygulanan kenevir sütünün toplam viskozite değeri yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri

Ultrases uygulanmış kenevir sütünün viskozite yanıtı için model tarafından tahminlenen formül,

$$\text{Viskozite} = +2.12 - (5.367E-003 * A) + (0.020 * B) - (8.375E-003 * A * B) - (0.037 * A^2) - (0.054 * B^2)$$

şeklinde ifade edilmekte olup güç (A) ve zaman (B) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.

Kenevir sütüne uygulanan ultrases işleminin sonuçları serum ayrılması yanıtı özelinde incelendiğinde en düşük serum ayrılması değeri %60.00 ile U2 (80 amplitut 5.5 dakika işlem uygulama) ve U12 örneklerinde (70 amplitut 8.5 dakika işlem uygulama), en yüksek serum ayrılması değeri ise %71.67 ile U4 (50 amplitut 1 dakika işlem uygulama), U8 (50 amplitut 10 dakika işlem uygulama) ve U10 (30 amplitut 2.5 dakika işlem uygulama) örneklerinde tespit edilmiştir. Kontrol-U örneğinde ise serum ayrılması %73.33 olarak gözlemlenmiştir. Ultrases işlemi uygulanan kenevir sütlerindeki serum ayrılması sonuçları ANOVA tablosunda (Tablo 4.5.) incelendiğinde güç için p değeri 0.0165, zaman için p değeri 0.0388 ve model uygunsuzluğu değeri 0.9751 olarak hesaplanmış ve modelin istatistiki açıdan anlamlı olduğu görülmüştür ( $p < 0.05$ ). Bu sonuçlara göre yanıt yüzey grafiği incelendiğinde ultrases gücünün ve süresinin artması serum ayrılmasını azaltmıştır (Şekil 4.7.).



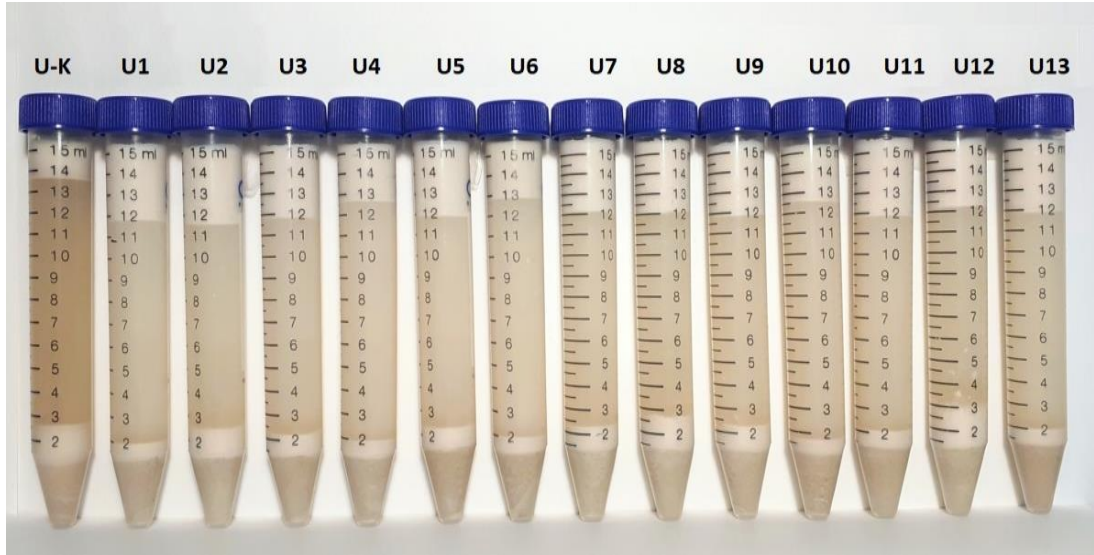
Şekil 4.7. Ultrases işlemi uygulanan kenevir sütlerinin serum ayrılması miktarı yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Ultras ses uygulanmış kenevir sütünün serum ayrılması miktarı yanıtı için model tarafından tahminlenen denklem,

$$\text{Serum Ayrılması} = +65.67 - (3.73 * A) - (3.02 * B) - (2.350E-003 * A * B) - (0.021 * A^2) + (0.39 * B^2)$$

şeklinde olup güç (A) ve zaman (B) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.

Ultras ses işlemi uygulanan kenevir sütünün 15 ml'lik tüpler içerisinde +4 °C'de 15 gün boyunca depolanması sonucu oluşan serum ayrılması miktarları Şekil 4.8.'de görülmektedir.

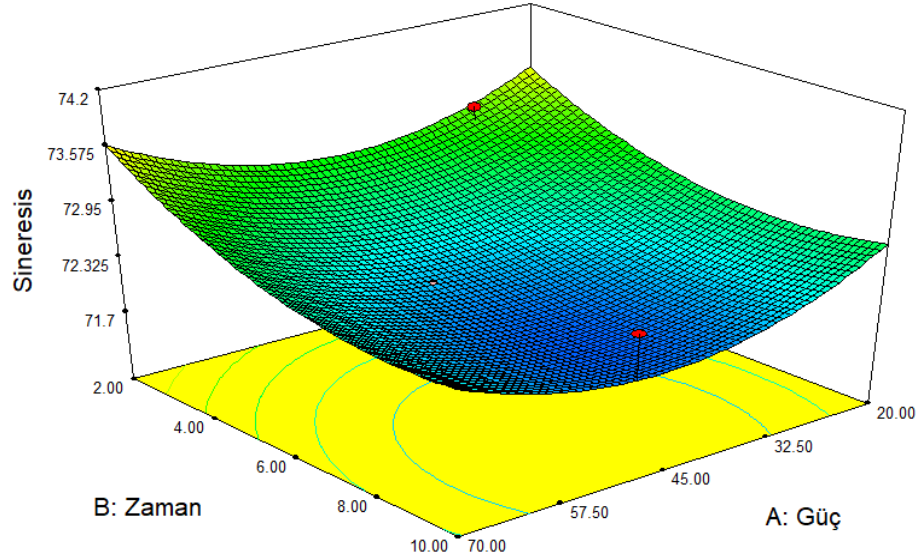


Şekil 4.8. US uygulanmış sütünün serum ayrılması 15. Gün  
\*U-K: Kontrol grubu

Ultras ses uygulaması yoğurt, ayran gibi ürünlerde viskoziteyi artırırken, depolama sırasında görülen serum ayrılması ve sineresis miktarını azaltmaktadır (Akdeniz ve Akalın, 2017). Ultras ses uygulaması kenevir sütünün serum ayrılması ve sineresis miktarını azaltarak yoğurt ve ayran ürünlerinde sağladığı azalmaya benzer etki yapmıştır. Ancak ultras ses uygulaması sonucu kenevir sütünün viskozite değerinde istatistiki olarak anlamlı bir artış olmamıştır ( $p > 0.05$ ).

Kenevir sütünün ultras ses işleminin sineresis yanıtı üzerine etkileri incelendiğinde en düşük değer U12 (70 amplitud 8.5 dakika işlem uygulama) örneğinde %71.73 olarak en yüksek değer ise %74.15 olarak U2 (80 amplitud 5.5

dakika işlem uygulama) örneğinde tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra Kontrol-U örneğinde ise söz konusu değer %72.90 olarak hesaplanmıştır. Ultrases işlem süresindeki artışın sineresis oranı üzerinde sağladığı azalma istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Tablo 4.5.).



Şekil 4.9. Ultrases işlemi uygulanan kenevir sütlerinin sineresis değeri yanıt yüzey grafiği ve izohips eğrileri

Ultrases uygulanmış kenevir sütünün sineresis miktarı yanıtı için model tarafından tahminlenen denklem

$$\text{Sineresis} = +(72.17) + (0.20 * A) - (0.45 * B) - (0.062 * A * B) + (0.44 * A^2) + (0.25 * B^2)$$

güç (A) ve zaman (B) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik etkileşimlerinden oluşmaktadır. Söz konusu değer üzerine güç ve zaman özelinde değişimler Şekil 4.9.'da verilmiştir.

Kenevir sütüne ultrases uygulanmadan önce yapılan partikül boyutu ölçümünde  $D_x(90)$  değeri  $13.3 \mu\text{m}$  olarak ölçülmüştür. Ultrases işleminde uygulanan güç ve süre değişimine bağlı olarak oluşturulan model desen kapsamında en düşük  $D_x(90)$  değeri  $9.78 \mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir ve güç ve sürenin parçacık boyutu üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmamıştır ( $p>0.05$ ).

Ultrasound applied sunflower milk's  $D_x(90)$  response model is estimated by the following formula,

$$D_x(90) = +10.30 + (0.64 * A) - (0.12 * B) + (0.15 * A * B) + (0.69 * A^2) - (0.26 * B^2)$$

as shown, power (A) and time (B) variables are linear and quadratic interactions. The response surface graph of the response is shown in Figure 4.10.

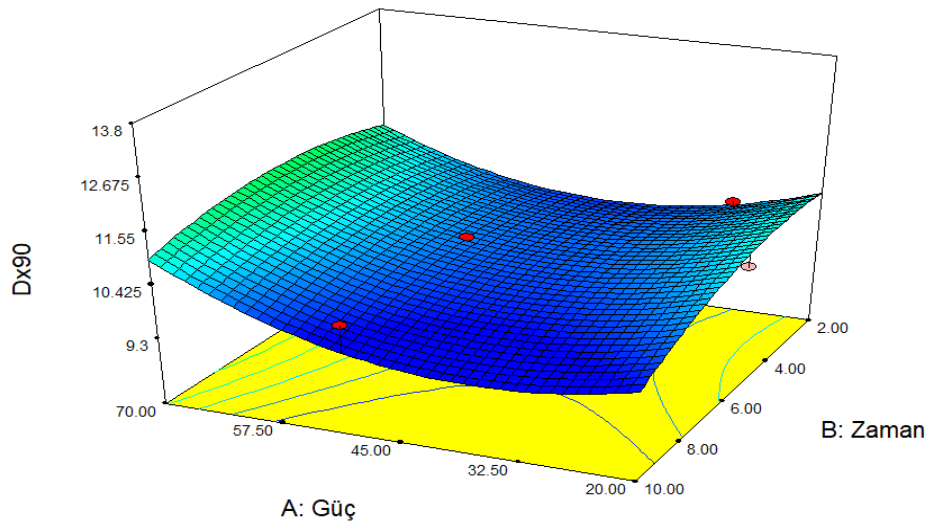


Figure 4.10. Response surface graph and contour lines of  $D_x(90)$  value of sunflower milk treated with ultrasound.

High energy sound waves passing through the liquid create bubbles and the mechanical effect of the bubbles is called cavitation (Şengül vd., 2009). The effect of ultrasound on milk homogenization is explained by the cavitation event (Ertugay vd., 2004).

In different plant milk studies, when the microscope images were examined, it was observed that as the ultrasound power increased, the size of the fat globules decreased (Akdeniz ve Akalın, 2020; Wu vd., 2001). When the microstructure images of sunflower milk were examined, it was observed that the size of the fat globules decreased significantly compared to the control group when ultrasound, homogenization and the combination of these two processes were applied. The microstructure images are given in Ek1, Ek2 and Ek3.

#### 4.4. HPH ve Ultrases Uygulanan Kenevir Sütü Sonuçları

HPH ve ultrases işlemlerinin birlikte uygulandığı kombinasyon uygulaması için yanıtların alt ve üst limitleri ile değerlendirilme hedefleri Tablo 4.7.'de verilmiştir. Güç, zaman ve basınç değerinin enerji tasarrufu ve maliyet açısından minimum, L\* değerinin sütün beyazlığının yüksek olması için maksimum, a\* değerinin ve oleik asit oranını minimum olması istenmiştir. Viskozite değerinin inek sütüne yakın olması 2 mPa.s olması istenmiştir ve alt limit bu değerden büyük olduğu için minimum değeri seçilmiştir. Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite sonucunun (DPPH) en yüksek olması istenmiştir. Sineresis, serum ayrılması ve parçacık boyutu Dx(90) sonucunun daha stabil yapıda bir son ürün elde edebilmek için minimum olması istenmiş ve söz konusu istenirliklerin kenevir sütünün fizikokimyasal özelliklerine bakılmıştır.

Tablo 4.7. HPH+US kombinasyonu için istenirlik özellikleri ve sınır değerler

İşlem	Hedef	Alt limit	Üst limit
Güç	min	16.2159	63.7841
Zaman	min	2.02698	7.973
Basınç	min	40.5396	159.46
L*	maks	68.43	70.85
a *	min	-0.45	-0.245
Oleik Asit	min	0.2804	0.3365
Viskozite	min	3.08	4.49
DPPH	maks	0.2063	0.3374
T. Fenolik Madde	maks	163.63	233.99
Sineresis	min	70.38	74.25
Serum Ayrılması	min	9.99	69.99
Dx(90)	min	10.5	15

Yanıtların eldesinde uygulanan değişkenler güç-süre ve homojenizasyon basıncı özelinde Tablo 3.2.'de belirtildiği üzere 0-200 MPa, 20-80 amplitut ve 1-10 dakika süreleri kapsamındaki değişkenler olup 20 adet kombinasyonun sonucunda Tablo 4.8.'deki yanıtlar elde edilmiştir.

Ultrases işleminin uygulandığı 20 denemeli model sonucunda elde edilen sonuçlara bakıldığında L\* değeri 68.43-70.85 aralığında, a\* değeri -0.45 ile -0.245, serum ayrılması (%) 9.99-69.99 aralığında, oleik asit (%) 0.28-0.33 aralığında, görünür viskozite 3.08-4.49 (mPa.s), DPPH 0.20-0.33 (mM troloks), toplam fenolik

madde 163.63-233.99 (mg ga/kg) aralığında, sineresis 70.38-74.25 (%) aralığında, Dx(90) 10.5-15 ( $\mu\text{m}$ ) aralığında tespit edilmiştir.

HPH+US uygulamasının kenevir sütü parametreleri üzerine çizgisel, kuadratik ve interaksiyonlarının etkisini gösteren ANOVA tablosu Tablo 4.9.'da verilmiştir. Tabloda p değerinin 0.05'den küçük olması modelin istatistiki olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Kombine işlemin uygulanmasından sonra kenevir sütlerinin a\* değeri ve Dx(90) değerleri istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. Tabloya göre sineresis ve serum ayrılması sonuçlarının model uygunsuzluğu değeri istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır ( $p < 0.05$ ). Model uygunsuzluğunun anlamlı olarak bulunması modelin matematiksel formunun uygun olmadığı anlamına gelmektedir. HPH+US işlemi uygulanan kenevir sütlerinin analiz yanıtları için istatistiki uygunluğu Tablo 4.10.'da verilmiştir. P değeri istatistiki açıdan önemli olan a\* değeri ve Dx(90) değerleri için hassasiyet değeri sırasıyla 7.565 ve 9.948 olarak hesaplanmıştır.

Modellenmeye çalışılan yanıtların değişkenler özelindeki değişimlerinin incelenmesi, yanıtların değişken artışı ve azalışı yönünde bazı bilgiler sunabilmektedir.

Kontrol grubu sütün L\* değeri  $64.16 \pm 0.09$  ile işlem görmüş sütlerden önemli ölçüde düşük iken kombine işlem uygulanan örneklerde tespit edilen en yüksek değer  $70.85 \pm 0.03$  ile HU3 (160 MPa, 20 amplitut ve 2 dakika) örneğinde en düşük L\* değeri ise  $68.43 \pm 0.29$  ile HU19 (100 MPa, 40 amplitut ve 5 dakika) örneğinde tespit edilmiştir. HPH ile kombine ultrases işlemlerinin kombine uygulandığı kenevir sütlerinin L\* değeri basınç ve ultrases gücünün artmasıyla bir miktar artarken bu artış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. L\* değeri için yanıt yüzey grafikleri Şekil 4.12'de verilmiştir. HPH+US uygulanan sütlerin L\* değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri incelendiğinde zaman ve güç değişkenlerinin L\* değeri üzerinde körele bir etkiye sahip olmadığı, basınç ve güç değişkenleri incelendiğinde ise gücün artmasının L\* değeri üzerinde pozitif bir artış sağladığı aynı durumun basınç için de geçerli olduğu, basınç ve zaman değişkenleri incelendiğinde ise zamanın artışı ile L\* değeri arasında bir artış anlamında ilişki olduğu gözlemlenmektedir.

HPH+US uygulanmış kenevir sütünün toplam L\* değeri yanıtı için model tarafından tahminlenen formül

$$L=+69.34+(0.050*A)+(0.27*B)+(0.045*C)+(0.32*A*B)-(0.40*A*C)-(0.11*B*C)+(0.23*A^2)+(0.13*B^2)-(0.082*C^2)$$

şeklinde olup güç (A), zaman (B) ve basınç (C) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.

Kombine işlem uygulanan uygulanan kenevir sütlerinin a\* değeri incelendiğinde Kontrol-HU örneğinde a\* değeri -0.41±0.01 olarak tespit edilmiş olup işlemin uygulandığı örnekler içinde en yüksek değer -0.30±0.00 ile HU17 (100 MPa, 40 amplitut ve 5 dakika) örneğinde en düşük değer -0.45±0.00 ile HU16 (0 MPa, 40 amplitut ve 5 dakika) örneğinde tespit edilmiştir. Kombine işlemin uygulanmasının a\* değeri üzerine zaman değişkeninin etkisi istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05). Şekil 4.13.'teki yanıt yüzey grafikleri incelendiğinde zamandaki artışın a\* değerini düşürdüğü görülmektedir. Ultrases gücündeki artışın ve basınç değişkenlerinin a\* değeri üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir değişikliğe sebep olmadığı görülmüştür (p>0.05).

HPH+US uygulanmış kenevir sütünün toplam a\* değeri yanıtı için model tarafından tahminlenen denklem

$$a^*=-0.34-(0.011*A)-(0.033*B)-(6.940E-003*C)-(0.021*A*B)+(6.250E-003*A*C)+(1.250E-003*B*C)+(5.790E-003*A^2)+(0.011*B^2)-(0.038*C^2)$$

güç (A), zaman (B) ve basınç (C) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.

Kombine işlem uygulanan uygulanan kenevir sütlerinin serum ayrılması değeri incelendiğinde Kontrol-HU örneğinde söz konusu değer %75.00 olarak tespit edilmiş olup işlemin uygulandığı örnekler içinde en yüksek değer %70 ile HU10 (100 MPa, 40 amplitut ve 5 dakika) örneğinde en düşük değer %10 ile HU4 (0 MPa, 40 amplitut ve 5 dakika) örneğinde tespit edilmiştir. Uygulanan HPH+US kombine işlem, kenevir sütlerinde serum ayrılması miktarının model uygunsuzluğu değeri

istatistiki olarak anlamlı ( $p < 0.05$ ) bulunurken, p değeri ( $p > 0.05$ ) istatistiki olarak anlamsız bulunmuştur.

Serum ayrılmasına ait yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri Şekil 4.14.'te verilmiştir. HPH+US uygulanmış kenevir sütünün serum ayrılması miktarı yanıtı için model tarafından tahminlenen formül,

$$\text{Serum Ayrılması} = +(62.91) + (2.44 * A) + (3.37 * B) + (3.37 * C) - (8.12 * A * B) - (4.79 * A * C) - (6.87 * B * C) - (2.18 * A^2) - (1.29 * B^2) - (1.29 * C^2)$$

şeklinde olup, güç (A), zaman (B) ve basınç (C) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.

Tablo 4.8. HPH ve US işlemleri uygulanan örneklerin analiz sonuçları

Örnek	L*	a*	b*	ΔE	pH	Oleik asit (%)	Viskozite (mPa.s)	Serum (%)	DPPH (mM troloks)	Fenolik (mg ga/kg)	Sineresis (%)	Dx (90) (μm)
K-HU	64.16±0.09	-0.41±0.01	7.92±0.11	-	6.80±0.02	0.36±0.01	3.58±0.12	75.00±2.36	0.24±0.01	192.74±2.80	72.93±2.12	14±0.2
HU1	69.09±0.35	-0.33±0.06	6.36±0.21	5.18±0.52	6.86±0.01	0.34±0.01	3.61±0.24	63.33±1.67	0.34±0.01	234.00±1.32	73.13±0.85	10.5±0.1
HU2	70.18±0.26	-0.36±0.06	5.91±0.19	6.35±0.44	6.87±0.03	0.31±0.02	3.51±0.14	61.67±1.93	0.31±0.02	193.62±3.58	74.26±2.04	11.1±0.6
HU3	70.85±0.03	-0.36±0.00	5.64±0.01	7.07±0.15	6.87±0.01	0.34±0.01	3.47±0.36	63.33±3.33	0.29±0.01	169.12±3.42	73.42±1.17	11.3±0.1
HU4	69.18±0.44	-0.30±0.10	6.31±0.19	5.28±0.60	6.86±0.01	0.34±0.02	3.54±0.42	10.00±1.67	0.28±0.03	170.47±2.50	74.18±0.52	12.1±0.2
HU5	70.54±0.24	-0.42±0.05	5.75±0.15	6.75±0.40	6.87±0.02	0.34±0.01	4.49±0.28	56.67±3.54	0.28±0.02	180.93±0.86	70.55±0.88	12.1±0.3
HU6	69.02±0.07	-0.33±0.02	6.27±0.19	5.14±0.01	6.88±0.04	0.34±0.02	3.19±0.02	63.33±3.33	0.27±0.02	180.34±1.25	73.40±1.60	11.9±0.3
HU7	69.80±0.08	-0.32±0.02	5.90±0.01	6.00±0.05	6.90±0.01	0.28±0.02	3.74±0.32	63.33±1.93	0.27±0.01	180.91±2.83	73.16±0.55	11.9±0.2
HU8	69.25±0.48	-0.39±0.01	6.12±0.02	5.41±0.34	6.90±0.02	0.28±0.02	3.52±0.21	63.33±2.89	0.27±0.02	163.63±4.26	72.02±1.14	11.9±0.1
HU9	70.15±0.16	-0.45±0.01	5.98±0.01	6.30±0.04	6.91±0.02	0.31±0.01	4.08±0.14	63.33±2.36	0.31±0.03	181.64±5.70	72.11±0.64	10.5±0.8
HU10	69.43±0.58	-0.34±0.05	5.99±0.26	5.62±0.76	6.91±0.01	0.31±0.02	3.25±0.03	70.00±1.18	0.29±0.03	171.85±1.88	72.31±1.28	11.4±0.5
HU11	69.60±0.01	-0.28±0.01	5.95±0.07	5.79±0.11	6.91±0.00	0.34±0.01	3.08±0.02	63.33±1.92	0.26±0.01	191.65±3.20	72.67±0.93	11.9±0.1
HU12	69.49±0.08	-0.32±0.02	5.93±0.03	5.70±0.03	6.90±0.01	0.31±0.02	3.59±0.69	63.33±1.67	0.25±0.01	173.97±2.85	70.86±1.42	13±1.1
HU13	68.44±0.17	-0.43±0.01	6.16±0.09	4.63±0.07	6.88±0.02	0.31±0.01	3.61±0.57	60.00±3.33	0.27±0.02	176.47±3.27	72.33±0.71	13.8±0.2
HU14	69.93±0.12	-0.31±0.01	5.68±0.05	6.20±0.03	6.90±0.01	0.34±0.01	3.71±0.12	56.67±0.96	0.21±0.01	178.64±4.81	73.09±1.04	12±0.1
HU15	69.92±0.03	-0.36±0.02	5.95±0.11	6.09±0.12	6.91±0.00	0.34±0.02	3.69±0.20	60.00±1.18	0.24±0.04	191.18±1.15	72.89±2.16	10.5±0.6
HU16	69.04±0.46	-0.45±0.00	5.84±0.01	5.31±0.55	6.89±0.01	0.34±0.01	3.59±0.32	63.33±1.92	0.22±0.02	192.90±2.42	72.93±0.73	15±1.0
HU17	70.01±0.16	-0.30±0.00	5.85±0.06	6.21±0.05	6.93±0.02	0.31±0.00	3.23±0.17	63.33±3.33	0.27±0.03	185.22±3.53	73.16±0.13	11.9±0.3
HU18	69.31±0.09	-0.32±0.01	6.21±0.04	5.43±0.02	6.90±0.02	0.31±0.02	3.69±0.22	61.67±0.96	0.22±0.02	186.01±0.88	71.85±0.42	12±0.5
HU19	68.43±0.29	-0.40±0.01	6.26±0.03	4.59±0.16	6.92±0.01	0.34±0.01	3.41±0.41	60.00±2.36	0.22±0.01	197.74±1.38	72.77±1.67	11.9±0.1
HU20	68.76±0.01	-0.24±0.01	6.08±0.04	4.96±0.11	6.86±0.00	0.34±0.01	3.53±0.06	63.33±3.54	0.27±0.02	200.83±4.66	70.38±	12±0.3

K-HU: Kontrol-HU örneği

Tablo 4.9. HPH+US uygulamasının kenevir sütü parametreleri üzerine çizgisel, kuadratik ve interaksiyonlarının etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyans Kaynağı	L*			a*			Oleik			Viskozite			DPPH		Fenolik		Sineresis		Serum			Dx(90)		
	SD	KT	PD	KT	PD	KT	PD	KT	PD	KT	PD	K	T	PD	KT	PD	KT	PD	KT	PD	KT	PD		
Model	9	4.3411	0.3534	0.0468	0.0332	0.0021	0.8578	1.2310	0.1089	0.0073	0.7850	1750.51	0.6792	6.7924	0.8322	1580.6316	0.2662	15.9450	0.0121					
A	1	0.0340	0.7706	0.0017	0.3152	0.0002	0.5776	0.3028	0.0489	4.254	0.8647	206.500	0.4005	2.1685	0.2508	80.9888	0.4243	0.1054	0.6089					
B	1	0.9760	0.1393	0.0151	0.0101	0.0002	0.5092	0.1413	0.1567	3.535	0.8765	93.546	0.5676	0.2510	0.6871	155.3465	0.2754	0.8084	0.1744					
C	1	0.0273	0.7936	0.0007	0.5235	0.0002	0.5776	0.0020	0.8582	0.0040	0.1214	209.762	0.3969	1.1753	0.3906	155.3465	0.2754	2.8312	0.0210					
AB	1	0.7938	0.1781	0.0036	0.1523	0.0004	0.3921	0.3281	0.0418	0.0001	0.7828	635.280	0.1545	0.0112	0.9318	528.1144	0.0593	0.1250	0.5780					
AC	1	1.2960	0.0939	0.0003	0.6584	0.0000	1.0000	0.0420	0.4230	0.0008	0.4643	203.221	0.4041	0.8808	0.4552	183.6769	0.2382	0.5000	0.2769					
BC	1	0.1035	0.6123	1.25E-05	0.9292	0.0004	0.3921	0.0013	0.8883	0.0003	0.6418	163.694	0.4524	0.4963	0.5727	378.1174	0.1021	0.7200	0.1976					
A^2	1	0.7504	0.1893	0.0005	0.5835	6.6E-05	0.7218	0.2357	0.0762	0.0002	0.6811	16.272	0.8103	0.0444	0.8650	68.1768	0.4623	0.4075	0.3236					
B^2	1	0.2439	0.4407	0.0018	0.3032	0.0007	0.2522	0.1330	0.1682	0.0012	0.3781	205.166	0.4019	1.7829	0.2949	24.0251	0.6597	2.7060	0.0233					
C^2	1	0.0970	0.6235	0.0213	0.0037	6.6E-05	0.7218	0.1234	0.1830	0.0005	0.5592	0.750	0.9588	1.30483	0.9993	24.0251	0.6597	6.6710	0.0018					
Kalıntı	10	3.7830		0.0150		0.0049		0.6026		0.0139		2677.89		14.5927		1167.0912		3.7805						
MU	5	2.1171	0.3995	0.0034	0.9012	0.0011	0.8979	0.3060	0.4869	0.0116	0.0507	1994.49	0.1324	13.3687	0.0101	1157.8321	<0.000	3.7805						
Saf Hata	5	1.6659		0.0117		0.0038		0.2967		0.0023		683.397		1.2241		9.2591		0.0000						
Toplam	19	8.1241		0.0619		0.0070		1.8337		0.0212		4428.407		21.3851		2747.7228		19.7255						

A:Güç, B:Zaman, C:Basınç, SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, PD: P-değeri, MU: Model uygunsuzluğu

Tablo 4.10. HPH+US işlemleri uygulanan kenevir sütlerinin analiz sonuçları için istatistiksel uygunluğu

Parametre	L*	a*	Oleik	Viskozite	DPPH	Fenolik	Sineresis	Serum	Dx(90)
Std Sapma	0.62	0.04	0.02	0.25	0.04	1.21	1.21	10.80	0.61
Ortalama	69.52	-0.35	0.32	3.58	0.27	72.57	72.57	59.67	11.99
VK %	0.88	11.02	6.90	6.86	14.02	1.66	1.66	18.11	5.13
TKHKT	18.59	0.04	0.01	2.86	0.09	105.59	105.59	9724.41	28.96
R <sup>2</sup>	0.5343	0.7568	0.3017	0.6713	0.3441	0.3176	0.3176	0.5753	0.8083
Adj- R <sup>2</sup>	0.1153	0.5378	-0.3269	0.3756	-0.2462	-0.2965	-0.2965	0.1930	0.6359
Pre- R <sup>2</sup>	-1.2877	0.3040	-1.0669	-0.5622	-3.3323	-3.9374	-3.9374	-2.5391	-0.4680
Hassasiyet	4.323	7.565	2.670	4.993	2.536	2.452	2.452	5.448	9.948

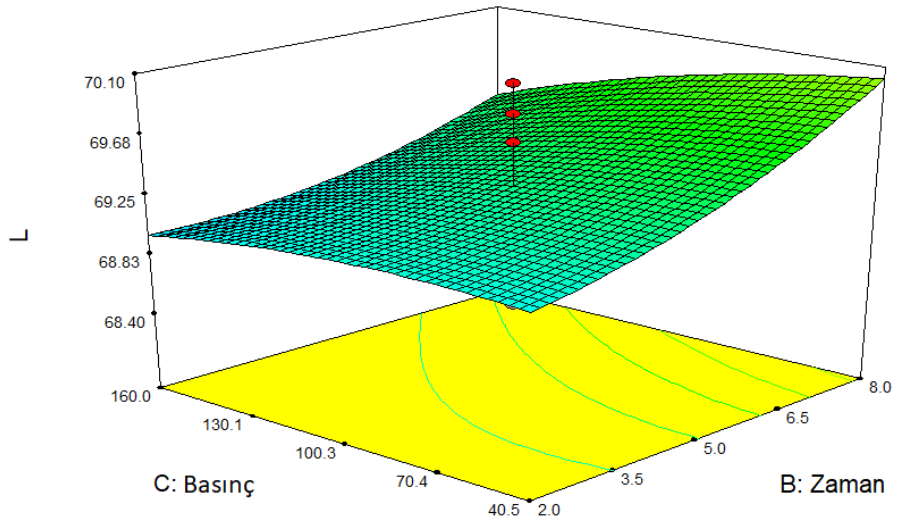
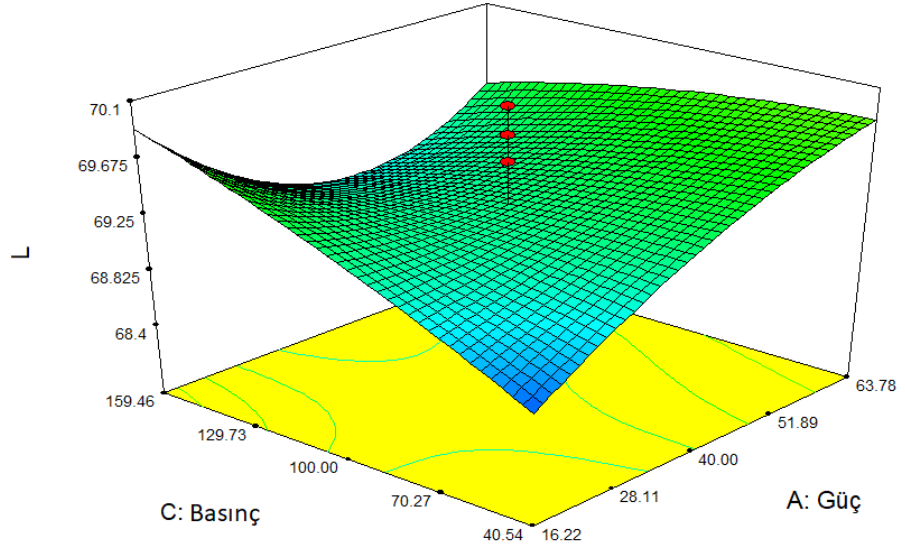
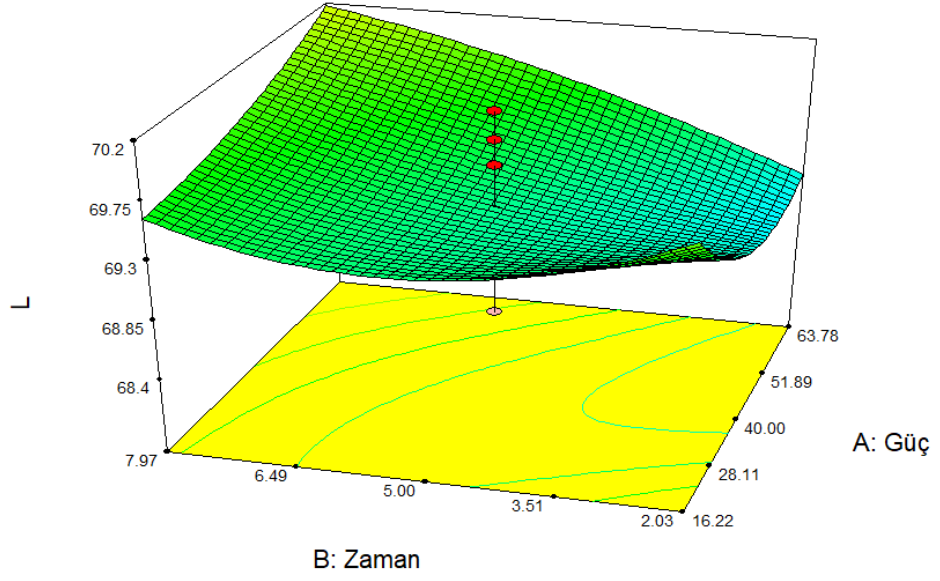
Yüksek basınçlı homojenizasyon ve ultrases işlemlerinin kombine olarak uygulandığı kenevir sütlerinde serum ayrılması %10 oranıyla en düşük miktarda HU4 örneğinde görülmüştür. Bu örnek 40 MPa'da homojenizasyon işlemi uygulandıktan sonra %20 amplitutta 2 dakika boyunca ultrases uygulanmıştır. Aynı partide üretilen kenevir sütünde 15 günün sonunda %75 serum ayrılması görülmüştür.

Şekil 4.11.'de kombine işlem uygulanan sütlerin 15. günde çekilmiş görüntüsü verilmiştir. HU10 örneğinde serum oldukça berrak bir görünüme sahiptir ve serum miktarı kontrol grubundan sonra %70 ile en kötü performansı göstermiştir. HU10 örneğine 40 MPa'da homojenizasyon işlemi uygulandıktan sonra, %20 amplitut 8 dakika süre boyunca ultrases uygulanmış ve diğer işlemlere kıyasla oldukça yüksek bir serum ayrılması görülmüştür. HU4 ve HU10 örneği gözönüne alındığında yüksek basınçlı homojenizasyon işlemi sonrasında uygulanacak ultrases işleminin süresinin çok önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. %20 genlikte 2 dakika ultrases işlemine tabi tutulan örnek en düşük serum ayrılmasını gösterirken aynı genlikte 8 dakika ultrases işlemi yüksek bir serum ayrılmasını göstermiştir.

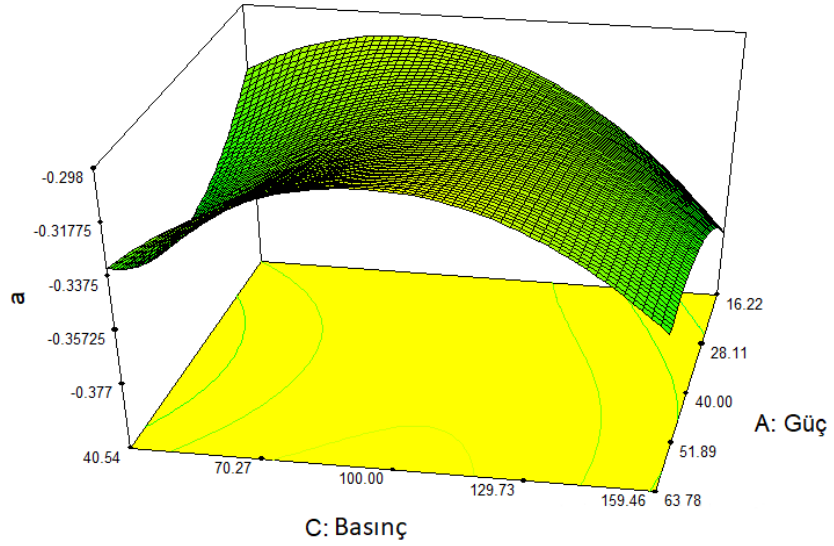
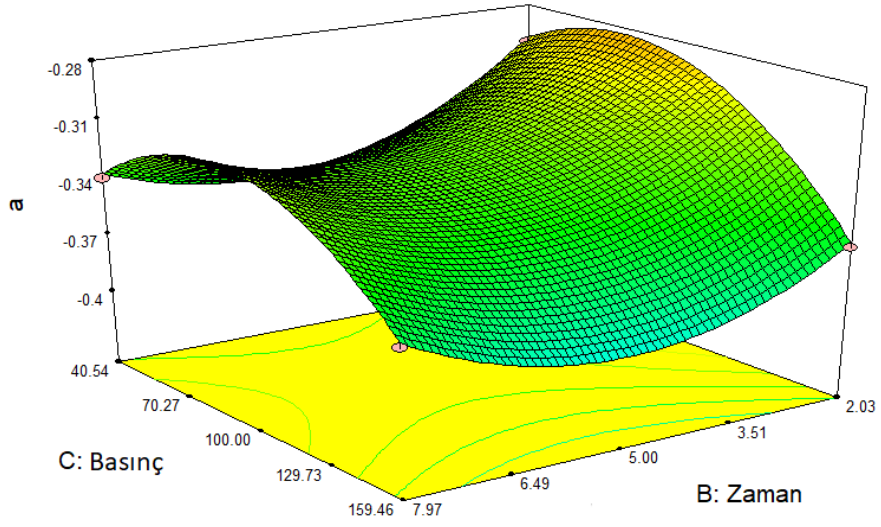
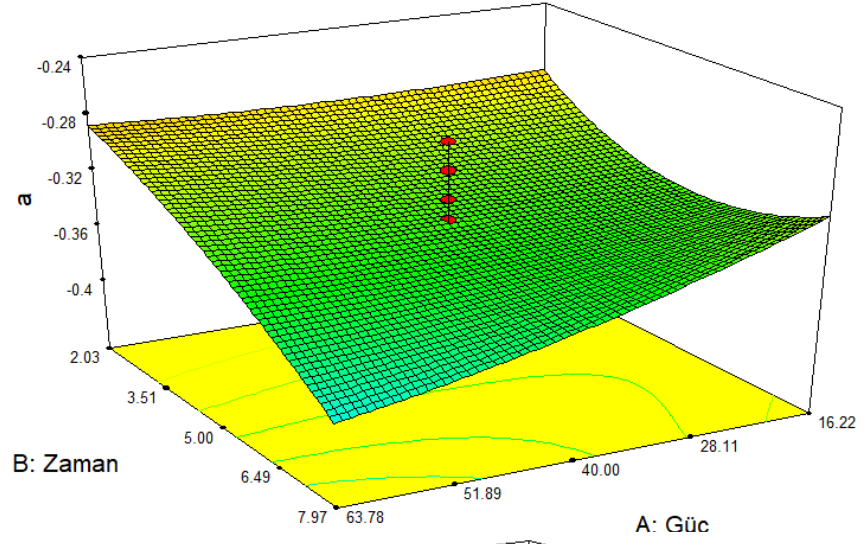


Şekil 4.11. HPH+US uygulanmış sütlerin serum ayrılması 15.gün

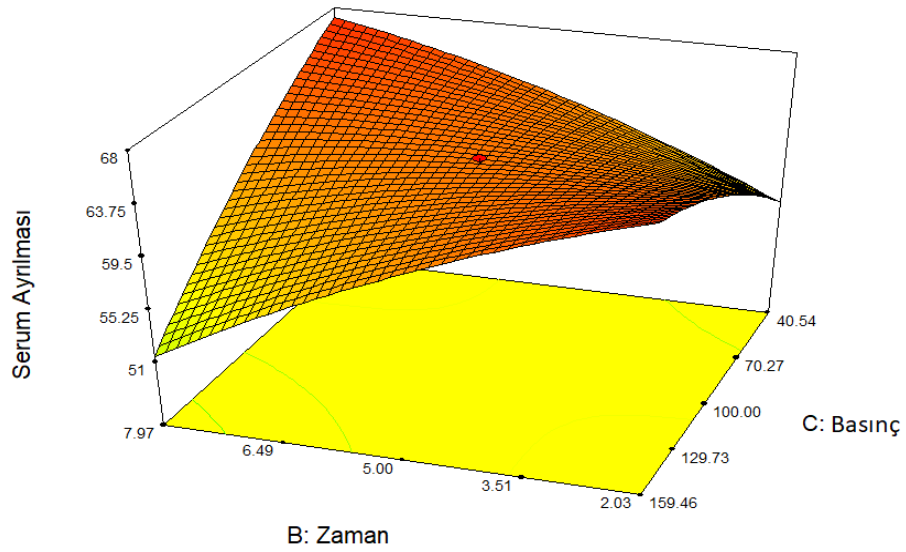
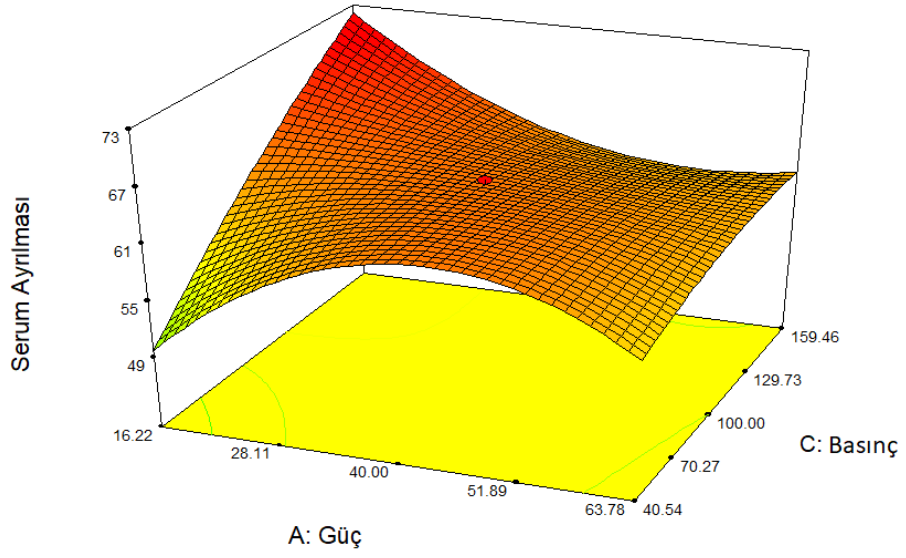
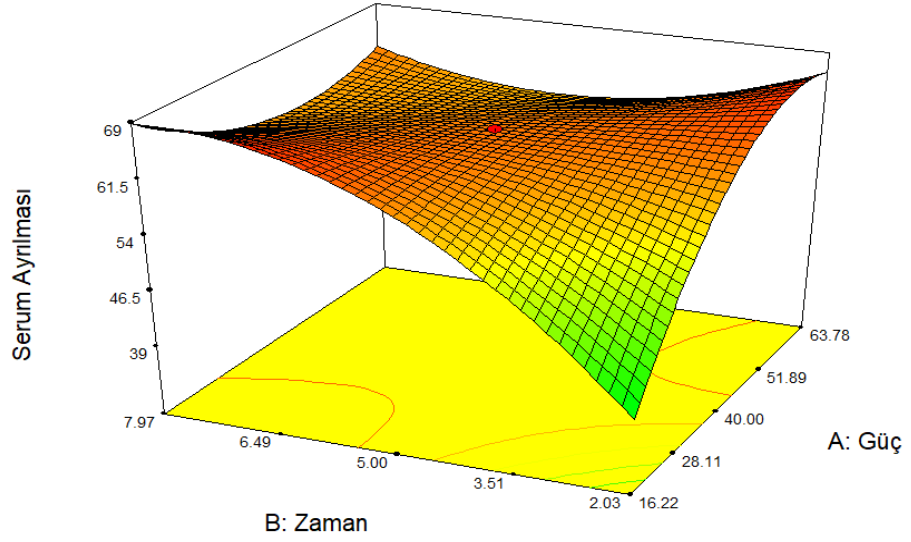
Kombine işlem uygulanan uygulanan kenevir sütlerinin oleik asit değeri incelendiğinde Kontrol-HU örneğinde söz konusu değer  $0.36 \pm 0.01$  olarak tespit edilmiş olup işlemin uygulandığı örnekler içinde en düşük değer  $0.28 \pm 0.02$  ile HU7 (100 MPa, 40 amplitut ve 5 dakika) ve HU8 (100 MPa, 40 amplitut ve 5 dakika) örneğinde tespit edilmiştir. HPH+US uygulanan sütlerin % oleik asit miktarı için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri Şekil 4.15.'te verilmiştir. Basıncın sabit kaldığı durumda ultrases gücü değişime neden olmazken, sürenin kısalması oleik asit miktarını bir miktar yükseltmiştir. Ultrases gücünün sabit olduğu durumda ise basınçtaki düşüş oleik asit miktarını yükseltmiştir ve sonuçlar istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).



Şekil 4.12. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenendir sütünin L\* değeri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri



Şekil 4.13. HPH+US kombine işlemi uygulanan sütlerin  $a^*$  değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğriler



Şekil 4.14. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenendir sütlerinin serum ayrılması miktarı için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri

HPH+US uygulanmış kenevir sütünün toplam oleik asit değeri yanıtı için model tarafından tahminlenen denklem

$$\begin{aligned} \text{Oleik Asit} = & +0.31 + (3.454E-003 * A) - (4.107E-003 * B) - (3.454E-003 * C) \\ & + (7.011E-003 * A * B) + (0.000 * A * C) - (7.011E-003 * B * C) + (2.139E-003 * A^2) \\ & + (7.097E-003 * B^2) + (2.139E-003 * C^2) \end{aligned}$$

şeklinde olup güç (A), zaman (B) ve basınç (C) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.

Kombine işlem uygulanmayan kontrol örneğinde viskozite değeri  $3.58 \pm 0.12$  mPa.s olup 20 denemeli model deseninde ise en düşük viskozite değeri  $3.08 \pm 0.02$  mPa.s olarak HU11 (100 MPa, 40 amplitut ve 5 dakika) örneğinde, en yüksek viskozite  $4.49 \pm 0.28$  değeri olarak HU5 (40 MPa, 25 amplitut ve 8 dakika) örneğinde tespit edilmiştir. Uygulanan HPH+US işleminin, kenevir sütü örneklerinin viskozite değeri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri Şekil 4.16'da verilmiştir. Modelde basınç ve zaman değişkenlerinin viskozite değerleri üzerine anlamlı bir etkisi olmamıştır ( $p > 0.05$ ). Basınç değeri sabitken ultrases gücündeki artış viskozite değerini yükseltmiştir ( $p < 0.05$ ).

HPH+US uygulanmış kenevir sütünün toplam viskozite değeri yanıtı için model tarafından tahminlenen denklem

$$\begin{aligned} \text{Viskozite} = & +3.36 + (0.15 * A) + (0.10 * B) - (0.012 * C) + (0.20 * A * B) - (0.072 * A * C) - \\ & (0.012 * B * C) + (0.13 * A^2) + (0.096 * B^2) + (0.093 * C^2) \end{aligned}$$

şeklinde olup güç (A), zaman (B) ve basınç (C) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.

Kombine işlem uygulanmayan kontrol örneğinde DPPH miktarı  $0.24 \pm 0.01$  mM troloks 20 denemeli model deseninde ise en düşük DPPH miktarı  $0.21 \pm 0.01$  mPa.s olarak H14 (100 MPa, 80 amplitut ve 5 dakika), en yüksek DPPH miktarı  $0.34 \pm 0.01$  değeri olarak HU1 (40 MPa, 25 amplitut ve 8 dakika) örneğinde tespit edilmiştir.

Kombine HPH+US işleminin uygulandığı kenevir sütlerinin DPPH miktarı için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri Şekil 4.17'de verilmiştir. Ultrases gücü sabit

kaldığında basınçtaki artış DPPH miktarını arttırılmıştır. Ancak sonuçlar istatistiki açıdan önemsiz ( $p>0.05$ ) bulunmuştur.

HPH+US uygulanmış kenevir sütünün toplam DPPH yanıtı için model tarafından tahminlenen denklem

$$\text{DPPH} = +0.26 - (1.765\text{E-}003 * A) - (1.609\text{E-}003 * B) + (0.017 * C) - (3.735\text{E-}003 * A * B) + (0.010 * A * C) - (6.326\text{E-}003 * B * C) - (4.159\text{E-}003 * A^2) + (9.063\text{E-}003 * B^2) + (5.938\text{E-}003 * C^2)$$

şeklindedir ve güç (A), zaman (B) ve basınç (C) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.

Kombine işlem uygulanmayan kontrol örneğinde fenolik madde miktarı  $192.74 \pm 2.80$  mg ga/kg olarak hesaplanmıştır. 20 denemeli model deseninde ise en düşük fenolik madde miktarı  $163.63 \pm 4.26$  mg ga/kg olarak HU3 (160 MPa, 20 amplitut ve 2 dakika), en yüksek fenolik madde miktarı  $234.00 \pm 1.32$  değeri olarak HU1 (40 MPa, 25 amplitut ve 8 dakika) örneğinde tespit edilmiştir.

Kombine HPH+US işleminin uygulandığı kenevir sütlerinin toplam fenolik madde miktarı için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri Şekil 4.18’de verilmiştir. Güçteki artış fenolik madde miktarını bir miktar arttırsa da sonuçlar istatistiki olarak önemsiz ( $p>0.05$ ) bulunmuştur. HPH+US uygulanmış kenevir sütünün toplam fenolik madde miktarı yanıtı için model tarafından tahminlenen denklem

$$\text{Toplam Fenolik Madde} = +183.36 + (3.89 * A) - (2.62 * B) + (3.92 * C) - (8.91 * A * B) + (5.04 * A * C) - (4.52 * B * C) - (1.06 * A^2 + 3.77 * B^2) - (0.23 * C^2)$$

şelindedir ve güç (A), zaman (B) ve basınç (C) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.

İşlem uygulanmayan kontrol örneği için sineresis değeri %72.93 olarak hesaplanmıştır. Kombine HPH+US işlemi uygulanan kenevir sütleri örneklerinde en düşük sineresis değeri %70.55 değeri HU5 (40 MPa, 65 amplitut ve 8 dakika) örneğinde, en yüksek sineresis değeri %74.26 ile HU2 (160 MPa, 20 amplitut ve 8 dakika) örneğinde tespit edilmiştir. Kombine uygulanan işlemlerin sineresis değeri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri Şekil 4.19’da verilmiştir. Ultrases gücü

sabit kaldığında sürenin kısalması sineresis değerini azaltmıştır. Basıncın sabit olduğu durumda gücün artması sineresis miktarını azaltmıştır. Sonuçlar istatistiki olarak önemsiz ( $p>0.05$ ) bulunmuştur. HPH+US uygulanmış kenevir sütünün sineresis miktarı yanıtı için model tarafından tahminlenen denklem

$$\text{Sineresis} = +72.85 - (0.40 * A) + (0.14 * B) + (0.29 * C) + (0.037 * A * B) + (0.33 * A * C) + (0.25 * B * C) - (0.056 * A^2) - (0.35 * B^2) + (3.009E-004 * C^2)$$

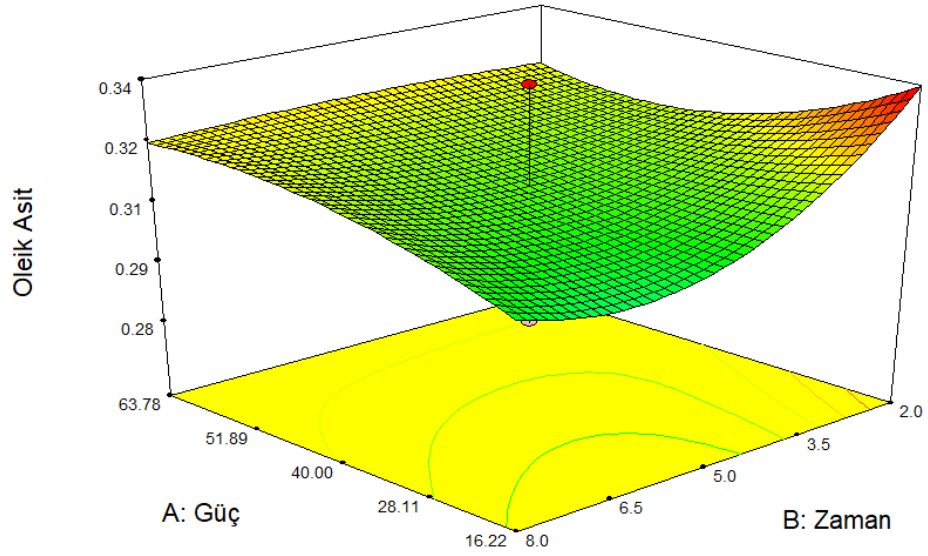
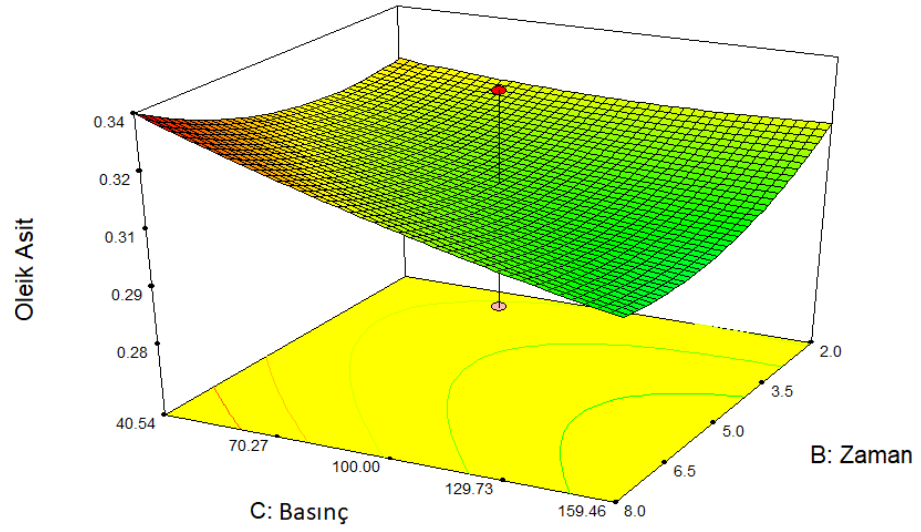
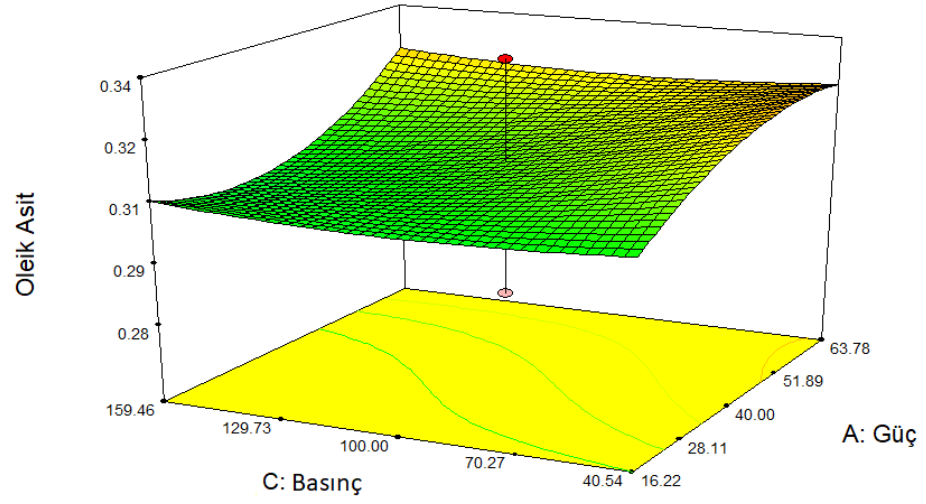
şeklinde olup güç (A), zaman (B) ve basınç (C) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.

Kombine işlem uygulanmamış kontrol örneğine ait parçacık boyutu  $D_x(90)$  14  $\mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir. Kombine HPH+US işlemi uygulanan kenevir sütü örneğinde en yüksek  $D_x(90)$  değeri 13.18  $\mu\text{m}$  olarak HU13 (200 MPa, 40 amplitut ve 5 dakika) örneğinde, en düşük değer 10.5  $\mu\text{m}$  ile HU1 (160 MPa, 65 amplitut ve 2 dakika) HU9 (160 MPa, 65 amplitut ve 8 dakika) ve HU15 (100 MPa, 40 amplitut ve 10 dakika) örneklerinde tespit edilmiştir. Kombine uygulanan işlemlerin kenevir süt örneklerinden elde edilen değer için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri Şekil 4.20’de verilmiştir. Ultrases gücünün ya da zamanın sabit kaldığı durumlarda basıncın artması  $D_x(90)$  değerini küçültmüştür. Sonuçlar istatistiki açıdan önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

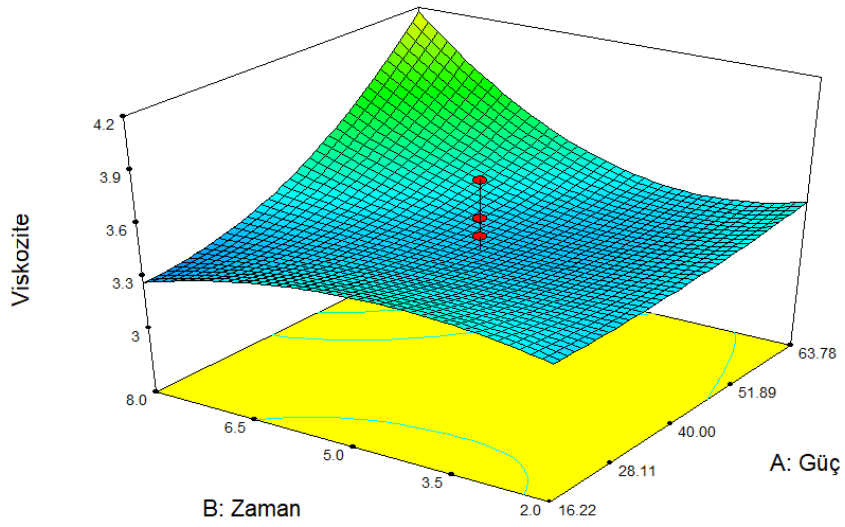
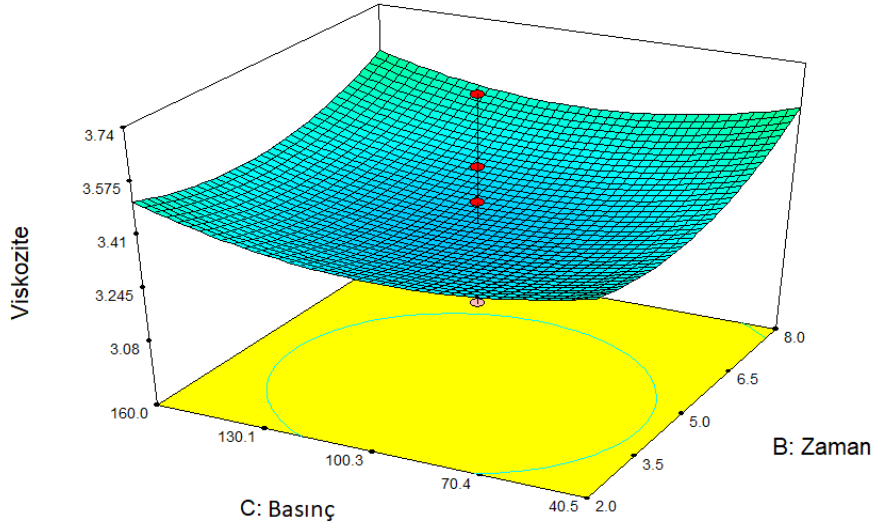
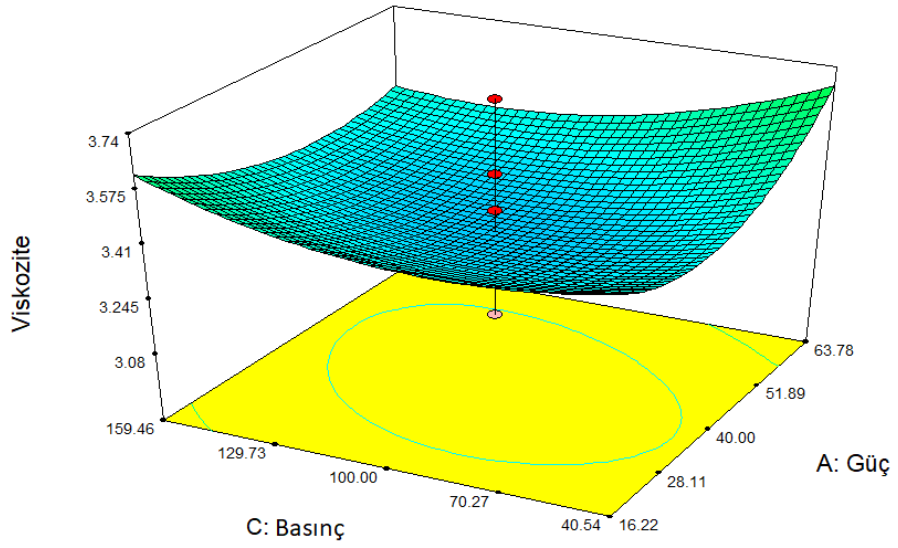
HPH+US uygulanmış kenevir sütünün  $D_x(90)$  boyutu yanıtı için model tarafından tahminlenen denklem

$$D_x(90) = +11.93 + (0.088 * A) - (0.24 * B) - (0.46 * C) + (0.13 * A * B) - (0.25 * A * C) + (0.30 * B * C) - (0.17 * A^2) - (0.43 * B^2) + (0.68 * C^2)$$

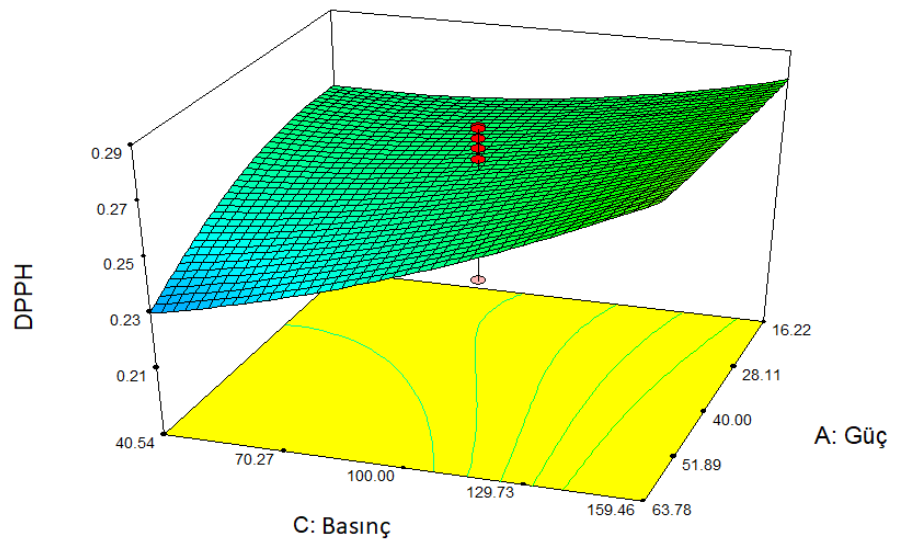
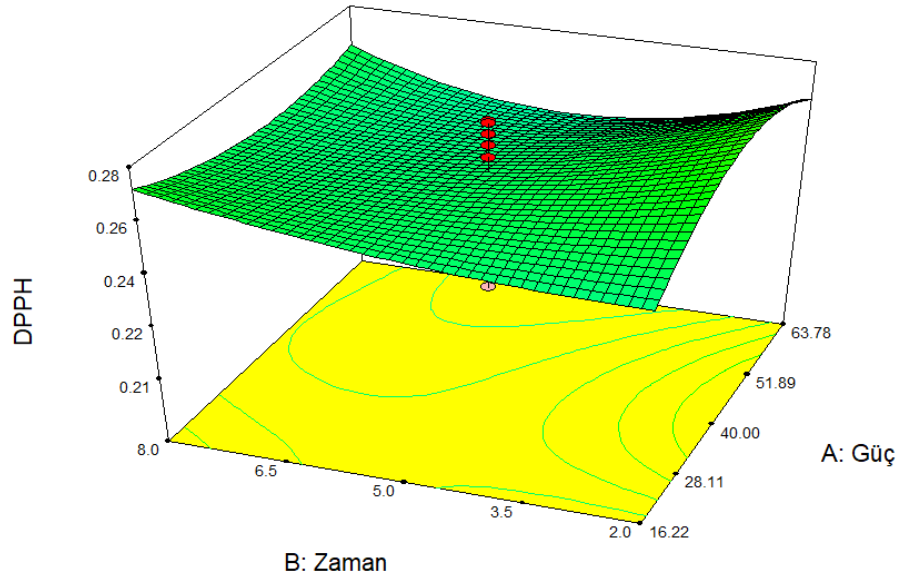
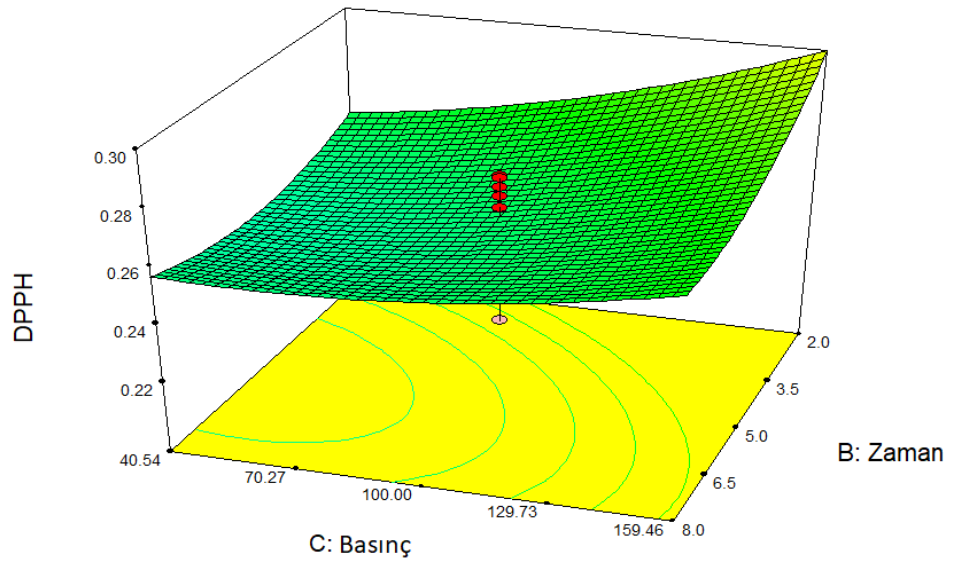
şeklinde olup güç (A), zaman (B) ve basınç (C) değişkenlerinin çizgisel ve kuadratik interaksiyonlarından oluşmaktadır.



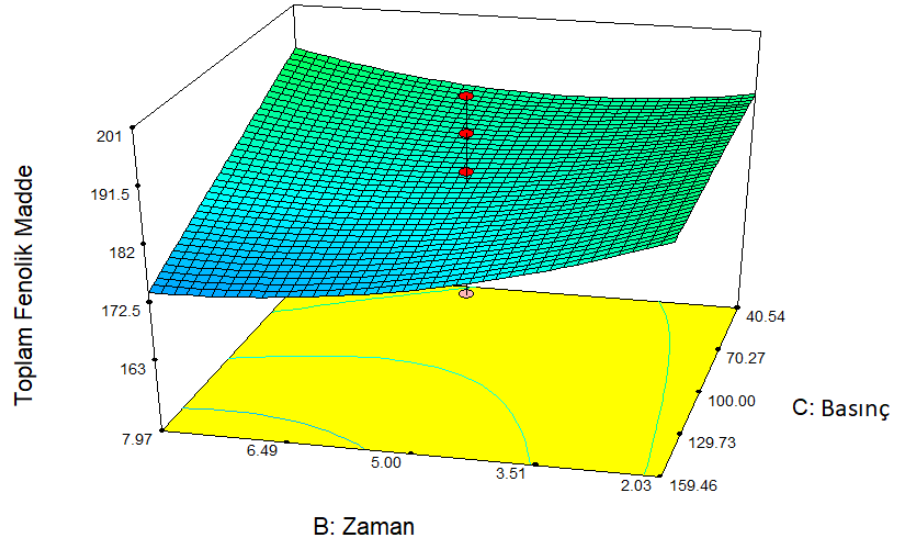
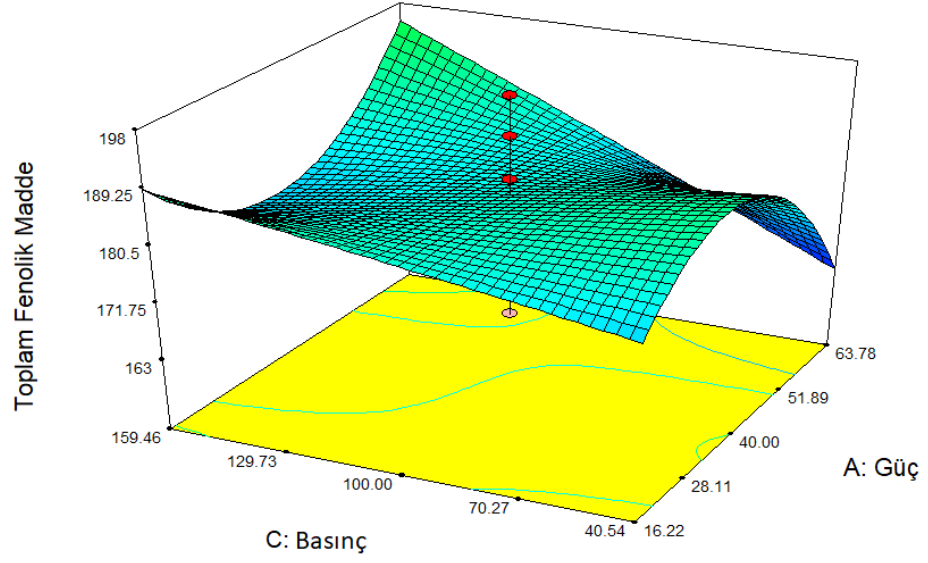
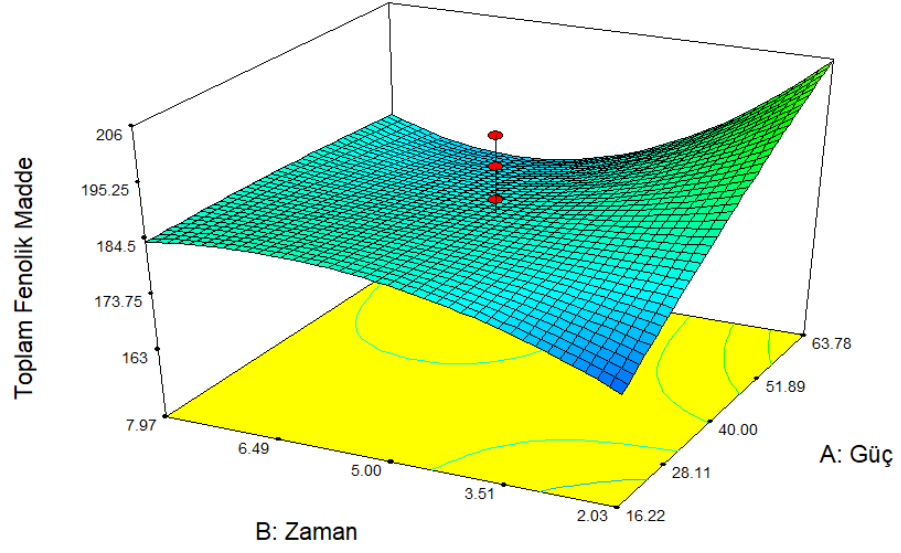
Şekil 4.15. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenevir sütlerinin % oleik asit miktarı için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri



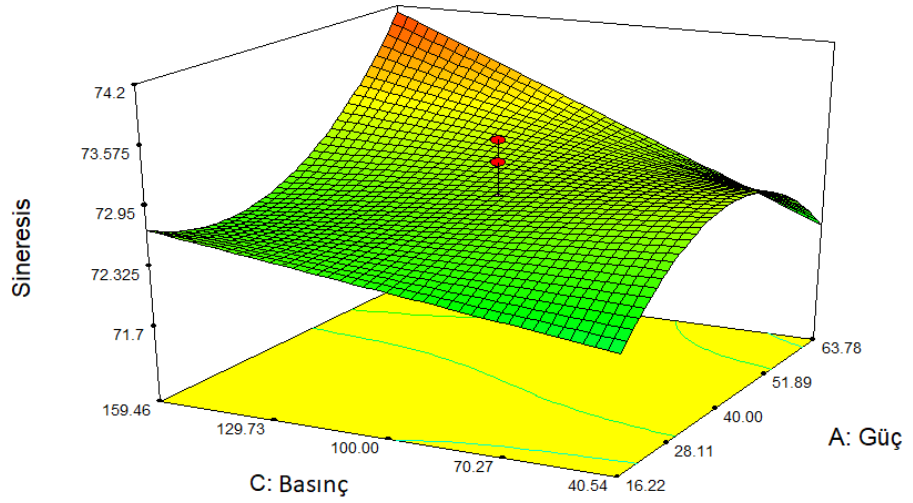
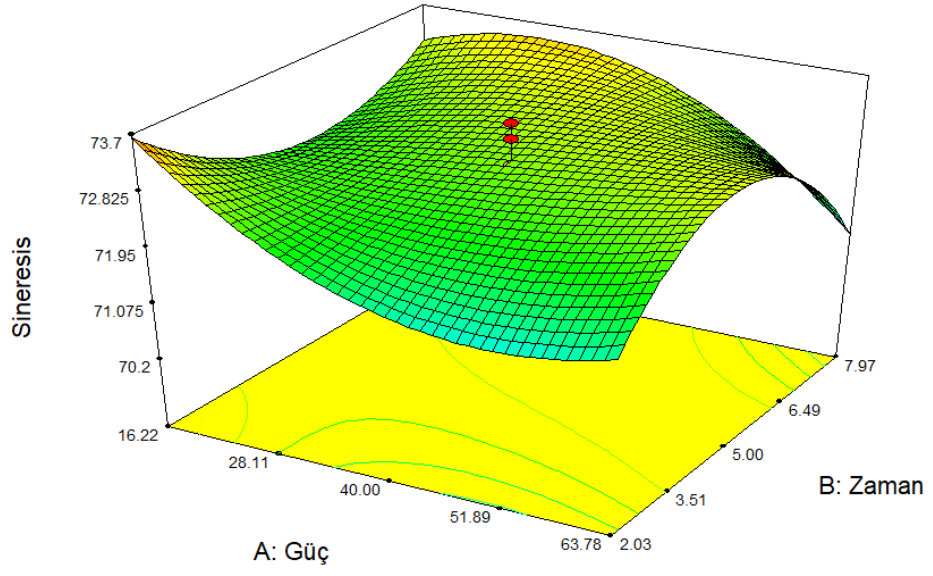
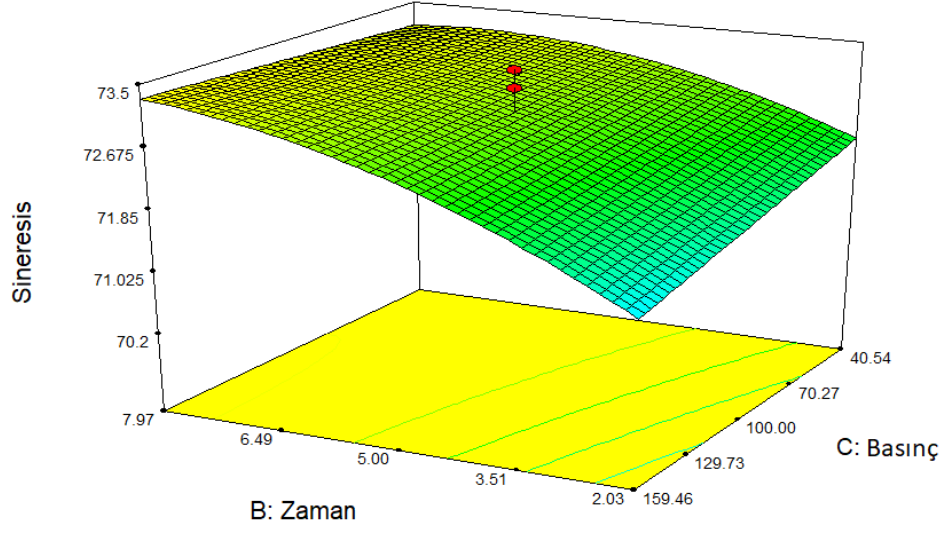
Şekil 4.16. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenevir sütlerinin viskozite değeri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri



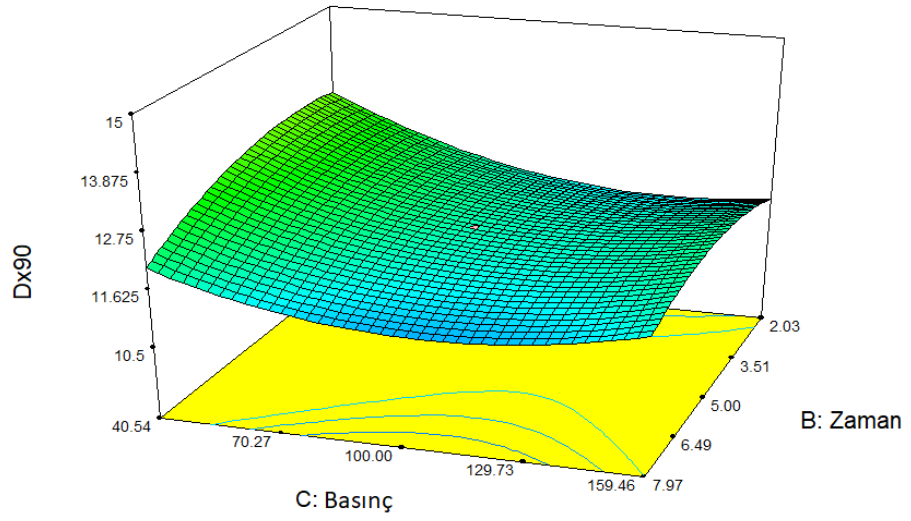
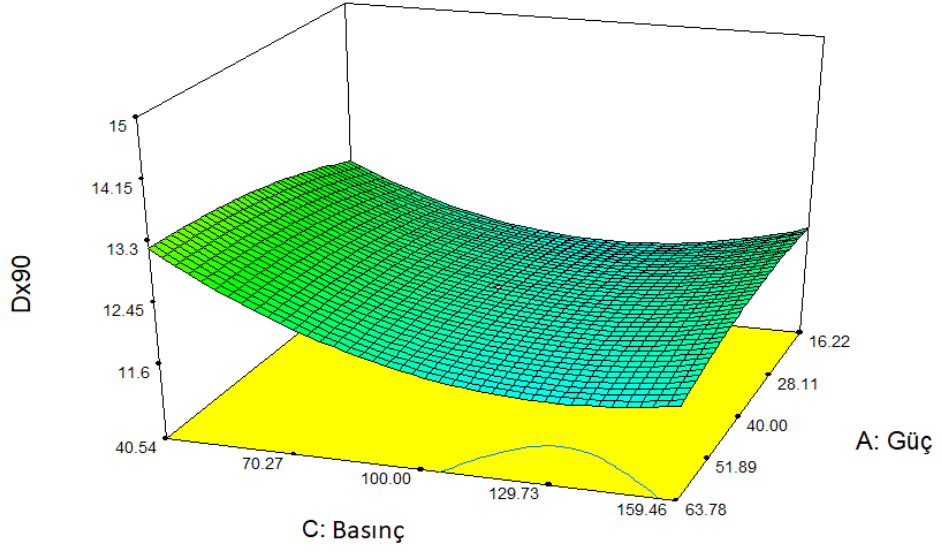
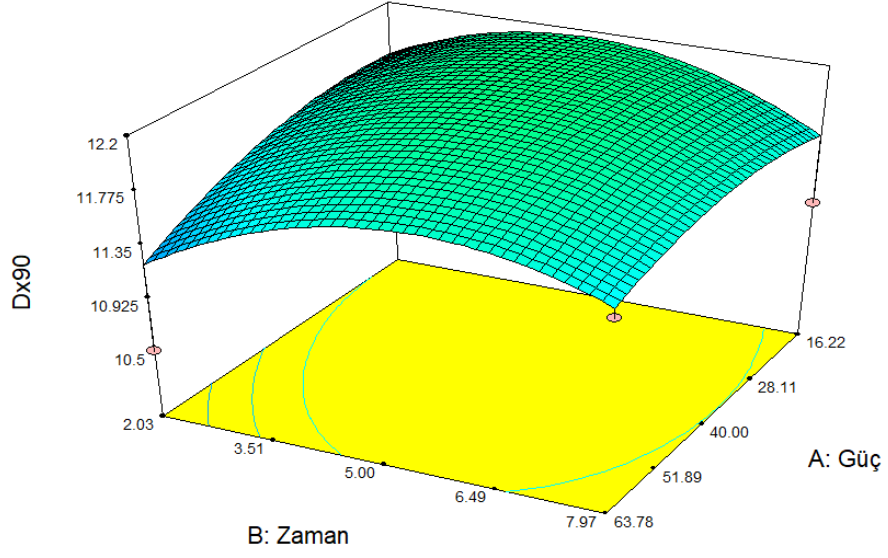
Şekil 4.17. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenendir sütlerinin DPPH miktarı için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri



Şekil 4.18. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenendir sütlerinin toplam fenolik madde miktarı için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri



Şekil 4.19. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenendir sütlerinin sineresis değeri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri



Şekil 4.20. HPH+US kombine işlemi uygulanan kenendir sütlerinin için Dx(90) değeri yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri

US ve HPH'nin kombinasyon halinde uygulanması düşük ve orta enerji yoğunluğunda uygulanmasına rağmen çoğu durumda yüksek enerji yoğunluğundaki tek başına US veya HPH uygulamalarına kıyasla daha stabil ve daha düşük partikül boyutuna sahip nano emülsiyonlar oluşturduğu görülmüştür (Calligaris vd., 2016).

#### 4.5. Homojenizasyon İşlemi Uygulanan Kenevir Sütü Sonuçları

Homojenizasyon işlemi uygulanan kenevir sütlerinin analiz sonuçları ve standart sapmaları Tablo 4.11.'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testi sonucu aralarında istatistiki olarak fark bulunan gruplar ( $p<0.05$ ) aynı sütunda farklı harflerle belirtilmiştir.

Homojenizasyon işlemi uygulanan kenevir sütünün  $L^*$  değerinde görülen artış istatistiki açıdan önemlidir ( $p<0.05$ ). En düşük  $L^*$  değeri  $67.60\pm 0.26$  ile kontrol grubu (H-K) örneğinde görülürken bu değer homojenizasyon işlemi uygulanan sütlere göre önemli ölçüde düşük bulunmuştur. Basıncın 25-75 MPa aralığında artırılması kenevir sütünün beyazlık indeksinde önemli bir değişikliğe sebep olmazken, en yüksek  $L^*$  değeri  $73.15\pm 0.05$  ile 200 MPa basınç uygulanan H8 örneğinde bulunmuştur.

Homojenizasyon uygulaması kenevir sütünün  $a^*$  değerini etkilemiştir. En yüksek  $a^*$  değeri  $-0.61\pm 0.00$  ile kontrol grubu sütte görülürken, en düşük değer  $-0.96\pm 0.04$  ile 175 MPa basınç uygulanan H7 örneğinde bulunmuştur. Homojenizasyon işlem basıncındaki artış kenevir sütünün  $a^*$  değerini istatistiki açıdan anlamlı şekilde düşürmüştür ( $p<0.05$ ).

Kenevir sütlerinin  $b^*$  değeri ve  $\Delta E$  değerleri de homojenizasyon basıncındaki değişimden etkilenmiştir ve ölçümlerin ortalamaları arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir ( $p<0.05$ ). Homojenizasyon basıncındaki artış mavilik ve sarılığı ölçen  $b^*$  değerini düşürürken, sütlerin homojenizasyon işlemi uygulanmayan kontrol grubu süte göre farklılığını ölçen  $\Delta E$  değeri basıncındaki artışla birlikte artmıştır.

Gıda ürünlerinin rengi tüketicinin o gıdayı kabul edip reddetmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yapılan çalışmada kavrulmuş ve kavrulmamış yer fıstığı sütlerine homojenizasyon işlemi uygulanmış ve  $L^*$  indeksinin homojenizasyon işlemiyle birlikte arttığı görülmüştür (Zaaboul vd., 2019).

Bernat vd. (2014), yaptıkları çalışmada badem sütü ve fındık sütüne homojenizasyon işlemi uygulamış ve homojenizasyon basıncının sütlerin L\* indeksini önemli ölçüde arttırdığını bulmuşlardır. Homojenizasyon işleminin sütte bulunan partiküllerin sayısı ve boyutu etkileyerek ışığın yansımaya katkıda bulunduğundan dolayı beyazlık indeksinin önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir.

Kenevir sütlerinin görünür viskozite değeri homojenizasyon işleminden etkilenmemiştir. En düşük viskozite değeri  $2.95 \pm 0.02$  mPa.s ile 125 MPa basınç uygulanan H5 örneğinde ölçülürken, en yüksek viskozite değeri  $3.41 \pm 0.36$  mPa.s ile 175 MPa basınç uygulanan H7 örneğinde ölçülmüştür. Sonuçlar istatistiki olarak anlamlı değildir ( $p > 0.05$ ).

Tablo 4.11. Homojenizasyon işlemi uygulanan kenevir sütü analiz sonuçları ve standart sapmaları

	L*	a*	b*	$\Delta E$	Viskozite (mPa.s)	Oleik (%)	pH	Fenolik (mg ga/kg)	DPPH (mM Troloks)	Sineresis (%)	Serum (%)	Dx(90) ( $\mu m$ )
H-K	67.60±0.26 <sup>a</sup>	-0.61±0.00 <sup>d</sup>	7.75±0.01 <sup>g</sup>	-	3.15±0.30 <sup>a</sup>	0.28±0.01 <sup>b</sup>	6.87±0.02 <sup>a</sup>	165.27±3.87 <sup>a</sup>	0.29±0.02 <sup>bc</sup>	74.12±0.57 <sup>a</sup>	69.87±0.32 <sup>g</sup>	13.13±0.21 <sup>c</sup>
H1	70.46±0.13 <sup>b</sup>	-0.85±0.02 <sup>bc</sup>	6.87±0.15 <sup>e</sup>	3.01±0.40 <sup>a</sup>	3.07±0.12 <sup>a</sup>	0.25±0.01 <sup>a</sup>	6.90±0.01 <sup>b</sup>	176.60±4.04 <sup>b</sup>	0.28±0.01 <sup>bc</sup>	79.11±0.50 <sup>d</sup>	68.44±0.09 <sup>f</sup>	10.30±0.10 <sup>b</sup>
H2	70.48±0.12 <sup>b</sup>	-0.81±0.00 <sup>c</sup>	7.17±0.02 <sup>f</sup>	2.95±0.37 <sup>a</sup>	3.04±0.20 <sup>a</sup>	0.28±0.00 <sup>b</sup>	6.91±0.00 <sup>b</sup>	181.75±4.42 <sup>bc</sup>	0.30±0.03 <sup>c</sup>	78.05±0.19 <sup>c</sup>	64.88±0.12 <sup>e</sup>	10.27±0.06 <sup>b</sup>
H3	70.45±0.06 <sup>b</sup>	-0.85±0.03 <sup>bc</sup>	6.48±0.04 <sup>d</sup>	3.14±0.17 <sup>a</sup>	3.16±0.26 <sup>a</sup>	0.28±0.01 <sup>b</sup>	6.92±0.01 <sup>b</sup>	174.20±0.40 <sup>ab</sup>	0.20±0.02 <sup>a</sup>	76.37±0.17 <sup>b</sup>	63.53±0.21 <sup>d</sup>	10.27±0.06 <sup>b</sup>
H4	71.84±0.10 <sup>c</sup>	-0.91±0.00 <sup>ab</sup>	6.28±0.02 <sup>c</sup>	4.50±0.20 <sup>b</sup>	3.04±0.18 <sup>a</sup>	0.28±0.00 <sup>b</sup>	6.92±0.01 <sup>b</sup>	177.61±0.72 <sup>bc</sup>	0.28±0.02 <sup>bc</sup>	77.58±0.29 <sup>c</sup>	60.07±0.12 <sup>c</sup>	10.27±0.06 <sup>b</sup>
H5	72.46±0.04 <sup>d</sup>	-0.87±0.01 <sup>bc</sup>	6.14±0.02 <sup>c</sup>	5.13±0.25 <sup>bc</sup>	2.95±0.02 <sup>a</sup>	0.25±0.01 <sup>a</sup>	6.91±0.01 <sup>b</sup>	181.48±1.89 <sup>bc</sup>	0.25±0.03 <sup>abc</sup>	74.55±0.32 <sup>a</sup>	60.13±0.11 <sup>c</sup>	10.43±0.06 <sup>b</sup>
H6	72.54±0.05 <sup>d</sup>	-0.89±0.01 <sup>ab</sup>	5.91±0.01 <sup>ab</sup>	5.29±0.28 <sup>bc</sup>	3.17±0.24 <sup>a</sup>	0.31±0.01 <sup>c</sup>	6.92±0.01 <sup>b</sup>	182.69±2.51 <sup>bc</sup>	0.22±0.01 <sup>a</sup>	74.00±0.10 <sup>a</sup>	58.01±0.31 <sup>b</sup>	10.37±0.06 <sup>b</sup>
H7	72.77±0.26 <sup>dc</sup>	-0.96±0.04 <sup>a</sup>	5.93±0.02 <sup>b</sup>	5.50±0.42 <sup>c</sup>	3.41±0.36 <sup>a</sup>	0.28±0.01 <sup>b</sup>	6.91±0.01 <sup>b</sup>	196.78±5.86 <sup>d</sup>	0.20±0.01 <sup>a</sup>	75.69±0.18 <sup>b</sup>	58.33±0.00 <sup>b</sup>	10.33±0.06 <sup>b</sup>
H8	73.15±0.05 <sup>e</sup>	-0.90±0.06 <sup>ab</sup>	5.76±0.05 <sup>a</sup>	5.91±0.30 <sup>c</sup>	3.25±0.02 <sup>a</sup>	0.28±0.00 <sup>b</sup>	6.92±0.00 <sup>b</sup>	186.05±1.47 <sup>c</sup>	0.23±0.02 <sup>ab</sup>	73.64±0.21 <sup>a</sup>	56.73±0.07 <sup>a</sup>	9.48±0.03 <sup>a</sup>

H-K: Kontrol grubu, H1: 25 MPa, H2: 50 MPa, H3:75 MPa, H4: 100 MPa, H5:125 MPa, H6 150 MPa, H7 175 MPa, H8:200 MPa  
Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki açıdan önemlidir (p<0.05).

Kenevir sütlerinin titrasyon asitliği miktarı oleik asit cinsinden hesaplanmıştır. Homojenizasyon işlemi uygulanan kenevir sütlerinin titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde bazı örnekler arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). En yüksek titrasyon asitliği değeri  $0.31\pm 0.01$  oleik asit ile H5 örneğinde görülürken en düşük titrasyon asitliği  $0.25\pm 0.01$  oleik asit ile H1 ve H6 örneğinde tespit edilmiştir. H-K, H2, H3, H4, H7 ve H8 örneği karşılaştırıldığında bu örnekler arasında istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerin pH değerleri 6.91 ile 6.93 arasındayken, titrasyon asitliği değerleri oleik asit cinsinden  $0.25$  ile  $0.31$  arasındadır. En düşük pH değeri  $6.87\pm 0.02$  ile homojenizasyon işlemi uygulanmayan kontrol grubu sütte tespit edilmiştir. Homojenizasyon işlemi uygulanan kenevir sütlerini pH değerleri, kontrol grubu süte daha yüksek bulunmuştur ve bu farkın istatistiki açıdan anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Homojenizasyon basıncının 25 MPa'dan 200 MPa'ya çıkması sırasında pH'da görülen değişim istatistiki açıdan önemsizdir ( $p>0.05$ ).

Szparaga vd. (2019), yaptıkları çalışmada kenevir sütünden fermente içecek üretmişlerdir ve kenevir sütünün fermantasyon öncesi pH değerlerini 6.79 ve 6.81 olarak ölçmüşlerdir.

Homojenizasyon işlemi kenevir sütlerini toplam fenolik madde içeriğinde değişikliğe sebep olmuştur ve bu değişim istatistiki açıdan önemlidir ( $p<0.05$ ). Kontrol grubu örneğin toplam fenolik madde içeriği en düşük değere sahiptir ve  $165.27\pm 3.87$  mg ga/kg olarak bulunmuştur. En yüksek toplam fenolik madde içeriği  $196.78\pm 5.86$  mg ga/kg olarak H7 örneğinde tespit edilirken, H8 örneğinde bu değer  $186.05\pm 1.47$  mg ga/kg olarak hesaplanmıştır.

Homojenizasyon işleminin kenevir sütünün DPPH miktarına olan etkisi istatistiki açıdan anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). En yüksek DPPH miktarı  $0.30\pm 0.03$  mM troloks ile H2 ve  $0.29\pm 0.02$  mM troloks ile H-K örneklerinde bulunurken, en düşük miktarlar  $0.20\pm 0.01$  mM troloks ile H7 ve  $0.20\pm 0.02$  mM troloks ile H3 örneğinde bulunmuştur.

Homojenizasyon işlemi sineresis miktarı üzerinde istatistiki açıdan anlamlı bir değişikliğe sebep olmuştur ( $p<0.05$ ). En yüksek sineresis miktarı  $79.11\pm 0.50$  ile

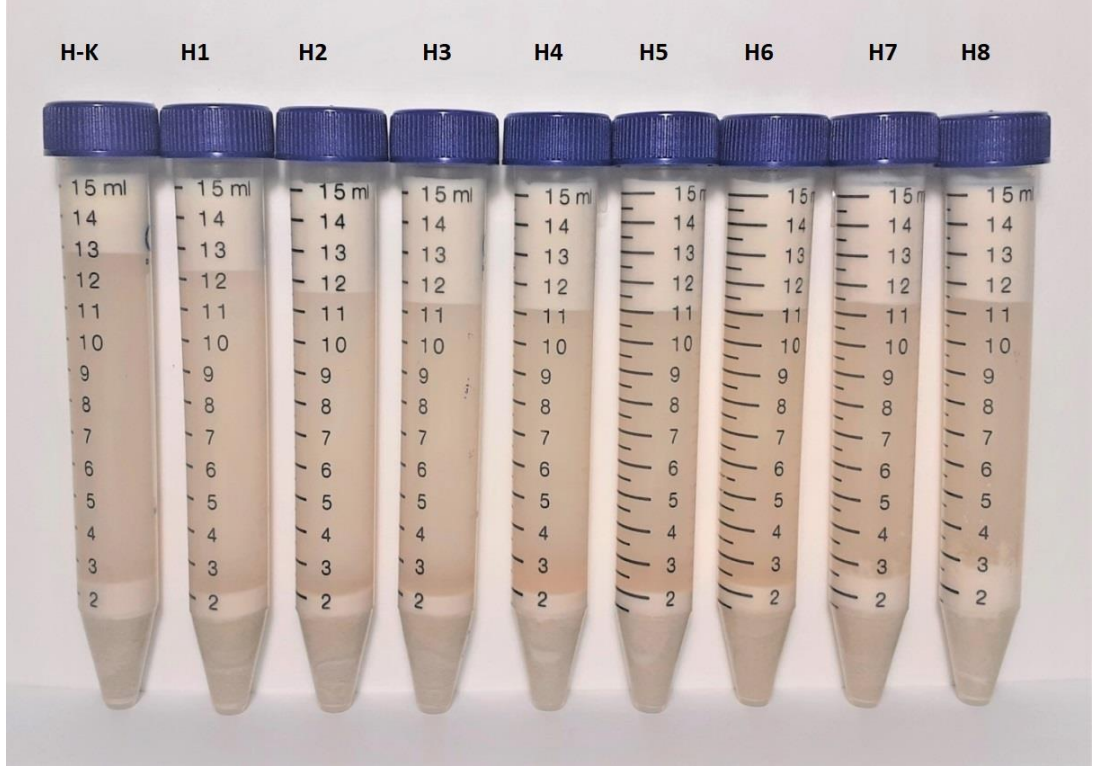
H1 örneğinde görülürken en düşük sineresis miktarı %73.64±0.21 ile en yüksek basınç uygulanan H8 örneğinden elde edilmiştir.

Kenevir sütlerine uygulanan homojenizasyon işlemi serum ayrılması miktarını önemli ölçüde azaltmıştır. Sonuçlar istatistiki açıdan anlamlıdır ( $p<0.05$ ). En yüksek serum ayrılması %69.87±0.32 ile kontrol grubunda görülürken basınçtaki artışla beraber serum ayrılması miktarı azalmıştır. Basıncın 100 mPa'a çıkarılmasıyla %60.07±0.12 serum ayrılması görülürken, 200 MPa basınç uygulanan kenevir sütünde 15 günlük depolamanın ardından %56.73±0.07 serum ayrılması görülmüştür.

Kenevir sütlerinde görülen serum ayrılması uygulanan işlemlerden bağımsız olarak tüpün dip kısmında yoğunluğu yüksek partiküllerin çökmesi, orta kısımda serum fazı ve en üstte yağ oranı yüksek parçacıkların oluşturduğu üç ayrı katman halinde belirmiştir.

Yüksek basınçlı homojenizasyon işlemi uygulanan sütlerde 4 °C'de 15 gün depolama sonucunda görülen serum ayrılması Şekil 4.21.'de verilmiştir. En yüksek serum ayrılması %70 ile kontrol grubu sütte görülürken en düşük serum ayrılması %56,67 oranı 200 MPa basınç uygulanan sütte görülmüştür. Sütlerde oluşan serum ayrılması miktarı, 200 MPa'a kadar uygulanan homojenizasyon basıncındaki artışa ters orantılı olarak azalmıştır.

Bernat vd. (2014), yaptıkları çalışmada ısı işlem ve homojenizasyon uyguladıkları badem ve fındık sütlerini 28 gün boyunca 4 °C'de depolamışlardır. Serum ayrılması sırasında oluşan kümelenmelerin protein-yağ oranı bu kümelenmelerin yoğunluğunu belirlediğini bildirmişlerdir. Badem sütünde karşılaşılan yüksek protein-yağ oranına sahip kümelenmeler daha çok tüpün dip kısmında görülürken, serum fazı tüpün üst kısmında ayrılmıştır. Aynı işlemlerin uygulandığı fındık sütünde görülen faz ayrımı ise daha düşük protein-yağ oranına sahip olduğu için serum fazının üstünde kremalaşma şeklinde görülmüştür ve ağır partiküller bir miktar tüpün dip kısmında çökelmiştir. Protein ve lipit agregatlarında hangi bileşen fazlaysa tüpteki migrasyon yoğunluğa bağlı olarak aşağı ya da yukarı yönlü olmaktadır. Isıl işlemle birlikte yüksek basınçlı homojenizasyon uygulanması sütlerdeki serum ayrılmasını azaltmıştır. Kenevir sütünde görülen faz ayrımı, bu çalışmadaki fındık sütünde görülen faz ayrımına benzemektedir.



Şekil 4.21. HPH uygulanmış sütlerin serum ayrılması 15. gün

Dx(90) değeri kenevir sütünün partikül boyutu ölçüm sonuçlarına göre parçacıkların %90'mın belirtilen çapın altında olduğunu göstermektedir. Kontrol grubu kenevir sütünün Dx(90) değeri en büyük boyuta sahip ve  $13.13 \pm 0.21 \mu\text{m}$  iken, H8 örneği  $9.48 \pm 0.03 \mu\text{m}$  ile en düşük boyuta sahiptir. Ortalamalar arasındaki fark istatistiki açıdan anlamlıdır ( $p < 0.05$ ).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kenevir çok yönlü bir bitki olmasına karşın ülkemizde daha çok lifleri için üretilmektedir. Bitkinin gıda olarak kullanabilen kısmı daha çok tohumlarıdır. Bitki gıda olarak tüketime konu olan tohumları için değil, lifleri için üretiliyor olsa bile hasat sonrası tohumlar elde edilmektedir. Ülkemizde üretilen tohumlar şimdilik sonraki yılın tohumu olarak kullanılmaktadır ancak ilerleyen dönemlerde söz konusu tohumların gıda ürünlerine işlenmesi kaçınılmazdır. Tez kapsamında kenevir sütünün üretimi ve başta serum ayrılması olmak fizikokimyasal özellikleri üzerine temel işlemlerin etkinliğinin ortaya konulması, kenevir tohumu ürünleri üzerine ortaya çıkacak endüstri için önem arz etmektedir.

Kenevir tohumlarından elde edilen gıda ürünleriyle ilgili çalışmalar daha çok kenevir yağı üzerinedir. Kenevir sütü konusunda çalışmalar oldukça sınırlıdır. Kenevir sütü sağlık yönünden faydaları olan, ferahlatıcı, lezzetli ve çeşitli sebeplerle inek sütü tüketmeyen insanlar tarafından ilgi gören bir üründür. Buna karşın üretimi ve ulaşılabilirliği diğer bitkisel sültere göre daha düşüktür.

Bitkisel sülterin neredeyse tamamında büyük bir sorun olan serum ayrılması kenevir sütünde de büyük bir sorundur. Piyasada satılan bitkisel sülterin çoğunda bu problem katkı maddeleri kullanılarak önlenmeye çalışılmaktadır. Kullanılan katkı maddelerinin başında emülgatörler ve gamlar gelmektedir. Bu katkı maddeleriyle sorun kısmen çözülsede özellikle sağlıklı yaşam ve beslenme konularına ilgi duyan tüketicilerin tercih ettiği bitkisel sülterin doğallığının bozulduğu algısı oluşmaktadır.

Bu çalışmada kenevir sütüne herhangi bir katkı maddesi eklenmeden, yüksek basınçlı homojenizasyon, ultrases veya bu iki işlemin kombinasyonu kullanılarak sülteki serum ayrılmasının önemli ölçüde önlenileceği gösterilmiştir.

Kenevir sütüne uygulanacak ultrases uygulamasında enerji yoğunluğuna dikkat edilmelidir. Düşük miktardaki süte yüksek genlik seviyeleri yüksek sürede uygulandığında kenevir sütü proteinleri pıhtılaşmakta, ani ısı artışı meydana gelmektedir. Ayrıca yoğun enerji uygulamalarında ürünün kendine has lezzetini oluşturan koku ve aroması kaybolmaktadır.

Aynı miktardaki süte düşük ultrases enerjisi kısa süreli olarak uygulandığında serum ayrılması istenen düzeyde önlenememiştir. Minimum serum ayrılması ve optimum enerji tüketimi için ultrases süre ve genlik değeri iyi ayarlanmalı, ürün son

sıcaklığına dikkat edilmeli, gerekirse işlem sırasında soğutma uygulanmalıdır. Isıya hassas ürünlerde ultrases işlemi toplam süre ve toplam enerji genliği değerlerine sadık kalınarak ürünün soğuması için aralıklı olarak uygulanabilmektedir.

Gıda teknolojisinde yüksek basınçlı homojenizasyon, ultrases veya her ikisinin aynı anda kullanımı nispeten yeni ve çevreci teknolojilerdir. Bu teknolojilerin bitkisel kaynaklı sütlerin üretiminde kullanımının yaygınlaşması, son ürün stabilitesi için kullanılan gıda katkı maddelerinin kullanımını azaltabilecektir. Katkı maddesine ihtiyaç duyulmadan üretilen bitkisel sütler üretim maliyetlerini düşüreceği gibi katkısız ürünler tüketicilerin beklenti ve tercihlerinde önemli bir kriterdir.

## 6.KAYNAKÇA

- Abdollahi, M., Sefidkon, F., Calagari, M., Mousavi, A., & Mahomoodally, M. F. (2020). A comparative study of seed yield and oil composition of four cultivars of Hemp (*Cannabis sativa* L.) grown from three regions in northern Iran. *Industrial Crops & Products*, 152.
- Akdeniz, V., & Akalın, A. S. (2017). Ultrason uygulamasının süt ürünlerinde homojenizasyon, jel yapısı, viskozite ve su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *GIDA*, 42(6), 743-753.
- Akdeniz, V., & Akalın, A. S. (2020). The effect of high power ultrasound on the milk homogenization efficiency and milk fat globule size compared to conventional homogenization and milk fat globule size compared to conventional homogenization. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(1), 252-259.
- Al, K., & Gr, O. (2008). Production and quality evaluation of soy-corn milk. *Journal of Applied Biosciences*, 1(2), 40-45.
- Aluko, R. (2017). Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) proteins: Composition, structure, enzymatic modification, and functional or bioactive properties. *Sustainable Protein Sources*, 121-132.
- Anwar, F., Latif, S., & Ashraf, M. (2006). Analytical characterization of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil from different agro-ecological zones of Pakistan. *JAOCs*, 83(4), 323-329.
- AOAC. (1980). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (13th ed.). Washington, DC.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (17th ed). Gaithersburg, MD, AOAC International.
- Astolfi, M. L., Marconi, E., Protano, C., & Canepari, S. (2020). Comparative elemental analysis of dairy milk and plant-based milk alternatives. *Food Control*, 116.
- Atalar, İ., Gül, O., Sarıcaoğlu, F. T., Besir, A., Gül, L. B., & Yazıcı, F. (2019). Influence of thermosonication (TS) process on the quality parameters of high pressure homogenized hazelnut milk from hazelnut oil by-products. *J Food Sci Technol*, 56(3), 1405–1415.
- Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70.

- Aydoğdu, M., Döğer, R., & Akgür, S. A. (2017). Türkiye pazarında yeni bir ürün: kenevir özütü soğuk içecekler. *Adli Tıp Bülteni*, 22(2), 97-100.
- Belewu, M., & Belewu, K. (2007). Comparative physico-chemical evaluation of tiger-nut, soybean and coconut milk sources. *Int. J. Agri. Biol.*, 9(5).
- Bernat, N., Chafer, M., Rodríguez-García, J., Chiralt, A., & Gonzalez-Martínez, C. (2014). Effect of high pressure homogenisation and heat treatment on physical properties and stability of almond and hazelnut milks. *LWT - Food Science and Technology*, 1-9.
- Borhade, S. S. (2013). Chemical composition and characterization of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil and essential fatty acids by HPLC method. *Archives of Applied Science Research*, 5(1), 5-8.
- Briviba, K., Gräf, V., Walz, E., Guamis, B., & Butz, P. (2016). Ultra high pressure homogenization of almond milk: Physico-chemical and physiological effects. *Food Chemistry*, 192, 82-89.
- Callaway, J. (2004). Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica*, 140, 65–72.
- Callaway, J. C. (2002). Hemp as Food at High Latitudes. *Journal of Industrial Hemp*, 7(1), 105-117.
- Callaway, J., & Pate, D. W. (2009). Hempseed oil. *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils* (185-213). AOCS PRESS.
- Calligaris, S., Plazzotta, S., Bot, F., Grasselli, S., Malchiodi, A., & Anese, M. (2016). Nanoemulsion preparation by combining high pressure homogenization and high power ultrasound at low energy densities. *Food Research International*, 83, 25–30.
- Chalupa-Krebzdak, S., Long, C. J., & Bohrer, B. M. (2018). Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *International Dairy Journal*.
- Chichłowska, J., Kliber, A., J., K., Biskupski, M., & Grygorowicz, Z. (2009). Insulin, thyroid hormone levels and metabolic changes after treated rats with hemp milk. <http://www.hempreport.com/pdf/HempMilkStudy%5B1%5D.pdf>. (erişim 09.06.2021).
- ElSohly, M. A., Radwan, M. M., Gul, W., Chandra, S., & Galal, A. (2017). *Phytochemistry of Cannabis sativa L.* İsviçre: Springer International Publishing.
- Ertas, N., & Aslan, M. (2020). Antioxidant and physicochemical properties of cookies containing raw and roasted hemp flour. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 19(2), 177–184.

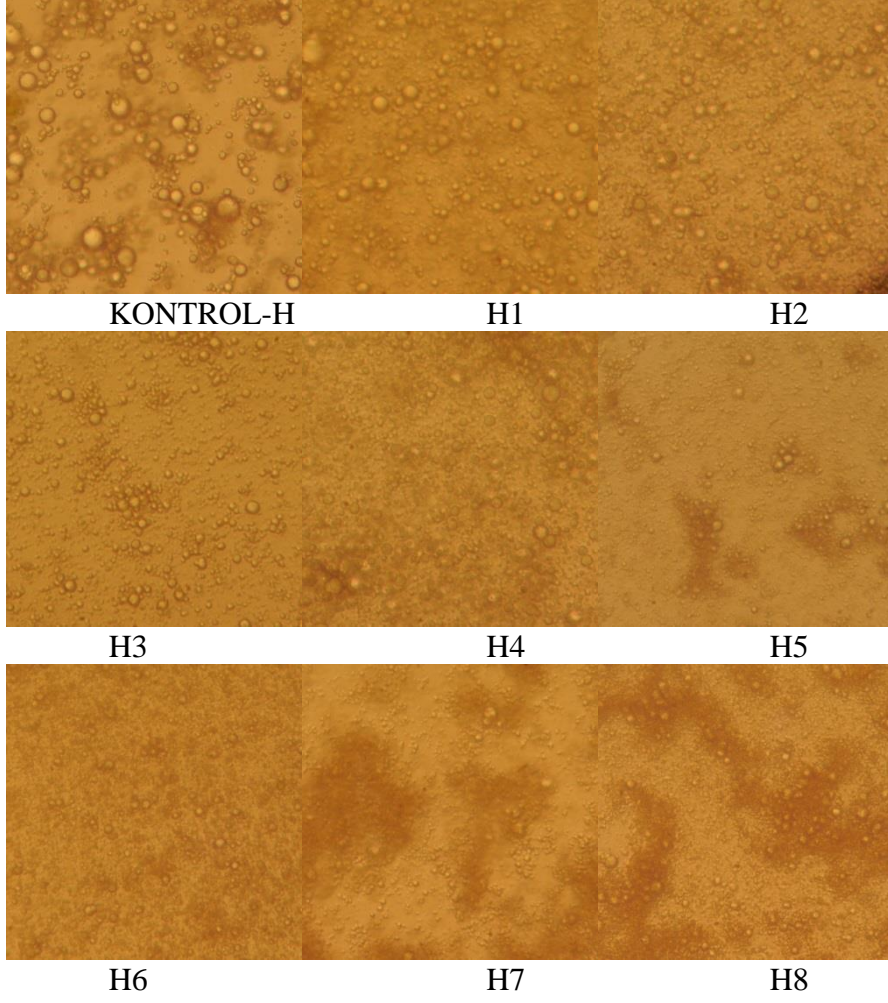
- Ertugay, M. F., Şengül, M., & Şengül, M. (2004). Effect of ultrasound treatment on milk homogenisation and particle size distribution of fat. *Turk J Vet Anim Sci*, 28, 303-308.
- Farinon, B., Molinari, R., Costantini, L., & Merendino, N. (2020). The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.): Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition. *Nutrients* 2020, 12, 1935, 12(7).
- FAO, (2021) Food and Agriculture Organization of the United Nations. Erişim: 6 Temmuz 2021, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- Girgih, A. T., He, R., Malomo, S., Offengenden, M., Wu, J., & Aluko, R. E. (2014). Structural and functional characterization of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein-derived antioxidant and antihypertensive peptides. *Journal Of Functional Foods*, 6, 384-394.
- Girgih, A. T., Udenigwe, C. C., & Aluko, R. E. (2011). In vitro antioxidant properties of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein hydrolysate fractions. *J Am Oil Chem Soc*, 88, 381–389.
- Göre, M., & Kurt, O. (2021). Bitkisel üretimde yeni bir trend: Kenevir. *International Journal of Life Sciences*.
- House, J. D., Neufeld, J., & Leson, G. (2010). Evaluating the quality of protein from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) products through the use of the protein digestibility-corrected amino acid score method. *J. Agric. Food Chem.*, 58(22), 11801-11807.
- Kashaninejad, M., & Razavi, S. M. (2020). Influence of thermosonication treatment on the average size of fat globules, emulsion stability, rheological properties and color of camel milk cream. *LWT - Food Science and Technology*, 132.
- Lachenmeier, D. W., & Walch, S. G. (2005). Analysis and toxicological evaluation of cannabinoids in hemp food products - a review. *Electron. J. Environ. Agric. Food Chem.*, 4(1), 812-826.
- Leizer, C., Ribnicky, D., Poulev, A., Dushenkov, S., & Raskin, I. (2000). The composition of hemp seed oil and its potential as an important source of nutrition. *Journal of Nutraceuticals, Functional & Medical Foods*, 2(4).
- Leson, G., & Pless, P. (2001). Evaluating the impact of hemp food consumption on workplace drug tests. *Journal of Analytical Toxicology*, 25, 691-698.
- Liang, J., Achary, A. A., & Thiyam-Holländer, U. (2015, Ekim). Hemp seed oil: Minor components and oil quality. *Lipid Technology*, 27(10), 231-233.

- Lu, R.-R., Qian, P., Sun, Z., Zhou, X.-H., Chen, T.-P., He, J.-F., et al. (2010). Hempseed protein derived antioxidative peptides: Purification, identification and protection from hydrogen peroxide-induced apoptosis in PC12 cells. *Food Chemistry*, *123*, 1210–1218.
- Maghsoudlou, Y., Alami, M., Mashkour, M., & Shahraki, M. H. (2015). Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk. *Journal of Food Processing and Preservation*.
- Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2015). Foods for special dietary needs: non-dairy plant based milk substitutes and fermented dairy type products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Matthäus, B., & Brühl, L. (2008). Virgin hemp seed oil: An interesting niche product. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* *2008*, *110*, 655–661, *110*, 655-661.
- Mikulec, A., Kowalski, S., Sabat, R., Skoczylas, Ł., Tabaszewska, M., & Wywrocka-Gurgul, A. (2019). Hemp flour as a valuable component for enriching physicochemical and antioxidant properties of wheat bread. *Iwt- Food Science and Technology*, *102*, 164–172.
- Myers, R., & Montgomery, D. (1995). *Response surface methodology, process and product optimization using designed experiments*. 2nd ed. New York, NY.: John Wiley and Sons.
- Norajit, K., Gu, B.-J., & Ryu, G.-H. (2011). Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice. *Food Chemistry*, *129*, 1919–1925.
- Oomaha, B. D., Busson, M., Godfrey, D. V., & Drover, J. C. (2002). Characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Food Chemistry*, *76*, 33-43.
- Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., & Sharma, R. (2019). Milk analog: plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Pihlanto, A., Nurmi, M., & Mäkinen, S. (2020). *Hempseed protein: Processing and functional properties* (42). Springer.
- Pojic, M., Hadnadev, T. D., Hadnadev, M., Rakita, S., & Brlek, T. (2015). Bread supplementation with hemp seed cake: A by-product of hemp oil processing. *Journal of Food Quality*, *38*, 431-440.

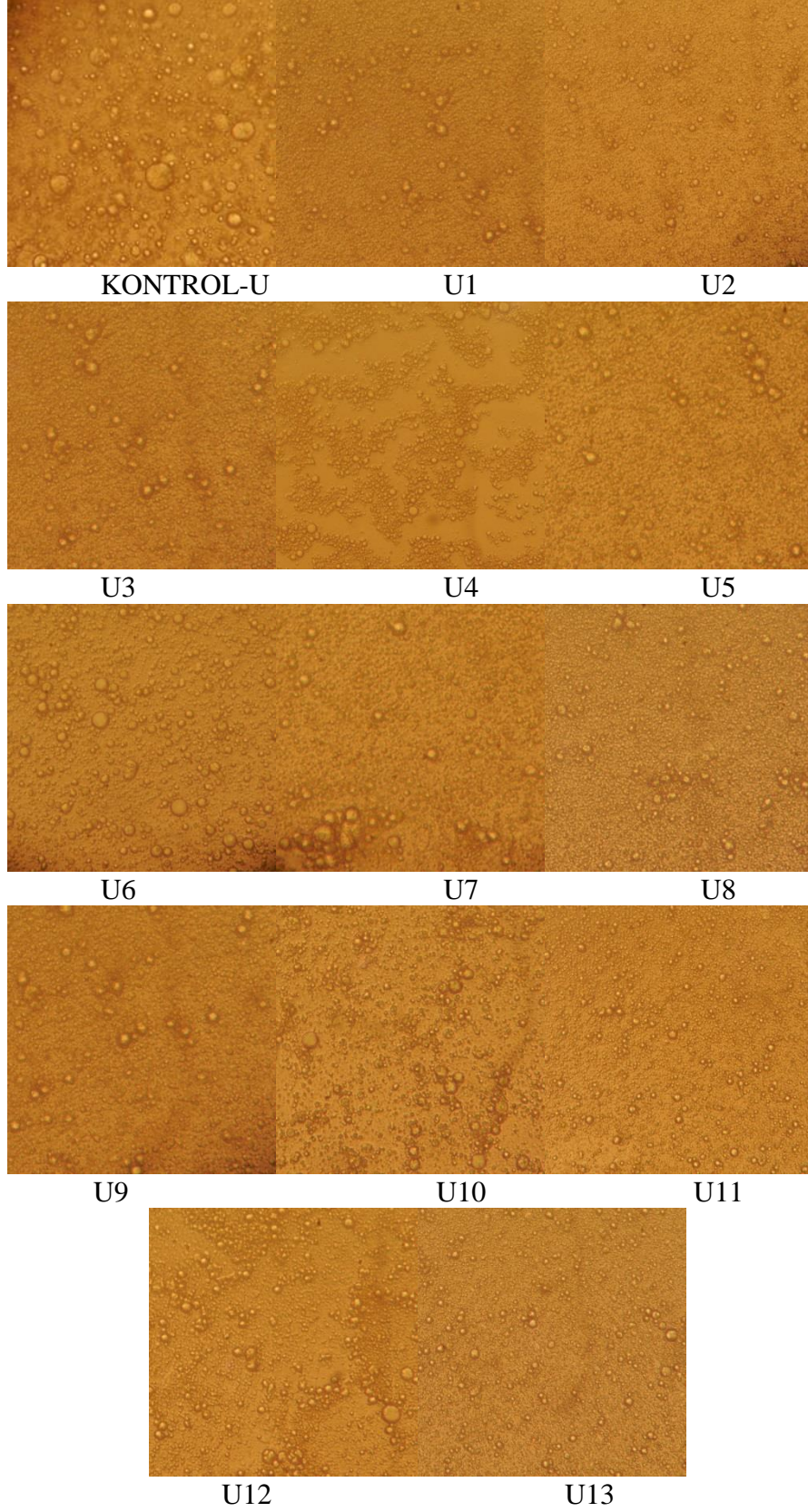
- Rincon, L., Botelho, R. B., & Alencar, E. R. (2020). Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut. *LWT - Food Science and Technology*, 128.
- Schluttenhofer, C., & Yuan, L. (2017). Challenges towards revitalizing hemp: A multifaceted crop. *Trends in Plant Science*, 22(11), 917-929.
- Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *J Food Sci Technol*, 53(9), 3408-3423.
- Simuang, J., Chiewchan, N., & Tansakul, A. (2004). Effects of fat content and temperature on the apparent viscosity of coconut milk. *Journal of Food Engineering*, 64, 193–197.
- Szparaga, A., Tabor, S., Kocira, S., Czerwińska, E., Kuboń, M., Płóciennik, B., et al. (2019). Survivability of probiotic bacteria in model systems of non-fermented and fermented coconut and hemp milks. *Sustainability*, 11(6093).
- Şengül, M., Başlar, M., Erkaya, T., & Ertugay, M. F. (2009). Ultrasonik homojenizasyon işleminin yoğurdun su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *GIDA*, 34 (4), 219-222.
- Teh, S.-S., & Birch, J. (2013). Physicochemical and quality characteristics of cold-pressed hemp, flax and canola seed oils. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30, 26-31.
- TÜİK, (2021) Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim: 6 Temmuz 2021, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>
- Vahanvaty, U. S. (2009). Hemp seed and hemp milk the new super foods? *ICAN: Infant, Child, & Adolescent Nutrition*, 1(4), 232-234.
- Vanga, S. K., & Raghavan, V. (2018). How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? *J Food Sci Technol*, 55(1), 10-20.
- Vonapartis, E., Aubin, M.-P., Seguin, P., Mustafa, A. F., & Charron, J.-B. (2015). Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *Journal of Food Composition and Analysis*, 39, 8-12.
- Wang, Q., Jiang, J., & Xiong, Y. L. (2018). High pressure homogenization combined with pH shift treatment: A process to produce physically and oxidatively stable hemp milk. *Food Research International* (106), 487-494.
- Wu, H., Hulbert, G. J., & Mount, J. R. (2001). Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 1, 211-218.

- Zaaboul, F., Raza, H., Cao, C., & Yuanfa, L. (2019). The impact of roasting, high pressure homogenization and sterilization on peanut milk and its oil bodies. *Food Chemistry*, 280, 270-277.
- Zajac, M., Guzik, P., Kulawik, P., Tkaczewska, J., Florkiewicz, A., & Migdal, W. (2019). The quality of pork loaves with the addition of hemp seeds, de-hulled hemp seeds, hemp protein and hemp flour. *LWT - Food Science and Technology*, 105, 190–199.

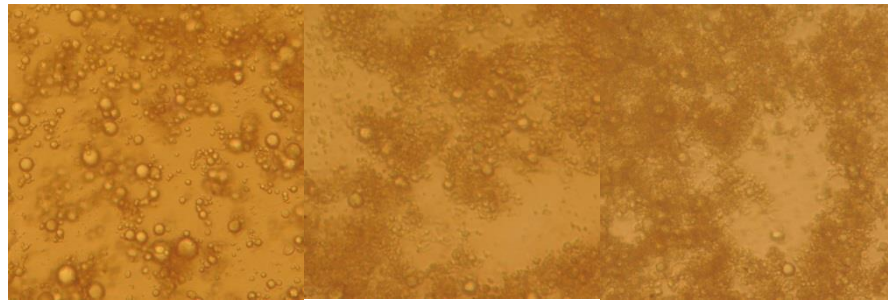
## EKLER



Ek 1. Homojenizasyon işlemi uygulanan kenevir sütü mikroyapı görüntüleri



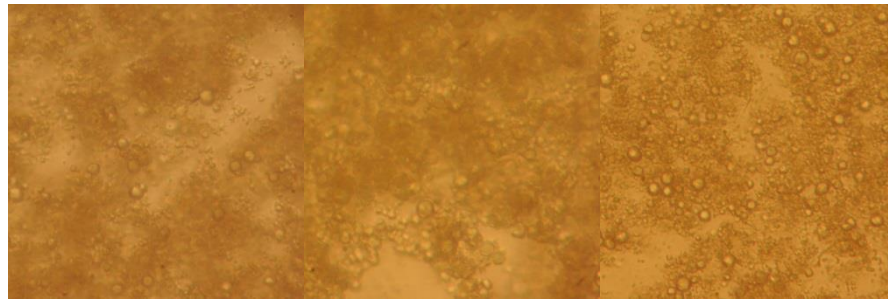
Ek 2. Ultrases işlemi uygulanan kenevir sütü mikroyapı görüntüleri



KONTROL-HU

HU1

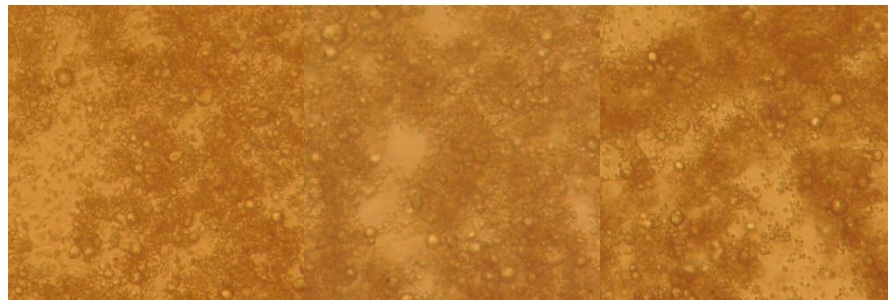
HU2



HU3

HU4

HU5



HU6

HU7

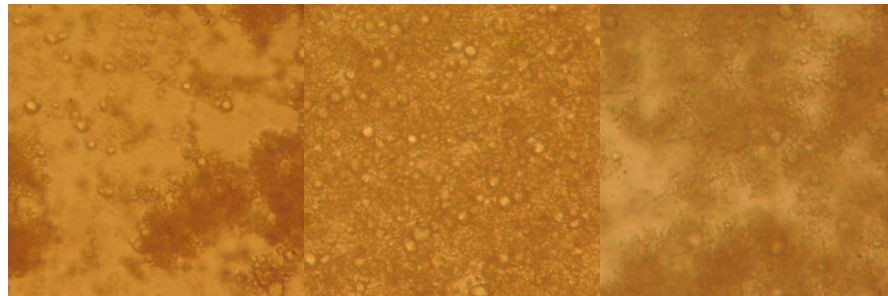
HU8



HU9

HU10

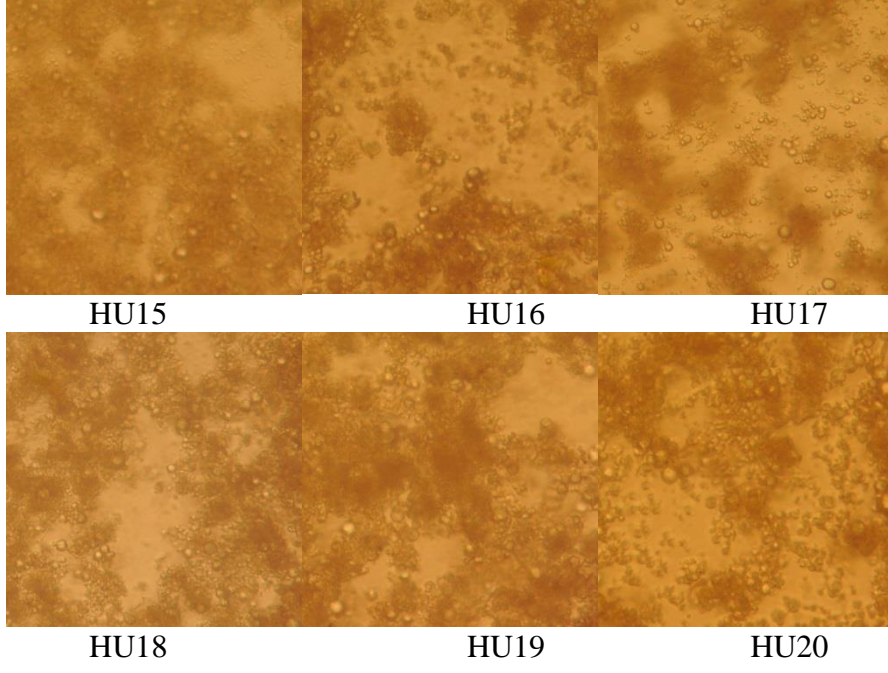
HU11



HU12

HU13

HU14



Ek 3. HPH ve ultrases işlemlerinin kombine uygulandığı kenevir sütü mikroyapı görüntüleri

Güç	Zaman	L*	a*	Serum	Oleik	Viskozite	DPPH	Fenolik	Sineresis	Dx(90)	İstenirlik
50,2	6.40	71.22	-0.97	%64.80	0.20	2.124	0.27	194.48	72.06	10.25	%61,6

Ek 4. US uygulanan süt için istenirlik fonksiyonu sonucu elde edilen optimum noktalar

Güç	Zaman	Basınç	L*	a*	Serum	Oleik	Viskozite	DPPH	Fenolik	Sineresis	Dx(90)	İstenirlik
20	2.45	60	69.19	-0.31	0.40	0.33	3.45	0.26	175.42	72.87	12.3	%45.3

Ek 5. HPH+US kombine uygulanan süt için istenirlik fonksiyonu sonucu elde edilen optimum noktalar

## ÖZ GEÇMİŞ

Sinan Gram, 2011 yılında Samsun Yeşilkent Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden 2017 yılında mezun oldu. 2019 yılında OMÜ LEE Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans programına girdi.

### İletişim Bilgileri

E-mail : 11060211@stu.omu.edu.tr

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0002-3191-9859>

### Yayınlanmış Çalışmalar:

1. Gram, S., ve Mortaş, M., (2020, Ekim). “Kenevir tohumu ile kenevir kalbinin paketlenme çeşitleri ve raf ömrü”. *Türkiye 13. Gıda Kongresi*; 21-23 Ekim 2020, Çanakkale