

T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI FORMÜLASYONLARDA HAZIRLANMIŞ VE
KALSİYUMCA ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ FINDIK SÜTLERİNİN
FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL KARAKTERİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öğrencinin Adı SOYADI : Selma OKUR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01.02.2022

Enstitü Anabilim Dalı : Biyosüreç Mühendisliği

Tez Danışmanı : Levent ŞEN

ŞUBAT 2022
GİRESUN

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

**FARKLI FORMÜLASYONLARDA HAZIRLANMIŞ VE
KALSİYUMCA ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ FINDIK SÜTLERİNİN
FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selma OKUR

Enstitü Anabilim Dalı : Biyosüreç Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez .../01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Doç. Dr.
Aslıhan DEMİRDÖVEN
Jüri Başkanı**

**Dr. Öğr. Üyesi
Duygu ALTIOK
Üye**

**Dr. Öğr. Üyesi
Levent ŞEN
Üye**

**Doç. Dr.
Bahadır KOZ
Enstitü Müdürü**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Selma OKUR

01/02/2022

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tezimin her aşamasında ilgi, tecrübe ve önerilerini esirgemedi paylaşan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Levent ŞEN'e çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni maddi ve manevi destekleyen bu günlere gelmemi sağlayan AİLEME özellikle de rahmetli babam Ahmet OKUR'a gönülden teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca gerek ders gerek tez aşamasında çalışma hayatımda gerekli olduğu her zaman izin verip tezimin bitmesine yardımcı olan Tirebolu Ziraat Odası Başkanı Erim YAMAN' a teşekkür ederim.

Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: FEN-BAB-C-281119-51) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER	II
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
FARKLI FORMÜLASYONLARDA HAZIRLANMIŞ VE KALSİYUMCA ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ FINDIK SÜTLERİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL KARAKTERİZASYONU	X
PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERIZATION OF HAZELNUT MILK PREPARED IN DIFFERENT FORMULATIONS AND FORTIFIED WITH CALCIUM	XI
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. FINDIK.....	3
2.2. FINDIĞIN TÜRKİYE’DE VE DÜNYA’DA ÜRETİMİ.....	3
2.3. FINDIĞIN KULLANIM ALANI.....	6
2.4. FINDIĞIN BESİN DEĞERİ.....	6
2.5. BİTKİ BAZLI İÇECEKLER (BİTKİSEL SÜTLER)	8
2.6. BİTKİSEL SÜTLERDE KULLANILAN HİDROKOLLOİDLER	10
2.6.1 <i>Karragenan</i>	11
2.6.2 <i>Keçiboynuzu Gamı (Locus bean gum)</i>	13
2.6.3. <i>Karboksimetilselüloz (CMC)</i>	14
2.6.4. <i>Gellan Gamı</i>	14
2.6.5. <i>Trikalsiyum Fosfat</i>	15
2.7. FINDIK SÜTÜ	15

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM	22
3.1. MATERYAL.....	22
3.2. FINDIK SÜTÜ HAZIRLANIŞI.....	23
3.3. YÖNTEM.....	23
3.3.1. Fiziksel ve Kimyasal Analizler	25
3.3.1.1. pH ve Titrasyon asitliği (%TA).....	25
3.3.1.2. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks), Özgül ağırlık ve Yoğunluk tayini	26
3.3.1.3. Su Aktivitesi (aw)	26
3.3.1.4. % Kuru madde.....	26
3.3.1.5. Kül Miktarı.....	26
3.3.1.6. Protein tayini	27
3.3.2. Renk Tayini.....	28
3.3.3. Katı parçacık sedimentasyon yüzdesi ve protein çözünürlüğü	28
3.3.4. Parçacık Boyut Analizi.....	29
3.3.5. Mikroyapı analizleri.....	30
3.3.6. Mineral Madde Tayini	30
3.3.7. Duyusal Analiz	30
3.3.8. İstatistiksel değerlendirme	31
BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	32
4.1. pH VE TİTRASYON ASİTLİĞİ	32
4.2. BRİKS, ÖZGÜL AĞIRLIK VE YOĞUNLUK TAYİNİ SONUÇLARI	35
4.3. SU AKTİVİTESİ (AW).....	40
4.4. % KURU MADDE	42
4.5. KÜL MİKTARI.....	43
4.6. PROTEİN TAYİNİ SONUÇLARI	43
4.5. RENK ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	45
4.7. KATI PARÇACIK SEDİMENTASYONU % KPS VE PROTEİN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ % PÇ..	53
4.8. PARTİKÜL BOYUTU DAĞILIMI (PBD) VE Z-POTANSİYEL	60
4.9. MİKROYAPI	64
4.10. MİNERAL MADDE.....	69
4.11. DUYUSAL ANALİZ	73

BÖLÜM 5. SONUÇ	75
KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	85



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

°C	: Celcius derecesi
Ca	: Kalsiyum
Cr	: Krom
Da	: Dekar
dk	: Dakika
Fe	: Demir
g	: Gram
ha	: Hektar
K	: Potasyum
mg	: Miligram
Mg	: Magnezyum
ml	: Mililitre
Na	: Sodyum
P	: Fosfor
Se	: Selenyum
v	: Hacim
Zn	: Çinko
ζ	: Zeta
µg	: Mikrogram
CMC	: Karboksi metil selüloz
FDA	: Food and Drug Administration,
Kcal	: Kilokalori
LBG	: Lokus bean gum
MPa	: Megapascal
Ppm	: Parts per million

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Karragenanın kimyasal yapısı.....	12
Şekil 3.1 Fındık sütü üretiminde kullanılan natürel ve kavrulmuş fındıklar.....	22
Şekil 3.2 Natürel fındıktan fındık sütü üretim akım şeması	24
Şekil 3.3 Kavrulmuş fındıktan fındık sütü üretim akım şeması.....	25
Şekil 3.4 Protein tayininde renk dönüşümünün izlendiği görsel	27
Şekil 3.5 Süpernatant, biüret reaktifi ilave edilmiş hali ve filtreden geçmiş hali	29
Şekil 4.1 Natürel fındıktan (soldaki) ve kavrulmuş fındıktan (sağdaki) üretilen fındık sütlerinin pH değerlerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişimi	33
Şekil 4.2 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındıktan üretilen fındık sütlerinin % TA değerlerinde meydana gelen değişimi gösteren grafikler.....	35
Şekil 4.3 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındık kullanılarak elde edilen sütlerin brix değerlerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişim.	37
Şekil 4.4 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındık kullanılarak elde edilen fındık sütlerinin yoğunluk değerlerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişim grafikleri	39
Şekil 4.5 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındıktan üretilen fındık sütlerinin proses basamaklarında meydana gelen özgül ağırlık değerlerindeki değişim grafikleri	40
Şekil 4.6 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındık kullanılarak elde edilen fındık sütlerinin su aktivitesi (aw) değerlerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişimi gösteren grafikler	42
Şekil 4.7 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındıktan üretilen fındık sütlerinin renk parametrelerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişim grafikleri (L*, a*, b*).....	50
Şekil 4.8 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındıktan üretilen fındık sütlerinin renk parametrelerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişimi gödteren grafikler (C, h, WI).....	51

Şekil 4.9 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) findıktan üretilen findık sütlerinin katı parçacık sedimantasyonu değerlerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişim grafikleri	56
Şekil 4.10 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) findıktan üretilen sütlerin çözünür protein konsantrasyonunda proses basamaklarına göre meydana gelen değişim grafikleri	58
Şekil 4.11 Farklı formüllerden üretilen findık sütlerinin üretim aşamalarındaki PSD değişimleri grafikleri.....	65
Şekil 4.12 Farklı formüllerden üretilen findık sütlerinin işleme aşamalarındaki mikro yapısı	68
Şekil 4.13 Natürel (grup 1) ve kavrulmuş (grup 2) olarak 2 farklı findık türünden üretilen findık sütlerinin duyusal derecelendirilmeleri	74

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1 Dünya fındık üretimi (kabuklu/bin ton).....	4
Tablo 2.2 Türkiyenin ülkeler bazında fındık ihracatı.....	5
Tablo 2.3 Fındığın kimyasal yapısı.....	8
Tablo 2.4 Gamların kullanım alanına göre gıdadaki işlevi.....	11
Tablo 2.5 Bitkisel süt üretimi için ticari olarak kullanılan hammaddelerin bileşimi.	18
Tablo 2.6 Yurtdışında piyasada bulunan bazı bitkisel sütlerin g/100 ml başına besin değerleri.....	19
Tablo 3.1 Natürel ve kavrulmuş fındıktan yapılan sütler için uygulanan formülasyonlar (100 ml fındık sütü için)	23
Tablo 3.2 Araştırma bulguları kısmında tablolarda kullanılan kısaltmalar ve açıklamaları	31
Tablo 4.1 Natürel fındık sütü pH ölçüm sonuçları.....	32
Tablo 4.2 Kavrulmuş fındık sütü pH ölçüm sonuçları.....	33
Tablo 4.3 Natürel fındık fındık sütlerinin % titrasyon asitliği değişimi (g laktik asit/100ml)	34
Tablo 4.4 Kavrulmuş fındık fındık sütlerinin % titrasyon asitliği değişimi (g laktik asit/100ml)	34
Tablo 4.5 Natürel fındık sütlerinin % Briks değerleri.....	36
Tablo 4.6 Kavrulmuş fındık sütlerinin % Briks değerleri.....	36
Tablo 4.7 Natürel fındık sütlerinin yoğunluk ölçüm değerleri (g/cm ³).....	38
Tablo 4.8 Kavrulmuş fındık sütlerinin yoğunluk ölçüm değerleri (g/cm ³).....	38
Tablo 4.9 Natürel fındık sütlerinin özgül ağırlık ölçüm değerleri (g/cm ³)	39
Tablo 4.10 Kavrulmuş fındık sütlerinin özgül ağırlık ölçüm değerleri (g/cm ³).....	39
Tablo 4.11 Natürel fındık sütlerinin su aktivitesi (aw) ölçüm değerleri.....	41
Tablo 4.12 Kavrulmuş fındık sütlerinin su aktivitesi (aw) ölçüm değerleri	41
Tablo 4.13 Natürel fındıktan üretilen fındık sütlerinin protein (%), kül (%), kuru madde (%KM) ve KM' de kül (%) değerleri.....	44

Tablo 4.14 Kavrulmuş findıktan üretilen findık sütlerinin protein (%), kül (%), kuru madde (%KM) ve KM' de kül (%) değerleri.....	44
Tablo 4.15 Natürel ve kavrulmuş findıktan hazırlanan findık sütü formülasyonlarının protein (%), kül (%), KM (%) ve KM' de kül değerlerinin findık türüne göre karşılaştırma tablosu (t-testi).....	45
Tablo 4.16 Natürel findıktan üretilen findık sütlerinin renk ölçüm değerleri.....	48
Tablo 4.17 Kavrulmuş findıktan üretilen findık sütlerinin renk ölçüm değerleri.....	49
Tablo 4.18 Natürel findık sütlerinin katı parçacık sedimantasyonu (g katı madde/ 100g findık sütü) ölçüm değerleri.....	55
Tablo 4.19 Kavrulmuş findık sütlerinin katı parçacık sedimantasyonu (g katı madde/ 100g findık sütü) ölçüm değerleri.....	55
Tablo 4.20 Natürel findık sütlerinin çözünür protein (g/100 g süpernatant) konsantrasyon değerleri	57
Tablo 4.21 Kavrulmuş findık sütlerinin çözünür protein (g/100 g süpernatant) konsantrasyon değerleri	58
Tablo 4.22 Findık sütü üretiminde kullanılan findık çeşitlerinin işlem aşamalarına göre PBD ve ζ - potansiyel değerleri	66
Tablo 4.23 Natürel findık kullanılarak elde edilen findık sütlerinin mineral madde içeriği (mg/L)	71
Tablo 4.24 Kavrulmuş findık kullanılarak elde edilen findık sütlerinin mineral madde içeriği (mg/L)	71

FARKLI FORMÜLASYONLARDA HAZIRLANMIŞ VE KALSİYUMCA ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ FINDIK SÜTLERİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL KARAKTERİZASYONU

ÖZET

Bu çalışmada hayvansal kaynaklı sütlere alternatif olarak farklı formülasyonlarda hazırlanmış fındık bazlı sütün fiziksel, kimyasal ve duysal karakterizasyonu incelenmiştir. Formülasyonlara kalsiyumca zenginleştirme işlemi uygulanmıştır. Ayrıca ön denemelerle belirlenen fındık sütü formülasyonları hem natürel hem de kavrulmuş fındıklardan hazırlanıp formülasyonların en uygunu belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda fındık sütün pH değeri 6,5-7,5 aralığında bulunmuştur. Hidrokolloidler ve ultrason uygulamalarının fındık sütü örneklerinin Briks değerlerini önemli ölçüde ($p<0,05$) arttırdığı görülmüştür. Hidrokolloid ilavesi fındık sütün yoğunluğunu, KM ve kül değerlerini arttırmıştır. t-testi sonuçlarına göre, natürel fındıktan elde edilen fındık sütü örnekleri, kavrulmuş fındıktan üretilen numunelere göre daha yüksek ($p<0,05$) aw sonuçlarına sahiptir. Natürel ve kavrulmuş iç fındıklardan üretilen tüm fındık sütü formülasyonları arasında renk özellikleri açısından önemli farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Isıl işlem sonrası US uygulamaları, hem natürel hem de kavrulmuş fındık örneklerinden üretilen örneklerin renk özelliklerini belirgin şekilde iyileştirmiştir. Fındık sütü numunelerinin protein çözünürlüğü ısıl işlemde sonra natürel ve kavrulmuş fındık sütü örneklerinde önemli ölçüde azalmıştır ($p<0,05$). Isıl işlem sonucunda artan katı parçacık sedimentasyon değerlerinde (%KPS) US uygulaması ile önemli düzeyde azalma meydana getirmiştir. Fındık sütü formülasyonlarına CMC ve gellan gam ilavesi natürel ve kavrulmuş fındıklardan üretilen örneklerde başlangıç hacim ağırlıklı ortalama çapları (D4,3) ve yüzey ağırlıklı ortalama çap (D3,2) değerlerini artırırken ($p<0,05$) US uygulamaları, numunelerin (D4,3) ve (D3,2) değerlerini uygulama süresine göre önemli ölçüde ($p<0,05$) düşürmüştür. Isıl işlem ζ -potansiyel sonuçlarını olumsuz etkilemiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre, kavrulmuş fındık sütü örneklerinde en çok F2 ve F3 örnekleri beğenilirken, natürel fındık sütü örneklerinde en çok F1 ve F2 örnekleri beğenilmiştir. Ca ilavesi natürel fındık sütünde yaklaşık 40 kat, kavrulmuş fındıktan üretilen sütünde ise yaklaşık 11 katlık bir Ca artışına neden olmuştur.

Sonuç olarak, Ca ile zenginleştirilmiş fındık sütü formülasyonlarından yalnızca F1 formülasyonu endüstriyel üretime uygun bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Fındık sütü, Kalsiyum, Hidrokolloidler, Ultrason

PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORY CHARACTERIZATION OF HAZELNUT MILK PREPARED IN DIFFERENT FORMULATIONS AND FORTIFIED WITH CALCIUM

ABSTRACT

In this study, physical, chemical and sensory characterization of hazelnut-based milks prepared in different formulations as an alternative to animal-derived milks was examined. Calcium enrichment process was applied to the formulations. In addition, hazelnut milk formulations determined by preliminary trials were prepared from both natural and roasted hazelnuts and the most suitable formulation was tried to be determined. As a result of the studies, the pH value of hazelnut milk was found in the range of 6.5-7.5. It was observed that hydrocolloids and ultrasound applications increased the Brix values of hazelnut milk samples significantly ($p<0.05$). Addition of hydrocolloid increased the density, KM and ash values of hazelnut milks. According to the t-test results, hazelnut milk samples obtained from natural hazelnuts have higher ($p<0.05$) aw results than samples produced from roasted hazelnuts. Significant differences ($p<0.05$) were determined in terms of color characteristics between all hazelnut milk formulations produced from natural and roasted hazelnut kernels. US applications after heat treatment significantly improved the color properties of the samples produced from both natural and roasted hazelnut samples. Protein solubility of hazelnut milk samples decreased significantly in natural and roasted hazelnut milk samples after heat treatment ($p<0.05$). The increase in solid particle sedimentation values (KPS%) as a result of heat treatment resulted in a significant decrease with US application. Addition of CMC and gellan gum to hazelnut milk formulations increased the initial volume-weighted average diameters (D4.3) and surface-weighted average diameter (D3.2) values in samples produced from natural and roasted hazelnuts ($p<0.05$), while US applications showed that the samples (D4.3) and (D3.2) values significantly ($p<0.05$) according to the application time. Heat treatment negatively affected the ζ -potential results. According to the sensory analysis results, F2 and F3 samples were mostly liked in the roasted hazelnut milk samples, while F1 and F2 samples were most liked in the natural hazelnut milk samples. The addition of Ca caused a 40-fold increase in natural hazelnut milk and an 11-fold increase in milk produced from roasted hazelnuts.

As a result, only the F1 formulation among the Ca-enriched hazelnut milk formulations was found suitable for industrial production.

Keywords: Hazelnut milk, Calcium, Hydrocolloids, Ultrasound

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İnsan sağlığını etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan bazıları beslenme, kalıtım, iklim ve çevre koşullarıdır. Bunlardan en önemlisi beslenme faktörüdür. Bireyin yaşı, cinsiyeti ve fizyolojik durumu göz önüne alınarak ihtiyacı olan tüm besin maddelerinin yeterli miktarda vücuda alınması sağlıklı beslenme olarak tanımlanmaktadır. Beslenme; gelişim, büyüme, sağlığın korunması ve yaşamın devam etmesi için elzemdir. Besin ihtiyacımız; yaş, cinsiyet, genetik, fiziksel aktivite ve sağlık durumu gibi faktörlerden etkilenmektedir. (Saygın, Öngel, 2011).

Günümüz coğrafyasında hayvansal gıdaların da neden olduğu sağlık sorunları sebebiyle bitkisel kaynaklı gıdalara doğru bir eğilim vardır (Güner, 2017). Son zamanlarda gıda biliminde meydana gelen gelişmeler ve süregelen çalışmalar neticesinde; vücudumuz için yararlı olan bazı doğal ve kimyasal maddeler ile ekstraktların gıda ürünlerine katılması ile vücuttaki kimi eksikliklerin tamamlanması ve bu eksiklerin sebep olduğu hastalıkların oluşumunun engellenmesi düşüncesi ortaya çıkmıştır. Bu düşünce sonucunda mevcut bileşenler ile zenginleştirilmiş ve desteklenmiş gıda ürünlerinin üretilmesiyle elde edilen fonksiyonel ürünlere yönelim artmıştır (Üçüncü, 2009). Bu nedenler dolayısı ile günümüzde yeni ürün geliştirme çalışmaları sadece beslenme hedefli değildir. Bu hedef dışında hastalıkları önlemeyi amaçlayan, sağlığı düzenleyen bu netice doğrultusunda da hem fiziki olarak hem de zihinsel olarak iyileştirici ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Burdock ve Carabin, 2008).

Fındık dünyada bademden sonra gelen geniş bir üretim desenine sahip olan sert kabuklu bir meyvedir (www.tmo.gov.tr). Türkiye’de ise fındık sert kabuklu meyve üreticiliğinde %61,32 ile ilk sırada bulunmaktadır (Uzundumlu ve ark.,2019). Son beş yıllık istatistiklere göre dünyada yaklaşık fındık üretimi yapılan alan 960 bin hektardır.

Bu alanın %75'i Türkiye'de yer almaktadır. Resmi rakamlara göre, 2020 yılında ülkemizin üretim alanı 734 bin hektardır. Türkiye'den sonra sırasıyla İtalya, İspanya ve ABD başta olmak üzere diğer ülkelerde yaklaşık 200 bin hektar alanda fındık üretimi yapılmaktadır. Türkiye 2020 yılında 665 bin ton fındık üreterek Dünya üretiminin yaklaşık %64'ünü gerçekleştirmiştir. Türkiye'den sonra İtalya ve Gürcistan gelmektedir. Son 5 yılın ortalama verileri incelendiğinde ülkemiz üretimi 515 bin ton, diğer ülkelerin üretimi ise 288 bin ton civarındadır(www.tmo.gov.tr).

Bitki bazlı içecekler, sağlıklı gıdaya uygun şekilde laktozsuz, kolesterolsüz ve hayvansal proteinsiz özellikleri sayesinde ilgi görmektedir (Bernat ve ark., 2014a). Laktoz, glikoz ve galaktozun birleşmesiyle oluşan sütte doğal olarak bulunan bir disakkarittir. laktozu galaktoz ve glikoza parçalamakla görevli olan enzim laktazdır. Laktaz enzimi yeterli miktarda sentezlenemediği zaman, bağırsaklarda laktoz parçalanamadığı için emilememektedir. Bu durumda laktoz intoleransı ortaya çıkmakta ve diyareye, kramplara, sindirim sistemi bozulmalarına neden olmaktadır. Bu durum da insanların yaşam kalitesini düşürmektedir (Madry ve Fidler, 2010) .

Bitki bazlı süt ikameleri ya da bitki bazlı sütler, genellikle soya fasulyesi gibi baklagillerden veya kuru yemişlerin seyreltik emülsiyonları şeklinde elde edilir. Soya sütü bitkisel süt pazarının önde gelenlerinden olmasına rağmen son yıllarda başta hindistan cevizi, badem, yulaf, pirinç, kenevir tohumu, fındık sütü olmak üzere diğer bitkisel bazlı sütler de ticari olarak üretilerek özellikle Batı Avrupa ülkeleri ve Amerika'daki pazar raflarında yerini almıştır (Patisaul ve Jefferson, 2010).

Fındık sütü, diğer bitki bazlı sütlere benzer şekilde, çözünmüş ve parçalanmış bitki materyalleri içeren kolloidal süspansiyonlar veya emülsiyonlar olarak tanımlanabilir.

Bu çalışmada, natürel ve kavrulmuş iç fındık kullanılarak stabil ürün yapısında, kalsiyumca zenginleştirilmiş fındık bazlı süt üretilmesi amaçlanmış ve farklı hidrokolloid konsantrasyonlarının ürünün fizikokimyasal özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Fındık sözcüğü, Antik Çağda Karadeniz' in adı olan "Pont Exinus" tan türetilen "pontik" sözcüğünden meydana gelmiştir. Fındık sözcüğünün farklı dillerde aldığı isimler şu şekildedir: Farsça "fonduk", Arapça "bunduk", Latince "nux", Almanca "haselnuss", Fransızca "noisette", İngilizce "hazelnut", Rumca "leptokarion", eski Yunanca "funduki", İtalyanca "nocciola", İspanyolca "avellana", Portekizce "avella" (www.arastirma.tarimorman.gov.tr).

2.1. Fındık

Fındık, bitkiler aleminde Fagales takımının Betülaceae familyası içinde yer alan, *Corylus* cinsine ait sert kabuklu bir meyvedir (Özata, 2021). *Corylus* cinsinin 25 türü olduğu bilinmektedir. Ekonomik olarak yaygın yetiştirilen türleri *Corylus avellana* L., *Corylus colurna* L. (Türk fındığı) ve *Corylus maxima* mill (lambert fındığı)' dir. Türkiye'de Tombul, İncekara, Kargalak, Uzunmusa, Palaz, Kalınkara, Çakıldak, Mincane, Foşa, Değirmendere, Yassı Badem, Yuvarlak Badem, Sivri, Kan, Acı, Cavcava çeşitleri olmasına karşın ekonomik açıdan önemli olan çeşitler Tombul, Palaz, Foşa'dır (Köksal, 2002; Çakır, 2020).

2.2. Fındığın Türkiye'de Ve Dünya'da Üretimi

Fındık bodur, çalı forma sahip bir kültür bitkisi olan fındık başta ülkemiz olmak üzere kuzey yarım kürenin ılıman iklim kuşağındaki bölgelerde yetişmektedir (Çakır,2020). Üretimi çok eskilere dayanan fındık için dünyadaki en uygun ekolojik koşullar, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nin kıyı illerinde bulunmaktadır. Türkiye'de fındık üretimi 33 ilde yapılmasına karşın, üretimin tamamına yakın kısmı 6 ilde toplanmıştır.

Bu iller; eski üretim bölgesi olarak adlandırılan Ordu, Giresun ve Trabzon ile yeni üretim bölgesi olarak adlandırılan Sakarya, Düzce ve Samsun illeridir (Sıray, 2010). Türkiye fındık üretiminin % 85'i bu illerde yapılmaktadır(Çakır, 2010). Türkiye, fındık açısından çok zengin bir çeşitliliğe sahiptir (Sıray, 2020).

Fındık çeşitleri dünyada başta Türkiye olmak üzere İtalya, İspanya, ABD, Şili, Çin, İran, Fransa, Azerbaycan, Rusya ve Gürcistan'da yetiştirilmektedir. Son beş yıllık ortalama verilere göre dünyada yaklaşık 960 bin ha alanda fındık üretimi yapılmaktadır. Dünya fındık dikim alanlarının ortalama %75'i Türkiye'dedir. Türkiye'yi sırasıyla İtalya (%8), Azerbaycan (%4), İran (%2), ABD (%2), Şili (%2) ve Gürcistan (%1) takip etmektedir. Dünya fındık üretiminin yaklaşık %62'sini gerçekleştiren Türkiye'yi sırasıyla İtalya, Gürcistan ve Azerbaycan takip etmektedir (INC). Elde edinilen verilere göre son yıllarda Azerbaycan ve ABD'nin üretiminde artış olduğu gözlemlenmektedir(www.tmo.gov.tr). Dünyada ki fındık üretim miktarları Tablo 2.1 de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Dünya fındık üretimi (kabuklu/bin ton)(www.tuik.gov.tr,www.fao.org)

ÜLKELER	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama
Türkiye	420000	675000	515000	776000	665000	610200
İtalya	130000	90000	125000	65000	160000	114000
Gürcistan	60000	80000	50000	38000	50000	55600
Azerbaycan	50000	65000	68000	42000	50000	55000
ABD	39000	27000	4600	39500	56600	41680
İspanya	20000	19000	16000	12400	4500	14380
Diğerleri	60500	74600	93300	114500	128500	94280
Toplam	779500	1030600	913600	108.400	1114600	985140

Son beş yıllık ortalama veriler dikkate alındığında; ülkemiz fındık üretimi ortalama 610 bin ton (%62), diğer ülkelerin üretimi ise 375 bin tondur (%38). Türkiye'de dekar başına üretim ABD ve Gürcistan gibi üretici ülkelere göre daha düşüktür. Türkiye'nin dekar başına beş yıllık ortalama fındık verimi 84 Kg'dır. FAO verilerine göre; beş yıllık ortalama fındık verimi ABD'de 221 Kg/Da, Gürcistan'da 180 Kg/Da,

Azerbaycan’da 122 Kg/Da, İtalya’da 157 Kg/Da ve İspanya’da ise 79 Kg/Da’dır (www.tmo.gov.tr).

Türkiye, fındık üretim miktarında, fındık dikim alanında ve fındık ihracatında dünyada ilk sırada yer almaktadır(www.tmo.gov.tr). Fındık, Türkiye’de ekonomik olarak önemli bir yere sahiptir, bitkisel ürünler içinde en yüksek döviz getiren üründür. Yıllık ortalama 350000 ton işleme kapasiteli 40 fabrika bu alanda faaliyet göstermektedir (Öztürk ve ark., 2017). Türkiye 2020 yılı verilerine göre 280 924 159 ton fındık ihracatı gerçekleştirerek 1.945.299.937 dolar gelir elde etmiştir (www.kib.org.tr). Yıllara göre Türkiye’nin ülkeler bazındaki fındık ihracatı Tablo 2.2 de verilmiştir.

Tablo 2.2 Türkiye’nin ülkeler bazında fındık ihracatı (www.kib.org.tr)

Ülke Adı	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama (Ton)
ALMANYA	100.628	127.086	141.371	146.954	134.880	130.184
İTALYA	103.070	108.868	102.342	167.797	112.868	118.989
FRANSA	44.936	45.718	36.999	45.438	38.652	42.349
POLONYA	17.470	20.178	19.755	23.971	24.044	24.084
HOLLANDA	15.318	20.256	22.315	22.412	21.979	20.456
KANADA	22.004	22.762	18.904	17.132	16.863	19.533
AVUSTURYA	17.612	17.772	16.580	18.699	20.487	18.230
İSVİÇRE	18.378	17.348	17.733	18.361	18.793	18.123
BELÇİKA	15.000	20.432	17.129	14.886	15.616	16.613
DİĞER	100.696	138.826	165.374	163.895	157.666	145.292
TOPLAM	455.112	539.246	558.502	639.545	561.848	553.853

Özellikle Giresun kaliteli fındığı, yüksek yağ içeriği, kendine has tat ve aroması, kavurma esnasında kolaylıkla çıkarabilen kahverengi kabuğu (zar) nedeniyle yüzyıllardır Giresun kaliteli Tombul fındığına hem yurt içinde hem de yurt dışında yoğun bir talep olmaktadır (Alasalvar ve ark., 2003).

2.3. Fındığın Kullanım Alanı

Türkiye ve Dünya’ da çerez olarak da tüketilen fındık çıtlatıldıktan sonra tuzlanıp kavru olarak çerez olarak tüketildiği gibi, iç fındık olarak natürel veya beyazlatılmış, kavrulmuş, dilinlenmiş, kıyılmış, un, püre veya ezme haline getirilmiş fındık ürünleri olarak piyasaya sunulmaktadır. Bu ürünlerin Dünya’da ki kullanım oranları şu şekildedir: %80 çikolata sektöründe, %15 sütlü, meyveli, sebzeli tatlılarda, aşurelerde, kek, bisküvi ve pastalarda, dondurmada, şekerlemelerde, nuga, draje ve helva üretiminde, tavuk, balık, sebze, erişte, makarna gibi ürünlerde sos olarak, kokteyl ve kanepelerde, ayrıca ekmek üzerine sürülerek kahvaltılarda, peynir ezmelerinde, şurup üretiminde, buğday ve çavdar ununa katılarak ekmek üretiminde, aroma sağlayıcı olarak yoğurtlarda ve sütlerde kullanılırken %5’i de pazarlamada çerez olarak kullanılmaktadır (Köksal ve ark., 2006; Kırca ve ark., 2018; www.kib.org.tr). Türkiye’de fındığın kullanım alanına ve oranına bakıldığında %70’i çikolata sektöründe, %20’si pasta-tatlı üretiminde ve %10’u da çerezlik olarak satılmaktadır (Anil ve ark., 2018; Uzundumlu ve ark.,2019).

Kırılmış, vurgunlu ezik iç fındıklar yemeklik fındık yağı olarak; gizli çürük, çürük, acılaşmış fındıklar kozmetik ve sabun sanayiinde gliserin ve stearin üretiminde; bozuk fındıklardan elde edilen yağlar boya endüstrisinde; yağı ayrıldıktan sonra arta kalan küspe ise kümes ve süt hayvanları için yem üretiminde, natürel fındığın etrafını saran ve kavrulmayla uzaklaştırılan zar ise hayvan yemlerinde kullanılmaktadır (Köksal ve ark., 2006; Kırca ve ark., 2018; www.kib.org.tr).

2.4. Fındığın Besin Değeri

Fındık, insan sağlığı için sahip olduğu çok özel besin değerinden dolayı beslenmemizde önemli bir yer tutmaktadır (Köksal ve ark., 2006) .Fındık sert kabuklu meyvelerle karşılaştırıldığında birçok besin ögesi açısından ilk sırada gelmektedir. Baysal (1993) 100 g fındığın 634 cal’lık, Şimşek ve Aslantaş (1999) ise fındığın yaklaşık 600-700 kalorilik enerji verdiğini açıklamışlardır (Köksal, 2018).

Fındık bünyesinde %10-22 arasında karbonhidrat barındırmaktadır. İç fındığın protein içeriği %10-24 arasında değişmekte ve 100 g iç fındık tüketimi ile günlük protein ihtiyacının %22'si karşılanabilmektedir. Fındıkta bulunan kuru madde miktarının ise %2,8-7,9'u toplam şekerdir. Organik asitlerden en fazla malik asit, düşük miktarda ise galaktronik, süksinik, levulinik, sitrik, asetik ve bütirik asit bulunmaktadır. Fındıktaki toplam yağ miktarı 100 g fındıkta 50-73 g arasında değişmektedir. Fındık yağ asitleri olarak en fazla oleik asit içermekte ve oleik asiti sırasıyla linoleik, palmitik, stearik ve linolenik asit izlemektedir. Oleik asit kandaki kolesterol düzeyini azaltıcı etki gösterirken linoleik asit ise damar içi daralmasını engellemeye yönelik bir etkiye sahiptir. Fındıkta bulunan linoleik ve linolenik asitlerin kandaki lipid ve gliserid düzeyi ile hipertansiyonu da düşürücü etki yaptığı bildirilmektedir (Köksal, 2018).

Haftada beş veya daha fazla kuruyemiş tüketiminin koroner kalp hastalığı ihtimalini %50 oranında düşürdüğü gösterilmiştir (Maleki 2015). Fındık, ağaçta yetişen kuruyemişler arasında en iyi E vitamini kaynağıdır. Günde sadece 40 g fındık tüketmek, yetişkinler için alınması gereken E vitamininin %100' ünü sağlamaktadır. Vitamin E vücuttaki en güçlü antioksidan biridir (Alasalvar ve ark., 2003). Fındık, zengin mineral içeriğinin yanı sıra B1, B6 vitaminleri, niasin ve atokoferol gibi gerekli vitaminlerin önemli kaynakları arasında yer almaktadır (Köksal, 2006).

Fındığın mineral madde içeriğine ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Fındıkta en fazla bulunan mineraller sırasıyla K (6000 ppm), P (3000 ppm), Ca (1940 ppm) ve Mg 1320 ppm) olarak belirlenmiş; (33 ppm) gibi iz miktarlarda bulunmasına karşın fındığın önemli bir demir kaynağı olduğu saptanmıştır (Romero ve Tous 2000).

Günlük 42,5 g gibi miktarlarda tüketimi önerilen fındık, yetişkinlerde % 6,8 – 11,2 Ca, %12,1 – 29,8 Cr, %8,6 -23,5 Fe, %13,9 – 20,5 Mg, %15,6 – 19,1 P, % 4,7 – 7,7 K, % 4,3 – 6,3 Se ve % 7,1 -13 Zn alımı sağlar (Köksal, 2018).

Tablo 2.3 Fındığın kimyasal yapısı (www.arastirma.tarimorman.gov.tr)

Bileşenler	Ortalama Değerleri	Bileşenler	Ortalama Değerleri
Rutubet (g)	4,60	Klor (mg)	18,00
Protein (g)	14,10	İyot (µg)	17,00
Yağ (g)	63,50	Thiamin (B1 vit.) (mg)	0,43
Karbonhidrat (g)	15,8	Riboflavin (B2 vit.) (mg)	0,16
Toplam azot (g)	2,66	Vitamin B6 (mg)	0,59
Sodyum (mg)	6,00	Vitamin E (mg)	24,98
Potasyum (mg)	730,00	Toplam şeker (g)	4,00
Kalsiyum (mg)	140,00	Glikoz (g)	0,20
Magnezyum (mg)	160,00	Fruktoz (g)	0,10
Fosfor (mg)	300,00	Sakkaroz (g)	3,70
Demir (mg)	3,20	Enerji (kcal)	691
Bakır (mg)	1,23	Kül	2,00
Çinko (mg)	2,10		
Mangan (mg)	4,90		
Kükürt (mg)	120,00		

2.5. Bitki Bazlı İçecekler (Bitkisel Sütler)

Baklagiller ve yağ içeriği yüksek olan tohumlardan bitkisel süt üretimi 13. y.y.'dan sonra süregelen bir sistemdir. Günümüzde besin içeriği değerlerinin yüksek olmasının anlaşılmasıyla beraber süt ve süt ürünlerine ikame ürünler olarak bitkisel süt üretimi geliştirilmeye ve tüketiciye sunulmaya başlanmıştır. Bitkilerden elde edilen görünüş bakımından sütü andıran fakat sütün içeriğindeki süt yağı ve sütün önemli bileşenlerini içeriğinde bulundurmayan ürünler vegan süt olarak tanımlanmaktadır (Karlı,2021) .

Bitki bazlı sütler, suda     n     ve par alanm     bitki parçalarını içeren süspansiyonlar olup, g r n     itibarıyla inek sütüne benzemektedir (M kinen ve ark., 2016). Bitkisel kaynaklı sütler vitamin, mineral, diyet lifleri ve antioksidanlar bakımından sa lı a faydalı biyoaktif bileşenler bakımından zengin oldukları için fonksiyonel gıdalar olarak da ifade edilmektedir (Das ve ark., 2012).

Bitki bazlı süt ikameleri, inek sütü alerjisi ve laktoz intoleransı olanlar ve süte alternatif olarak bitki bazlı içecek arayanlar için uygun bir tercihtir (Maghsoudlou ve ark.,2016). Laktoz intoleransı olanlar ve/veya inek sütüne alerjisi olanlar bitki bazlı sütlerin önemli tüketicileridir. Ancak veganlar ve vejetaryenler gibi sağlık sorunu olmayan kişiler tarafından da büyük ilgi görmektedirler. Bu tür ürünlere yönelik talebin daha da artması ekonomik açıdan birçok ülke için ekstra bir avantaj sağlayacaktır. Mesela yeti tirdikleri hammaddeler fındık ve hububat gibi artı bir değer kazanm     olacaktır (Bernat ve ark., 2014a) .

Bütün ticari bitki bazlı içecekler laktoz, hayvansal protein ve kolesterol içermemektedirler. Bitki bazlı sütlerin elde edildiği hammaddelerin özellikleri dikkate alındığında, bitki bazlı içecekler genel olarak iki grup halinde sınıflandırılabilir: kabuklu kuruyemiş sütleri ve tahıl sütleri (Ersöz, 2019).

Yulaf, badem, hindistan cevizi ve pirinç sütleri gibi bitki bazlı sütlere talebin zamanla artmasına rağmen en çok bilinen ve tercih edilen bitki bazlı içecek soya sütüdür (Bernat ve ark., 2014a). En yaygın tüketilen bitki sütü ikamesi soya sütü, Asya'dan Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki süpermarket raflarına yolculuğuna yüz yıldan kısa bir süre önce ba lamı tır. Ticari olarak ilk başarılı ürün 1940 yılında Hong Kong'da piyasaya s r lm   t r ve hafif aromalı soya sütünün büyük ölçekli üretimi için teknolojinin gelişmesinden sonra Asya'da 1970'lerde ve 1980'lerin başında pazar hızla b y m   t r (Chen, 1989). Batı dünyasında soya sütü talebi inek sütüne karşı toleransı olmayan tüketiciler tarafından ba latılmı tır, ancak pazar 1990'larda ve 2000'lerde sağlık trendinin bir parçası olarak geni lemi  ve 1992 ve 2008 yılları arasında 300 milyon ABD dolarından 4 milyar ABD dolarına

yükselmiştir (Makinen ve ark.,2016). Soya, 1999 yılında koroner kalp hastalığı riskini azalttığı için FDA kaynaklı bir sağlık onayı aldıktan sonra, piyasaya 2700'den fazla yeni soya ürünü girmiştir (Patisaul ve Jefferson, 2010).

Soya sütü ve diğer süt ürünü olmayan bitkisel sütlerin Avrupa satışları yılda %20'den fazla artmaktadır ve İspanya, süt ürünleri dışı içecek pazarının en fazla büyüdüğü AB ülkesidir. Benzer şekilde, soya, badem, pirinç ve diğer bitkisel sütlerin toplam ABD perakende satışları 2011'de 1,3 milyar dolara ulaşmıştır (Bernat ve ark., 2014a).

Kuruyemiş, tahıl ve sebzeden üretilen bitki bazlı içeceklerin aromalı, şekerli/şekersiz, az yağlı ve/veya takviye edilmiş formülasyonlarının geniş bir türü şu anda piyasada bulunmaktadır. Badem, hindistancevizi, yerfıstığı ve soya sütü gibi bitki bazlı sütler pazarda en çok dikkat çeken sütlerdir; fındık bazlı ise çok az ürün bulunmaktadır (Alasalvar ve ark., 2003).

Soya sütü hariç bitkisel sütlerin kullanımı ile ilgili araştırmalar sınırlı sayıdadır ve yapılan araştırmaların çoğu ürünlerin beslenme açısından önemi ile ilgilidir. Bu bağlamda badem ve fındıktan üretilen bitki bazlı içecek, kalsiyum, fosfor ve potasyum miktarlarının yüksek olması dolayısıyla laktoz intoleransı olan bireylerde, hamileler ve çölyak hastalarında süte alternatif olarak tüketilebilir bulunmuştur (Bernat ve ark., 2015).

2.6. Bitkisel Sütlerde Kullanılan Hidrokolloidler

Hidrokolloidler gıdaların stabilitesini arttıran, fizikokimyasal yapılarını koruyan ve geliştiren yüksek molekül ağırlığına sahip polisakkaritlerden oluşan sulu çözeltilerde çözünen ya da dağılık şekilde bulunan biyopolimerler olarak ifade edilmektedir. Gıda sanayinde 'stabilizatörler' veya 'gamlar'olarak da isimlendirilen bileşikler ayrıca kozmetik, ilaç, tekstil ve kağıt sanayi gibi alanlarda da geniş bir kullanım alanı bulmaktadır (Şahin, 2003). Gam kelimesi ilk olarak zatkımsı, yapışkan, bitkilerden

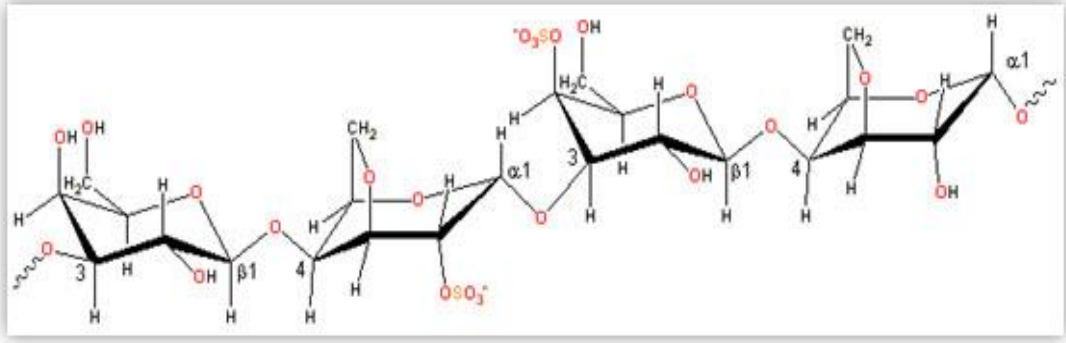
elde edilen doğal reçineleri için kullanılırken şimdilerde ise teknik olarak kıvam verici veya jelleştirici bir yapı oluşturmak için kullanılan suda çözünen ve homojen halde dağılabilen polimerik maddeler olarak ifade edilmektedir (Altuğ 2009). Gamların kullanıldıkları gıdadaki işlevi Tablo 2.4 gösterilmiştir (Gürsel, 2001).

Tablo 2.4 Gamların kullanım alanına göre gıdadaki işlevi (Gürsel, 2001)

İşlev	Kullanıldığı gıdalar
Jelleştirmek	Pudingler, tatlılar, şekerleme
Emülsiyonu stabilize etmek	Salata süslemeleri, alkolsüz içecekler
Kıvamı arttırmak	Tart dolguları, soslar, et suları
Film oluşturmak	Sosis mahfazaları, koruyucu katmanlar
Enkapsülasyon olanağı sağlamak	Püskürtülerek kurutulmuş aroma maddeleri
Kaplama maddesi işlevi görmek	Şekerleme
Tekstür oluşturmak	Diyetetik içecekler
Köpürtme sağlamak	Süslemeler, lokum benzeri şekerlemeler

2.6.1 Karragenan

Karragenanlar, yaklaşık olarak altı yüzyıl önce İrlanda'nın güney sahili olan Carragheen kasabasında keşfedilmiştir. İlk olarak İrlanda yosunu diye bilinen *Chondrus crispus* isimli kırmızı deniz yosunundan ekstrakte edilmiştir (Altuğ, 2009). Karragenan, Rhodophyceae familyasına ait yenilebilir kırmızı yosun çeşitlilerinden üretilen doğrusal sülfatlanmış anyonik bir polisakarittir. Karragenanın molekül yapısı, α -1,4 ve β -1,3 glikosidik bağlantı ile birleştirilmiş alternatif D-galaktoz ve 3,6-anhidro-galaktoz (3,6-AG) unsurlarının disakkarit tekrarından oluşmaktadır (Demirtaş, 2007). Şekil 2.1'de karragenanın kimyasal yapısı verilmiştir (www.biokimkimya.com).



Şekil 2.1 Karragenanın kimyasal yapısı (www.biokimkimya.com)

Karragenan çeşitleri suda çözünmekte ve yüksek viskoziteli çözeltiler oluşturmaktadırlar. Sülfat yarı ester grupları her zaman iyonize halde olup moleküle negatif yükler verdiği için viskozite geniş aralıklarda oldukça stabildir (Altuğ, 2009). Karragenanlar asit hidrolizine oldukça duyarlıdır ve pH 5'in altında ısıtıldıklarında özellikle (1→3) glikozidik bağlarının kırılmasıyla viskozitede önemli düzeyde azalma meydana geldiği gözlenmiştir (Çakır, 2013). Toz formda olan krem ile açık kahverengi arasında bir renk skalasında bulunan gıda saflığındaki karragenanların hepsi sıcak su ve sıcak sütte çözünmemekte, ancak organik çözügenlerde çözünmemektedirler. Karragenanlar, dallanmış makro molekül yapısı ve polianyonik özelliklerinden dolayı yüksek oranda kıvamlı çözeltiler oluşturabilmektedirler. Karragenanın molekül ağırlığı, konsantrasyonu, sıcaklık, çözeltildeki katyonlar karragenanın oluşturduğu çözeltinin viskozitesini etkilemektedir. Karragenan solüsyon veya jellerinin oda sıcaklığında veya daha düşük sıcaklıklarda geniş bir pH aralığında oldukça stabildirler. Ancak yüksek sıcaklıklar ve düşük pH da hızlı bir şekilde oluşturdukları yapıyı kaybettikleri belirtilmektedir (Altuğ, 2009).

Karragenanlar, özellikle gıda ürünleri ve soslarda jelleştirici, kıvam verici ve stabilize edici ajanlar olarak çeşitli ticari uygulamalarda kullanılmaktadır. Karragenanlar bu görevlerinin yanında deneysel tıpta, ilaç formülasyonlarında, kozmetik ve endüstriyel uygulamalarda da kullanılmaktadır (Ersöz, 2019).

2.6.2 Keçiboynuzu Gamı (Locus bean gum)

Keçiboynuzu gamı (LBG), keçiboynuzu ağacı *Ceratonia siliqua* (L.) tohumunun endosperminden üretilmektedir. Botanik adı Leguminosae ailesinden olan ‘*Ceratonia siliqua*’dır. Ayrıca keçiboynuzu gamı, dünyanın farklı yerlerinde locust bean gamı, carubin ve algroba gibi farklı isimlerle de anılmaktadır. Günümüzde gıda maddelerinde E410 kodu ile gösterilen kıvam artırıcı katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Demirtaş, 2007, Matar, 2020).

Keçiboynuzu gamı, yapısal olarak D-mannoz ve D-galaktoz içermektedir ve yaklaşık 1:4 oranında galaktoz:mannoz içermesine rağmen ve asıl yapı maddesi galaktomannan tipinde polisakkaritlerdir. Bu bileşim miktarı, kullanılan yöntemlere ve keçiboynuzu gamının yetiştirildiği coğrafyaya bağlı olarak değişmektedir. Yapı, 1-4 bağlanmış D-mannoz ana zinciriyle her 4. veya 5. üniteye 1-6 glikozidik bağ ile D-galaktoz bağlanarak yan zincir oluşturan doğal bir galaktomannan polimerdir. Molekül ağırlığının 310,000 g/mol olduğu bildirilmektedir. Keçiboynuzu gamı, bulunabilirliği, düşük toksisitesi ve düşük maliyeti nedeniyle diğer endüstriyel polimerlerden ayırt edilen doğal bir gam olarak kabul edilmektedir (Barak ve Mudgil, 2014).

Keçiboynuzu gamı soğuk suda şişmekte ve neredeyse ağırlığının 50 katı kadar suyu bünyesinde barındırabilmektedir. Yüksek oranda çözünürlüğe ulaşmak için ısıtma işlemi gerekmektedir. Bu ısıtma işlemi yaklaşık olarak 85°C’dir. (Demirtaş, 2007).

Keçiboynuzu gamı, oda sıcaklığında suda kısmen çözünmemekte ve sıcaklık arttıkça çözünürlüğü de artmaktadır. Sıcaklık daha sonra düşse bile keçiboynuzu gamının çözünürlüğünü etkilememektedir. Düşük konsantrasyonlarda koyu kıvamlı çözeltiler oluşturabildiği için keçiboynuzu gamı gıda endüstrisinde geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmaktadır (Altuğ 2009). Gıda sanayinde un ve unlu mamüller, marmelat ve meyve jölesi, hazır çorbalar, dondurma, peynir, çikolata, kuru soslar, salata sosları yapımında kıvam artırıcı, stabilize edici ve emülsifiye edici olarak kullanılan bu gam,

ayrıca ilaç, kağıt endüstrisinde, matbaacılıkta, mobilyacılıkta, kibrit üretiminde, dericilikte, petrol ve petro kimya endüstrisinde, deterjan ve plastik sanayinde de kullanılmaktadır (Ersöz, 2019).

2.6.3. Karboksimetilselüloz (CMC)

Genellikle CMC olarak tabir edilen sodyum karboksimetilselüloz, alkali ile kloroasetik asitin reaksiyonu sonucu oluşan bir selüloz türevidir. Bu reaksiyondan elde edilen ürün nötrleştirilir ve kurutulur. Saflaştırılmış CMC, sıcak veya soğuk suda çözülebilen, beyaz veya kirli beyaz renkte, toksik olmayan, kokusuz, biyolojik olarak parçalanabilen bir maddedir. CMC, günümüzde bağlayıcı, emülsiyeye edici ve stabilize edici ajan olarak; gıda, kozmetik sanayi, ilaç, petrol sanayi ve kağıt endüstrileri dahil olmak üzere birçok endüstride çeşitli uygulamalarda üstün özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır. CMC'yi bu uygulamalarda kullanışlı kılan en önemli özelliği düşük konsantrasyonlarda bile yüksek viskoziteye sahip olmasıdır (Yang ve Zhu, 2007).

Karboksimetilselüloz suda kolay çözünmesi, arzu edilen reolojik özellikleri sağlaması ve kolay sindirilebilirliği nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Karboksimetilselüloz, jelatin, kazein ve soya proteini gibi bazı gıda proteinlerinin çözünmesine de yardımcı olmaktadır. Karboksimetilselüloz-protein kompleksi oluşturarak çözünme gerçekleşir ve bu çözünme sonucu kıvam artmaktadır (Güven ve Hayaloğlu, 2001).

Gıda endüstrisinde çokça kullanılan bu madde diyetetik gıdalarda ve meşrubat sanayinde emülgatör ve stabilizör olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kek hamurlarında su tutma gücünü artırmak, dondurma ve şerbetlerde arzu edilmeyen kristalleşmeyi önlemek amacıyla da kullanılmaktadır (www.akademik.adu.edu.tr).

2.6.4. Gellan Gam

Gellan gam, gram-negatif bakteri *Sphingomonas paucimobilis* mikroorganizması tarafından salgılanan hücre dışı bir polisakkaritin genel adıdır. Ticari olarak fermantasyon prosesi ile üretilir (Sworn ve Stouby, 2021). Gellan gam suda çözülebilir ve ısıtıldığında, tek veya iki değerlikli katyonlarla karıştırıldığında, uygun koşullar altında sıcaklığın düşürülmesiyle düşük konsantrasyonlarda jel oluşturabilmektedir (Oliveira ve ark., 2010, Sworn ve Stouby, 2021).

Gellan gam, başlıca şekerleme, reçel ve jölelerde, su bazlı jellerde, tart ve pudinglerde, evcil hayvan yemlerinde, kek kremalarında, süt ürünlerinde jelleştirici ajan olarak kullanılmaktadır. Fırıncılık ürünlerinde dolgu maddesi olarak kullanıldığı zaman daha düzgün bir yapı ve ağızda daha iyi bir tat bırakmaktadır. Fırıncılık ürünlerin raf ömrünü, ısı stabilitelerini artırmakta ve nem kaybını azaltmaktadır (Sungur ve Ercan 2004).

2.6.5. Trikalsiyum Fosfat

Beyaz, kokusuz ve toz halinde bulunmaktadır. Kolaylıkla özümsemlenip emilmekte olup gıdalarda topaklanmayı önleyici ve tamponlayıcı ajan olarak kullanılmaktadır. Seyreltik hidroklorik asit ve seyreltik nitrik asit içinde kolayca çözünürken soğuk suda (0.0025g / 100ml) hafifçe çözünmektedir. Gıda katkı maddesi olarak trikalsiyum fosfatın (TCP) E kodu (E341)'dir. Bazı ürünlerde kabartma ajanı olarakta kullanılan trikalsiyum fosfat, kuru içecek karışımlarında akışkanlık sağladığı için yaygın olarak kullanılır. Akışkanlığı arttırmak için sofra tuzu, şeker, kabartma tozu, kek miksi ve diğer granüler gıdalarda da kullanılmaktadır. Fırıncılık ürünlerinde tamponlama işlemi görmektedir. Ayrıca unlu mamüllerde mayaya besiyeri olarak da kullanılmaktadır (Oliveira ve ark., 2010, www.akademik.adu.edu.tr).

2.7. Fındık Sütü

Piyasada bulunan bitki bazlı içeceklerin en dikkat çekenlerinden bir tanesi fındıklardan elde edilen fındık sütüdür (Güner, 2017). Fındık sütü fındığın bileşimi

ve içeriğinin yararlarından dolayı hayvansal sütlere alternatif olabilecek bitkisel bir icektir. Fındık sütü taze fındıktan elde edilebileceği gibi kendine özgü aromasından dolayı kavrulmuş fındıktan da retilabilmektedir (Sezgin, 2021).

Fındık sütü, diğer bitki bazlı sütlere benzer şekilde, çözünmüş ve parçalanmış bitki materyalleri içeren kolloidal süspansiyonlar veya emülsiyonlar olarak tanımlanabilir. Ayrıca, fındık sütünün zayıf dispersiyon stabilitesi, fındıktan stabil bir ürün üretilmesi için temel sınırlayıcı faktördür. Fındık sütü konusunda literatürde yeterli bilgi mevcut değildir (Güner, 2017). Tablo 2.5’ te bitkisel süt üretimi için ticari olarak kullanılan hammaddelerin bileşim, 100 g yenilebilir kısım için ifade edilmiş şekilde gösterilmiştir.

Fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için bitki bazlı süt ikame maddelerine çeşitli farklı bileşenler eklenebilir (McClements, 2020). Kıvam arttırıcı maddeler, arzu edilen tekstürel ağız hissi niteliklerini oluşturmak, lipid damlacıklarının homojenitesini korumak veya çözünmeyen maddenin çökelmesini engellemek için kullanılabilmektedirler. Moleküler, fiziksel, fonksiyonel ve biyolojik özelliklerinde değişiklik gösteren çok sayıda biyopolimer kıvam arttırıcı olarak kullanılabilmektedir. Tamamen bitki bazlı bir süt için, bu biyopolimerler tamamen bitkilerden örneğin nişasta, pektin, mısır lifi veya keçiboynuzu zamkı tercih edilmelidir. Bununla birlikte, bazı ürünlerde, deniz yosunundan izole edilenler (rneğin aljinat ve karragenan) veya mikrobiyal fermentasyon ile elde edilenler (rneğin ksantan zamkı) gibi diğer hayvan bazlı olmayan biyopolimerlerin kullanılması kabul edilebilir. Karragenan veya pektin gibi anyonik biyopolimerler, protein kaplı damlacıkların topaklanmasını önlemek için bitkisel süt ürünlerinde de kullanılabılır. Bunu, yağ damlacıklarının yüzeylerindeki katyonik alanlara adsorbe ederek ve böylece damlacıkların birbirine yaklaşmasını engelleyen kalın bir kaplama oluşturarak yaparlar (Guzey ve McClements, 2006).

Bir dizi beslenme araştırmacısı, inek sütünde bulunan yüksek kaliteli proteinler, vitaminler (A, D, E ve B12) gibi ve mineraller (kalsiyum gibi) bütün temel besin maddelerini içermediği için bitkisel sütleri yermektedirler. Bu sebeple, birçok

bitkisel kaynaklı süt üreticileri temel besin maddelerini ürünlerine ilave etmektedirler. Tipik olarak, polar olmayan besin bileşenleri homojenizasyondan önce yağ fazına eklenirken, homojenizasyondan önce veya sonra polar olanlar su fazına eklenir. rnek olarak, kalsiyum kaynağı olarak kalsiyum karbonat ve trikalsiyum fosfat eklenmektedir. Kalsiyumun bu kolloidal formları, znmez oldukları ve iyon bağlama ve elektrostatik eleme etkilerinden dolayı bitki bazlı süt ikamelerinde anyonik proteinlerin toplanmasını desteklemediği için seçilir. Kalsiyum, rn boyunca dağılabilen koloidal partiküllerde bulunur ancak çökelmelerini önlemek için yine de çalkalama gerekebilir (McClements, 2020). Yurtdışında piyasada bulunan bazı bitkisel sütlerin g/100 ml başına besin değerlerini içeren bilgi Tablo 2.6' da verilmiştir (Makinen ve ark., 2016)

Yapılan literatür araştırmalarında fındık sütü ile yapılmış birkaç çalışmaya rastlanılmıştır. Yapılan çalışmalardan bir tanesine göre fındık sütünün *Lactobacillus rhamnosus* GG ve *S. thermophilus* ile fermentasyon süreci takip edilmiştir. Minimum sürede yeterli düzeyde probiyotik canlılığını sağlamak için farklı faktörlerin (glikoz, inülin ve inokulum içerikleri) etkisi araştırılmıştır (Bernat ve ark., 2014b).

Optimize edilmiş ürünün raf ömrü, temel fizikokimyasal özellikleri ve kalite parametreleri (probiyotik hayatta kalma miktarı ve duyusal analiz) açısından karakterize edilmiştir. Sonuçlar, belirtilen formülasyonun soğuk depolama boyunca (4°C'de 28 gün) probiyotiklerin yüksek oranlarda hayatta kalmasına izin verdiğini ve >%60'ın in vitro sindirim işleminde hayatta kaldığını göstermiştir. *Lactobacillus rhamnosus* GG'nin, konakçıda inlini parçalayamadığı gözlenmiştir (Bernat ve ark., 2014b).

Bernat ve arkadaşları, (2015) yüksek basınçlı homojenizasyon (62 ve 172 MPa) ve sıcaklık (85°C 30 dk ve 121°C 15 dk) uygulamasının fındık ve badem sütünün fiziksel yapısı üzerine etkisini aratırmılardır. Homojenize edilmiş badem sütü örneklerinde parçacık büyüklüğünde önemli bir azalmaya rastlanmıştır.

Tablo 2.5 Bitkisel süt üretimi için ticari olarak kullanılan hammaddelerin bileşimi (Bernat ve ark., 2014a)

Hammadde	Kuruyemiş									Tahıl				
İsim	Badem	Kestane	Fındık	Ceviz	Arpa	Mısır	Darı	Yulaf	Kinoa	Kahverengi pirinç	Susam	Kavuzlu buğday	Hindistan cevizi	Yer bademi
Enerji KJ	2453	939	26929	2738	1346	1528	1583	1670	1276	1607	2660	1415	1482	1706
Yağlar (g)	54,65	5,3	60,75	65,21	1,6	4,74	4,22	6,9	5,56	2,64	49,7	2,43	33,49	23,74
Protein (g)	19,13	4	14,95	15,23	9,91	9,42	11,02	16,9	13,8	7,5	17,7	14,57	3,33	6,13
Nem (g)	5,87	4,48	5,31	4,07	10,09	10,37	8,67	0	11,5	11,4	4,24	11,02	46,99	?
Karbondidrat (g)	6,2	39,7	16,7	13,71	77,7	74,26	72,85	66,3	49,2	81,3	9,28	70,19	15,23	42,54
Diyet lifi (g)	8,35	7,1	9,7	6,7	15,6	7,3	8,5	10,6	7,9	3	7,9	10,7	9	17,4
A vitamini(µg)	0	0	1	1	0	11	0	0	0	0	?	0	0	0
E vitamini (mg)	24	1,4	15,03	0,7	0,2	0,49	0,05	0,7	0,45	0,6	?	0,79	0,24	10
C vitamini (mg)	?	0	6,3	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	3,3	6
Tiamin (mg)	0,21	0,18	0,643	0,34	0,19	0,385	0,421	0,76	0,2	0,39	0,791	0,364	0,066	0,23
Riboflavin (mg)	0,78	0,1	0,113	0,15	0,114	0,2	0,29	0,14	0,4	0,08	0,247	0,113	0,02	0,1
Niasin (mg)	5,3	?	1,8	1,125	4,61	3,64	4,72	0,96	?	6,8	4,52	6,843	0,54	1,8
B6 vitamini (mg)	0,11	0,3	0,563	0,537	0,26	0,62	0,384	?	0,2	0,51	0,79	0,23	0,054	?
Folat (µg)	70	85	113	98	23	19	85		30	40	97	45	26	1,41
Sodyum (mg)	10,36	10,6	11	2	9	35	5	2	61	6	2,31	8	20	37,63
Potasyum (mg)	767,25	591,6	680	441	280	287	195	429	780	223	468	388	356	519,2
Kalsiyum (mg)	248,25	47,3	114	98	29	7	8	54	79	21	96	27	14	69,54
Fosfor (mg)	524,88	87,6	290	346	221	210	285	523	230	303	604	401	113	232,23
Magnezyum (mg)	258,13	39	163	158	79	127	114	177	210	143	324	136	32	86,88
Demir (mg)	3,59	1,6	4,7	2,91	2,5	2,71	3,01	4,72	7,8	1,7	14,6	4,44	2,43	3,41
Çinko (mg)	3,6	0,6	2,45	3,09	2,13	2,21	1,68	3,97	3,3	1,8	5,74	3,28	1,1	4,19

Tablo 2.6 Yurtdışında piyasada bulunan bazı bitkisel sütlerin g/100 ml başına besin değerleri
(Makinen ve ark., 2016)

İçecek (Üretici)	Enerji(kcal)	Protein	Karbonhidrat (şeker)	Yağ (doymuş)	Lif	Takviye
inek sütü (yağlı)	64	3,30	4.6 (4.6)	3.9 (2.5)	—	—
İnek sütü (yağsız)	33	3,50	4.8 (4.8)	0.3 (0.1)	—	—
Soya (Alpro, UK)	38	2,90	2.8 (2.7)	1.7 (0.3)	0.5	Ca, B2, B12, D, E
Soy a(Tesco, UK)	32	3,40	0.2 (0.1)	1.9 (0.3)	0.6	Ca, E, D, B12
Soya (Triballat Noyal, FR)	45	3,70	3.1 (2.7)	2.0 (0.3)	0.8	Ca
Yulaf (Alpro, UK)	66	0,4	12.7 (5.7)	1.5 (0.57)	0.0	-
Yulaf(Oatly, SE)	35	1	6.5 (4.0)	0.7 (0.1)	0.8	Ca, D2, B2, B12
Yulaf (Hain Europe, BE)	50	0.6	8.6 (4.5)	1.3 (0.2)	1.0	Ca, D2, B12
Kamut, (La Finestra Sul Cielo,IT)	46	0.7	7.5 (4.6)	1.4 (0.2)	0.5	—
Amaranth (Ecomil, SP)	52	0.6	8 (5.0)	1.9 (0.5)	0.3	—
Susam (Ecomil, SP)	51	0.6	6.7 (3.4)	2.4 (0.5)	0.2	—
Kinoa (Ecomil, SP)	46	1,50	3.7 (2.5)	2.8 (0.7)	0.6	—
Kenevir(Braham and Murray, UK)	36	1,30	2.2 (2.1)	2.4 (0.3)	0.2	Ca, D2
Pirinç (Hain Europe, BE)	47	0.1	9.4 (4.0)	1.0 (0.1)	0.1	—
Pirinç (Alpro, UK)	60	0.2	12.2 (5.0)	1.2 (0.2)	0.0	Ca, B1, B6, B12
Badem (Alpro, UK)	24	0.5	3.0 (3.0)	1.1 (0.1)	48	Ca, B2, B12, D2

Viskozite ve protein stabilitesi etkilenmeden parçacık yüzey yükü, beyazlık indeksi berraklık, ve numunelerin fiziksel stabilitesinde artış gözlenmiştir Homojenizasyon işlemi uygulama sonrasında fındık sütünde viskozite artmış ve protein yapısında değişiklikler oluşmuştur. Yüksek sıcaklık uygulaması sonucu protein denatürasyonu oluşmuştur ve denatürasyon sonucunda yağ globülleri-protein kümeleri nedeniyle parçacık botuyunda artış olduğu gözlenmiştir (Bernat ve ark., 2015).

Kefir tanecikleri ile yapılan çalışmada fermente edilmiş fındık-peynir altı suyu ilave edilen içeceklerin farklı sıcaklıklarda (20-30°C) ve inokülüm miktarlarında toplam fenolik madde içeriği, DPPH radikal temizleme aktivitesi (antioksidan aktivitesi), indirgeme gücü, demir-iyon şelat oluşturma kapasitesi araştırılmıştır. Fındık sütünün

48 saat fermentasyon sonucunda toplam fenolik madde miktarının başlangıçta azaldığı gözlenmiştir. Fermentasyon süresince antioksidan aktivite önemli bir artış göstererek %55,47'den %91,81'e çıkmıştır. Fermente edilmiş fındık sütünün optimum koşullarının %8 inokülüm miktarı ile 25°C derece olduğu gözlenmiştir (Maleki ve ark., 2016).

Gül ve arkadaşları (2017) yılında yaptığı çalışmada yüksek basınçlı homojenizasyonun (HPH) fındık sütlerinin mikroyapısı ve reolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Fındık sütü örnekleri soğuk sıkım fındık keki kullanılarak üretilmiş ve 150 MPa basınca kadar homojenize edilmiştir. HPH işlemlerinden ürünlerin mikroyapısı ve reolojik özellikleri, sıcaklık uygulaması dışında önemli miktarda etkilenmiştir. Nihayetinde, fındık sütü üretmek için HPH, mikro yapı ve reolojik özelliklerin iyileştirilmesi nedeniyle büyük ölçüde kullanılabilir bulunmuştur. Viskozitedeki azalma, pompalama gibi üretim işlemleri aşamaları sırasında enerji kullanım miktarını azaltabilir. Bu nedenle, bu işlem daha az enerji tüketimine ve daha verimli fındık sütü işlemesine yol açabilir.

Gül ve arkadaşları yine (2018b) yılında yaptıkları ikinci çalışmada soğuk preslenmiş fındık kek konsantrasyonunun (% 5, 10, 15 W / V) yapılan fındık sütlerinin fizikokimyasal, yapısal ve duyusal özellikleri üzerinde soğuk preslenmiş fındık kek konsantrasyonunun (HPH) (100 MPa'ya kadar) etkisini değerlendirmişlerdir. Süt ve ayrıca TOPSIS yaklaşımı ile fındık süt üretimi için en iyi koşulları belirlemişlerdir. % 15 fındık kekinden üretilen fındık sütleri en iyi fizikokimyasal özelliklere ve fiziksel stabiliteye sahip olarak bulunmuş, ancak sütlerin duyusal özellikleri kabul edilebilir düzeyde bulunmamıştır. Fizikokimyasal özellikler, fiziksel stabilite ve fındık sütlerinin duyusal özellikleri homojenizasyon basıncından önemli olarak etkilenmiştir ($p < 0.05$).

Homojenizasyon basıncını artırarak fındık sütlerinin kolloidal stabilitesi ve duyusal özellikleri geliştirilmiştir. Topsis yaklaşımı, %10 fındık kek konsantrasyonunun ve 100 MPA

homojenizasyon basıncının kabul edilebilir bir fındık süt üretimi için en iyi durum olduğunu göstermiştir (Gül ve ark., 2018b).

Ermiş ve arkadaşları (2018a) yaptığı çalışmada natürel fındıktan *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* ticari suşları kullanılarak sağlıklı, fonksiyonel özellikte fermente bir fındık sütü elde etmişlerdir. İlk aşamada, ultrason uygulaması ile fındık sütünün homojenizasyonu sağlamışlardır. Elde edilen fermente ürününün pH, titre edilebilir asitlik, serum ayrılma kapasitesi, protein içeriği, yağ içeriği ve kül içeriği sırasıyla 4,95 - 1,25 g laktik asit/100mL, %28,00, %2,60, %7,03 ve %0,66 olarak bulunmuştur. Reolojik analizlerden elde edilen veriler fermente fındık sütünün Newtonian olmayan psödoplastik akış davranışı sergilediğini ve yapısının viskozdan daha elastik olduğunu göstermiştir. Duyusal analiz, renk, aroma, tipik yoğurt kokusu ve genel kabul edilebilirlik gibi fermente fındık sütünün bazı niteliklerinin ayrandan daha az beğenildiğini, ancak diğer bazı özelliklerin tatmin edici olduğu sonucuna varmışlardır.

Yine Ermiş ve arkadaşları (2018 b) yardımcı malzeme olarak maltodekstrin (MD) kullanılarak fındık sütü tozu (HMP) üretimi araştırılmıştır. Toz malzemeyi elde etmek için sprey kurutma ve dondurarak kurutma tekniklerini kullanmışlardır. MD, kurutmadan önce %5, %10 ve %15 (a/a) konsantrasyonlarında ilave edilmiştir. Hem püskürtülerek kurutulmuş (SDHMP) hem de dondurularak kurutulmuş (FDHMP) numuneler için Hausner Oranı, çok zayıf akışa karşılık gelen 1,30 ile 1,64 arasında değişmiştir. FDHM toz numuneleri, SDHM tozlarından biraz daha düşük Hausner Oranı değerleri sergilemiştir. FTIR spektrumları, hem SDHM'nin hem de FDHM'nin küçük farklılıklarla benzer absorpsiyon özellikleri sergilediğini göstermiştir. Her iki toz numunesi için de sudaki çözünürlük, kurutma yöntemine ve MD içeriğine bağlı olarak %20 ila 65 arasında değişmiştir. Kalan nem içeriği, su aktivitesi, çözünürlük ve akışkanlık bazında, sprey kurutma işleminin dondurarak kurutma işlemine kıyasla daha kaliteli tozlar ürettiği bulunmuştur.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırmada materyal olarak natürel iç fındık ve kavrulmuş iç fındık kullanılmıştır. Kullanılan fındıklar Giresun'un Tirebolu ilçesindeki fındık işleme tesisinden elde edilmiştir. Fındıklı süt formüllerinin üretiminde Giresun Tombul çeşidi fındıklar kullanılmıştır. Üretime uygun olmayan taneler elle ayıklanmış ve uygun olanlar kullanılıncaya kadar +4 °C' de saklanmıştır. Kristal şeker yerel pazarlardan temin edilmiştir. NaCl, Merck'ten (Merck and Co., Whitehouse Station, NJ) satın alınmıştır. Gıda sınıfı Trikalsiyum fosfat Kimbiotek Corporation'dan (Kimbiotek Corp., İstanbul, Türkiye) satın alınmıştır. Gellan zamkı (GG), Keçiboynuzu zamkı (LBG), Karagenan zamkı (CG) ve Karboksil metil selülozun (CMC) Sodyum tuzu, CP Kelco (CP Kelco US, Inc., ABD) tarafından hediye edilmiştir. Su yerel pazardan (kardağ marka) satın alınmıştır. Fındık sütü üretiminde kullanılan natürel ve kavrulmuş fındıklar Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Fındık sütü üretiminde kullanılan natürel ve kavrulmuş fındıklar

3.2. Fındık Sütü Hazırlanışı

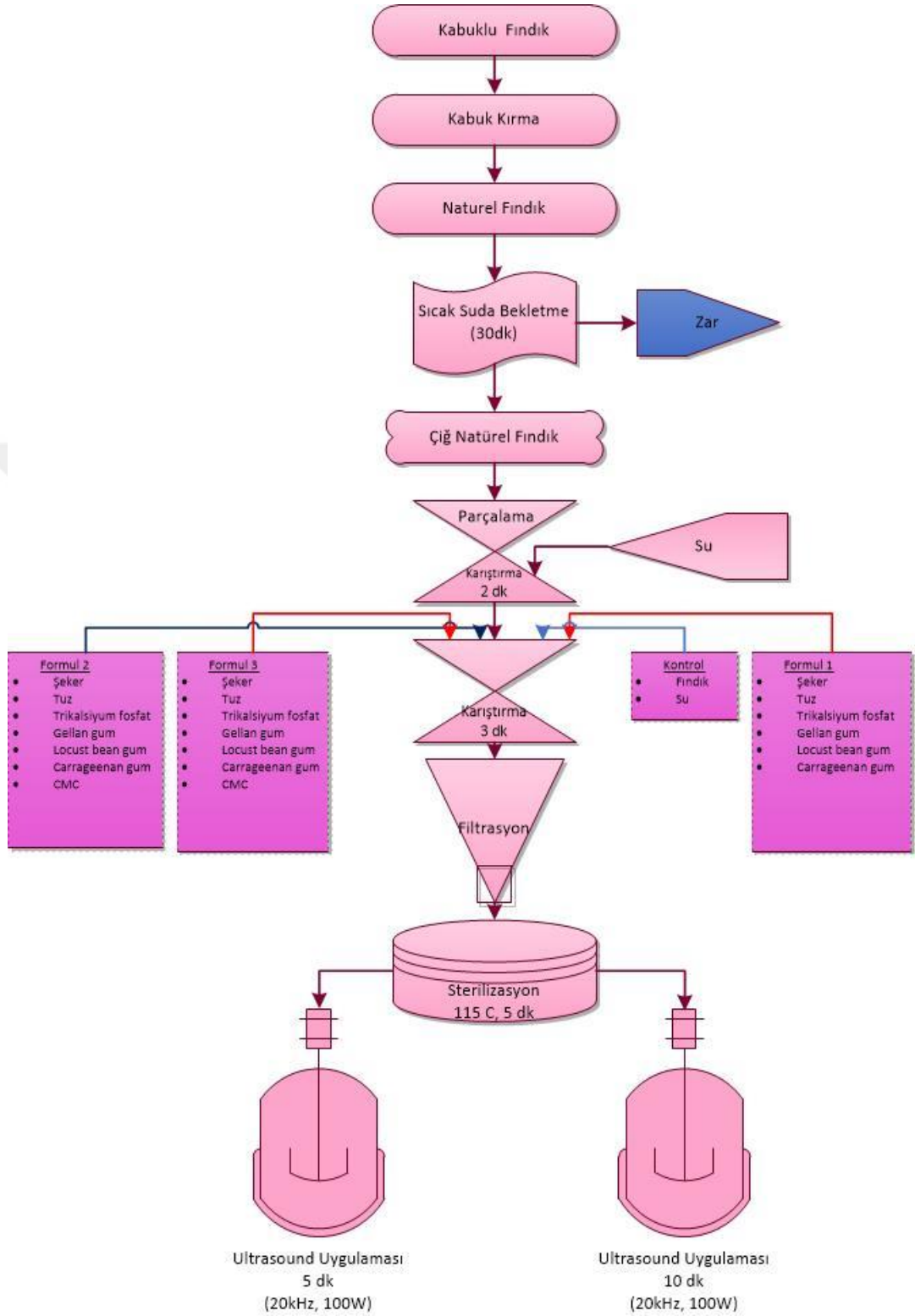
Fındık sütü örneklerinin fizikokimyasal özelliklerine hammadde özelliklerinin etkisini gözlemek amacıyla, fındık sütü üretimi için natürel ve kavrulmuş iç fındık kullanılmıştır (Şekil 3.1). Natürel ve kavrulmuş fındık hammaddeleri için 3 farklı fındık sütü formülasyonu (Formül I (F1), Formül II (F2) ve Formül III(F3)) ön denemelerde tespit edilerek uygulanmıştır. Bu nedenle araştırma sırasında natürel ve kavrulmuş iç fındık için 6 farklı fındık sütü ve 2 kontrol numunesi (K) çalışılmıştır. Fındık sütü üretimi için kullanılan formülasyonlar Tablo 3.1 gösterilmiştir. Natürel ve kavrulmuş fındık akım şemaları Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.1 Natürel ve kavrulmuş fındıktan yapılan sütler için uygulanan formülasyonlar (100 ml fındık sütü için)

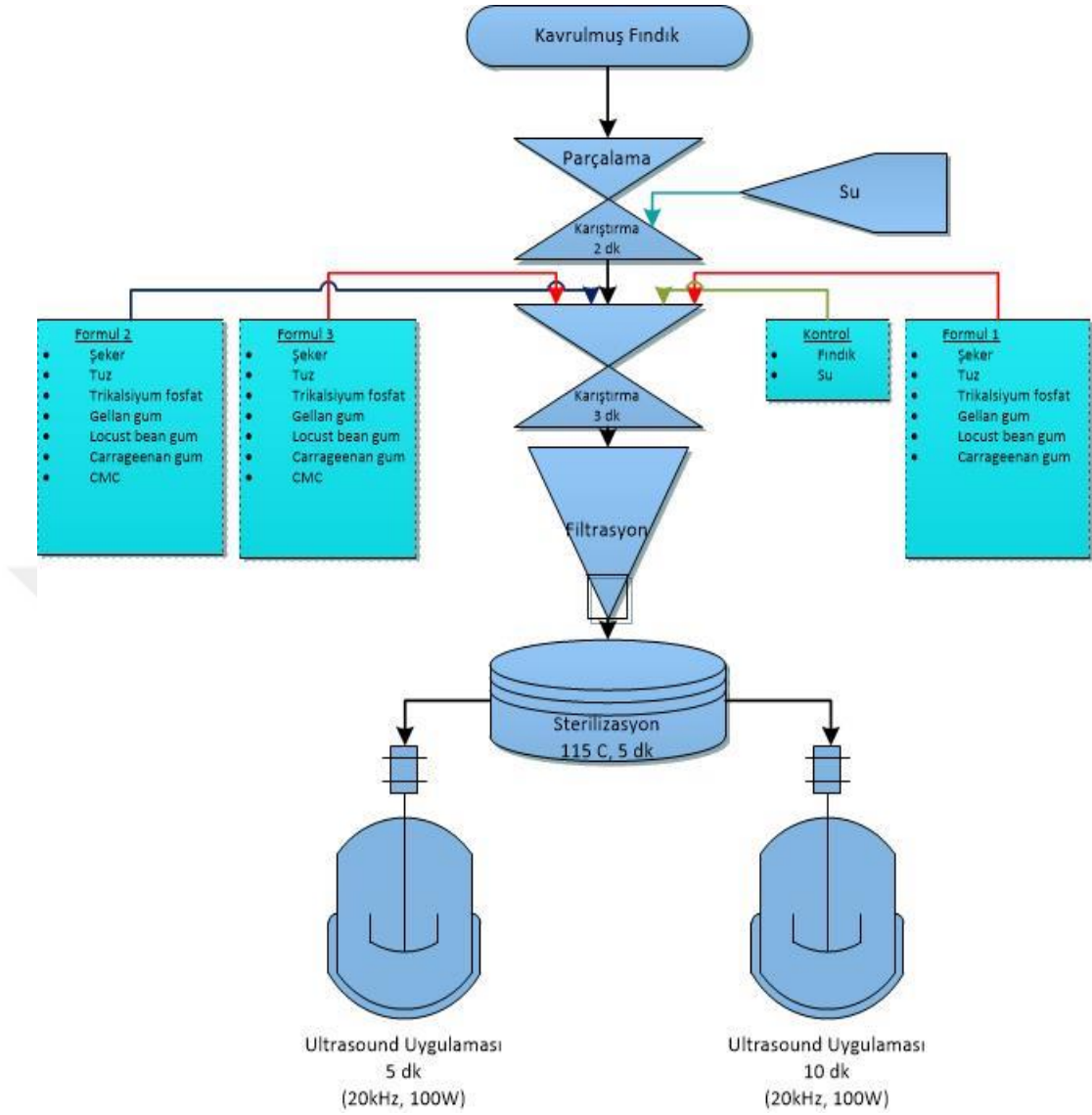
İçindekiler (100 g için)	Kontrol	Formül I	Formül II	Formül III
Fındık Püresi (g)	3	3	3	3
Şeker (g)	-	2.8	2.8	2.8
Tuz (g)	-	0.2	0.2	0.2
Trikalsiyum fosfat (g)	-	0.2	0.2	0.2
Gellan Gam (g)	-	0.04	0.04	0.08
Locust Bean Gam (g)	-	0.04	0.04	0.04
Carrageenan gam (g)	-	0.04	0.04	0.04
Karboksi metil selüloz (CMC) (g)	-	-	0.08	0.08
Su (ml)	100	100	100	100

3.3. Yöntem

Hazırlanan fındık sütlerine pH, yoğunluk, su aktivitesi, % kuru madde , kül, protein, renk, briks, titrasyon asitliği, spesifik gravity (özellik ağırlık), mineral madde, katı parçacık sedimentasyonu, mikroyapı analizi, parçacık boyutu analizi, duyu analizler ve istatistiksel analizler uygulanmıştır.



Şekil 3.2 Natürel fındıktan fındık sütü üretim akım şeması



Şekil 3.3 Kavrulmuş fındıktan fındık sütü üretim akım şeması

3.3.1. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.3.1.1. pH ve Titrasyon asitliği (%TA)

Örneklerin pH değerleri Cemeroğlu (2010) tarafından önerilen metoda göre, potansiyometrik olarak belirlenmiştir. Fındık sütlerinin pH değerleri pH metre (Ohaus, 2100, İsviçre) ile analiz edilmiştir. Örneklerin %TA' nin belirlenmesinde 20 mL numune 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile 1-2 damla

fenolfitaleyneliğinde açık pembe renk elde edilene kadar titre edilmiştir. Renk dönüşüm noktasında titrasyon bitirilerek sarfiyat okunmuştur. Sonuçlar % Laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (Dokuzlu, 2004).

3.3.1.2. Suda Çözünür Kuru Madde (Briks), Özgöl ağırlık ve Yoğunluk tayini

Örneklerin Briks, özgül ağırlık ve yoğunluk ölçümleri yoğunluk ölçer (Anton Paar, DMA 500, Avusturya) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Bu amaçla, yaklaşık 3 ml fındık sütü alınarak, cihazın özel haznesine bir şırınga vasıtasıyla enjekte edilmiş ve sonuçlar dijital olarak belirlenmiştir. Sonuçlar suda çözünebilir kuru madde içeriği için °Briks ve yoğunluk için $g\ cm^{-3}$ ile ifade edilmiştir (AOAC, 1990).

3.3.1.3. Su Aktivitesi (a_w)

Numunelerin su aktivitesi (a_w) değerleri tezgah tipi a_w cihazı ekipmanı (Aqualab, METER Group, Inc., ABD) ile elde edilmiştir.

3.3.1.4. % Kuru madde

Fındık sütü numunelerinin % kuru madde içerikleri gravimetrik olarak belirlenmiştir. Bu amaçla 5 g fındık sütü örneği, önceden darası alınmış cam petri kaplarına konularak 105 °C’ de sabit ağırlığa gelene kadar etüvde (Nüve, Türkiye) bekletilmiştir. Öneklerin kuru madde içerikleri % KM cinsinden ifade edilmiştir. (Dokuzlu, 2004).

3.3.1.5. Kül Miktarı

Örneklerin kül miktarları Cemeroğlu tarafından önerilen metoda göre yapılmıştır (Cemeroğlu, 2010). Numunelerden 10’ar gram darası alınmış porselen krozelere konularak 105°C deki etüvde 8 saat bekletildikten sonra 500°C deki kül fırınında Nüve, Türkiye) sabit ağırlığa gelinceye kadar yakma işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.3.1.6. Protein tayini

Örneklerin protein miktarları, Kjeldahl yöntemine göre, Cemeroğlu tarafından önerilen metoda göre revize edilerek yapılmıştır. (Cemeroğlu, 2010). Örnek fındık sütlerinden 8 g alınıp Kjeldahl balonuna aktarılmıştır. Üzerine 1 adet Kjeldahl tableti katalizör olarak ilave edildikten sonra 7 ml sülfirik asit ile yanmayı hızlandırması için 5 ml peroksit ilave edilmiştir. Hazırlanan Kjeldahl balonları yakma ocağına yerleştirildikten sonra 420 °C de 120 dakikalık yanma işlemi başlatılmıştır. Yakma işlemi bitince balonlar soğutulmaya bırakılmıştır. Damıtma aşaması için % 4'lük borik asit çözeltisi hazırlanmış üzerine 2-3 damla taşıro indikatörü damlatılarak rengi mora dönüştürülmüştür. Kjeldahl distilasyonu sonunda borik asit çözeltisinde yeşil renk gözlemlenmiştir. Bu dönüşümlerin mor ve yeşil rengi şekil 3.4' te gösterilmektedir. Dönüşüm faktörü AOAC 950,48'e göre 6,25 olarak seçilmiştir (AOAC, 1998).



Şekil 3.4 Protein tayininde renk dönüşümünün izlendiği görsel

3.3.2. Renk Tayini

Hazırlanan fındık sütlerinin renk değerleri HunterLAB Miniscan (EZ-4500L, Hunter Associates Lab. Inc. Reston VA, ABD) renk ölçüm cihazı kullanılarak ölçüldü. Numunelerin CIE L*a*b* koordinatları, cihazın siyah-beyaz (X = 79,90, Y = 84,98, Z = 90,90) karolar üzerinden standardizasyonundan sonra aydınlatıcı D65 kullanılarak elde edilmiştir. Fındık sütü örneklerinin işleme aşamalarındaki renk değişimleri; açıklık (L*), kırmızılık/yeşillik (a*), sarılık/mavilik (b*), chroma (C*), hue açısı (h°) ve beyazlık indeksi (WI) olarak ifade edilmiştir ve sonuçlar 3 ölçümün ortalama değeri olarak verildi. Örneklerin her bir işlem adımında C, h° ve WI değişimleri Denklem (1), (2) ve (3) ile hesaplanmıştır (Jeske ve ark., 2017).

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$h^{\circ} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2)$$

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (3)$$

3.3.3. Katı parçacık sedimentasyon yüzdesi ve protein çözünürlüğü

Örneklerin katı partikül sedimentasyon yüzdesi (%KPS) ve protein çözünürlük analizleri hafif değişikliklerle (Gül ve ark., 2021) göre yapılmıştır. 10 g numune, 15 mL'lik bir santrifüj tüpüne tartılmış ve 10 dakika boyunca 5000 rpm'de santrifüjlenmiştir (Centurion K015R, Centurion Scientific Ltd., UK). Daha sonra süpernatant, protein çözünürlüğü analizi için başka bir 15 mL santrifüj tüpüne aktarılmıştır. Tüpte kalan çökelti her tüp için tartılmış ve katı partikül çökeltisi (%) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$KPS(\%) = \frac{W_{si} - W_{pr}}{W_{si}} \times 100 \quad (4)$$

Burada W_{si} numunenin başlangıç ağırlığıdır ve W_{pr} çökelti ağırlığıdır.

Numunelerin protein çözünürlüğünü (PÇ) değerlendirmek için 2 mL süpernatant, 2 mL Biuret reaktifi ile karıştırılmıştır ve 20 dakika bekletildikten sonra 0,45 µm PFTE şırınga filtrelerinden (Isolab, Almanya) geçirilmiştir. Şekil 3.5' de süpernatant, biuret reaktifi ile karıştırılmış hali ve şırınga filtreden geçmiş halleri görülmektedir. Daha sonra süzütünün absorbanı, çift ışınlı spektrofotometre (Hach Lange, DR6000, Almanya) aracılığıyla Biuret reaktifine karşı 546 nm'de ölçülmüştür. Numunelerin protein çözünürlüğü, Sığır serum albümininin (SSA) standart eğrisi kullanılarak hesaplanmış ve %PÇ ((santrifüjden önce süpernatantın protein konsantrasyonu/her numunenin toplam protein konsantrasyonu) x %100) olarak ifade edilmiştir.

3.3.4. Parçacık Boyut Analizi

Örneklerin katı parçacık boyut analizleri Gül ve arkadaları (2017) tarafından önerilen metod kullanılarak belirlenmiştir. Fındık sütlerinin parçacık boyutu dağılım analizi, bir lazer kırınım parçacık boyutu analizörü (Malvern Mastersizer 2000, Malvern Instruments Ltd., Worcestershire, UK) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler distile su ile 2500 rpm'de %5 opaklık oranı elde edilene kadar seyreltilmiş ve cihaza seyreltilen örnekler uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Kümülatif yüzdelikler ($d_{0.5}$, $d_{0.9}$), yüzey ağırlıklı ortalama çap ($D_{3.2}$) ve hacim ağırlıklı ortalama çap ($D_{4.3}$) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.5 Süpernatant, biuret reaktifi ilave edilmiş hali ve filtreden geçmiş hali

3.3.5. Mikroyapı analizleri

İşlemin her aşaması için fındık sütü örneklerinin mikro yapısı, 40 x büyütme altında inverted mikroskop (Olympus CX23) kullanılarak gözlemlenmiştir. 1 damla numune mikroskop lamı üzerine damlatılıp ardından lamel ile kapatılmıştır. Tüm görüntüler, her numune türü için en az 3 kez çekilmiştir. Numunelerin görüntülerini yakalamak için mikroskobun görüntüleme yazılımı kullanılmıştır.

3.3.6. Mineral Madde Tayini

Natürel ve kavrulmuş fındık kullanılarak elde edilen fındık sütü formülasyonlarının mineral madde analizleri ICP-OES (Thermo Scientific/ICAP 6500) cihazı ile Hitit Üniversitesi Bilimsel Teknik Uygulama Ve Araştırma Merkezinde hizmet alım yolu ile yaptırılmıştır.

3.3.7. Duyusal Analiz

Duyusal analiz, Giresun Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Analiz Laboratuvarı'nda eğitimsiz 26 panelist ile gerçekleştirilmiştir. Panelistlerin yaş ortalaması 38 olup, %60'ı kadındır. Ayrıca sosyodemografik sorular ve alerji geçmişi içeren bir anket doldurmuşlardır. Sadece 18 yaşından büyük, fındık alerjisi olmayan veya fındığa karşı herhangi bir intolerans reaksiyonu olmayan katılımcılar değerlendirici olarak kabul edilmiştir.

Hem çiğ hem de kavrulmuş iç fındıklardan hazırlanan fındık sütü numuneleri ve 10 dakika ultrason işlemine tabi tutulmuş numuneler, formülasyonların son ürünü olarak duyusal analizlerde kullanılmıştır. Örnekler duyusal analiz formunda farklı sayılarla kodlanmıştır. Her numune, değerlendiricinin güvenliğini göz önünde bulundurarak aynı gün içinde soğutulmuş koşullarda hazırlanıp ve servis edilmiştir. Numuneler 25 mL'lik plastik kaplara konulmuş ve her kap farklı numaralarla kodlanarak değerlendiricilere sunulmuştur. Her değerlendiriciye bir bardak su, numuneleri atmak

için boş bir plastik kap, peçeteler ve ayrıca numune denemeleri arasında ağız hissini nötralize etmek için tuzlu bisküvi verilmiştir. Örnekleri renk, kıvam, lezzet, aroma ve genel izlenimi değerlendirmek için 5 puanlık hedonik skalaya göre derecelendirmişlerdir (5- çok beğendim 1 - beğenmedim).

3.3.8. İstatistiksel değerlendirme

Tüm analizler üç tekerrür halinde yapılmış ve ortalamalar, SPSS versiyon 24 (IBM, inc., ABD) kullanılarak $p < 0,05$ düzeyinde ortalamalar arasında karşılaştırma için tek yönlü ANOVA ve Duncan çoklu aralık testi kullanılarak karşılaştırmıştır. Fındık çeşitlerinin etkisini karşılaştırmak için (findık sütü elde etmek için natürel ve kavrulmuş iç findık kullanılmıştır) bağımsız örnek t-testi de uygulanmıştır.

Tablo 3.2 Araştırma bulguları kısmında tablolarda kullanılan kısaltmalar ve açıklamaları

K	Kontrol örneği
F1	Formül 1
F2	Formül 2
F3	Formül 3
S.Ö.	Sterilizasyon öncesi
S.S.	Sterilizasyon sonrası
5US	5 dakika ultrason uygulaması
10 US	10 dakika ultrason uygulaması
(a,b,c,...)	Aynı sütunda uygulanan işleme göre hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p < 0,05$) göstermektedir.
(1,2,3...)	Aynı satırdaki farklı rakamlar hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p < 0,05$) belirtir.

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. pH ve Titrasyon Asitliği

Fındık sütlerinin pH değerlerine ait sonuçlar, natürel fındıklardan elde edilen örnekler için 6,51 ile 7,75 arasında, kavrulmuş iç fındıklardan elde edilenler için ise 7,49 ile 7,78 arasında değişmektedir. Gül ve arkadaşları (2017) yaptığı çalışmada homojenizasyon öncesi pH değerini natürel fındıkta 6,35 homojenizasyon sonrası ise 6,5 olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlar kontrol örneğimiz ile uyumludur. Kontrol örnekleri dışında, natürel ve kavrulmuş fındıklar ile üretilen fındık sütleri arasında önemli bir farklılık ($p>0,05$) tespit edilmemiştir. Öte yandan, hem natürel hem de kavrulmuş fındıktan elde edilen örneklerde farklı formüllerle üretilen fındık sütlerinde kontrol numuneleri ve diğer formüllerden üretilen fındık sütleri arasında önemli pH artışları tespit edilmiştir ($p<0,05$). Tablo 4.1’de natürel fındıktan üretilen fındık sütü sonuçları Tablo 4.2’de de kavrulmuş fındıktan üretilen kavrulmuş fındık sütü sonuçları verilmiştir. Bu sonuçların Şekil 4.1’ de grafik olarak gösterimi bulunmaktadır. Bu artışın sebebinin formülasyonlarda kullanılan hidrokolloidlerle kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 4.1 Natürel fındık sütü pH ölçüm sonuçları

Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	6,49±0,06 ^{a1}	6,79±0,25 ^{a12}	7,24±0,05 ^{a3}	7,17±0,16 ^{a23}
S.S	6,56±0,10 ^{a1}	6,96±0,46 ^{a12}	7,35±0,08 ^{a2}	7,35±0,14 ^{ab2}
5US	6,42±0,12 ^{a1}	7,02±0,26 ^{a2}	7,44±0,13 ^{a23}	7,52±0,05 ^{bc3}
10US	6,51±0,11 ^{a1}	7,27±0,30 ^{a2}	7,75±0,01 ^{b3}	7,75±0,03 ^{c3}

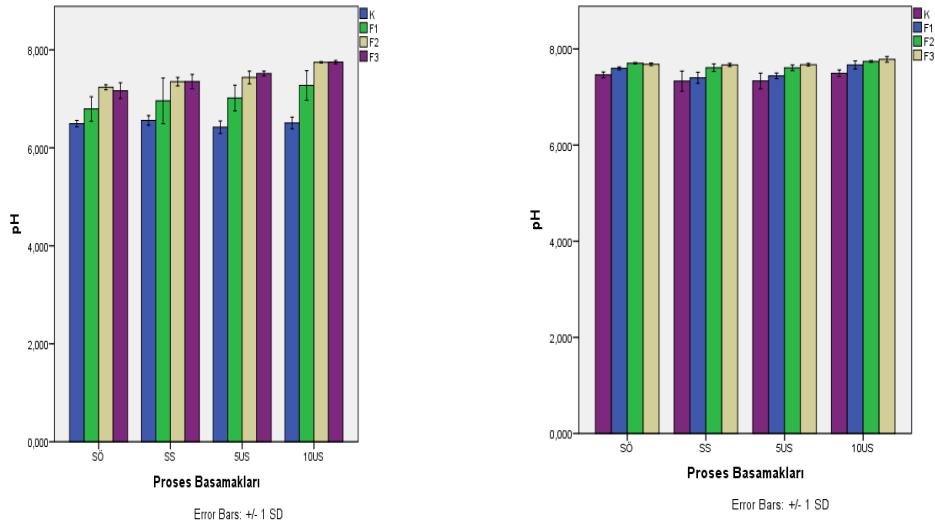
Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması $\pm$ Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c...) uygulanan işleme göre natürel fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...)

natürel fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.

Tablo 4.2 Kavrulmuş fındık sütü pH ölçüm sonuçları

Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	7,46±0,06 ^{a1}	7,60±0,03 ^{a2}	7,70±0,02 ^{a3}	7,68±0,03 ^{a23}
S.S	7,33±0,21 ^{a1}	7,40±0,11 ^{a12}	7,61±0,08 ^{a12}	7,67±0,03 ^{a3}
5US	7,33±0,16 ^{a1}	7,44±0,06 ^{ab12}	7,61±0,06 ^{a2}	7,67±0,02 ^{a2}
10US	7,49±0,07 ^{a1}	7,67±0,08 ^{b2}	7,74±0,02 ^{a2}	7,78±0,06 ^{b2}

Sonuçlar 3 tekrerrün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c...) uygulanan işleme göre kavrulmuş fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) kavrulmuş fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.



Şekil 4.1 Natürel fındıktan (soldaki) ve kavulmuş fındıktan (sağdaki) üretilen fındık sütlerinin pH değerlerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişimi

Araştırma sonucu elde edilen örneklerin %TA sonuçları natürel findıktan üretilen süt için Tablo 4.3’ te kavrulmuş findıktan üretilen süt için Tablo 4.4’ te verilmiştir. Natürel findık ve kavrulmuş findıktan elde edilen sütler arasındaki fark şekil 4.1’de verilen grafikte çok net gözükmemektedir. En yüksek % TA değerleri natürel findık sütü grubunda kontrol numulerinde gözlenmiştir.

Tablo 4.3 Natürel findık findık sütlerinin % titrasyon asitliği değişimi (g laktik asit/100ml)

Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	0,180±0,01 ^{a1}	0,156±0,06 ^{a2}	0,096±0,02 ^{a1}	0,108±0,01 ^{a1}
S.S	0,228±0,02 ^{b1}	0,132±0,05 ^{a1}	0,096±0,02 ^{a1}	0,120±0,02 ^{a1}
5US	0,228±0,02 ^{b2}	0,132±0,04 ^{a1}	0,084±0,02 ^{a1}	0,096±0,02 ^{a1}
10US	0,240±0,02 ^{b2}	0,108±0,04 ^{a1}	0,072±0,01 ^{a1}	0,084±0,02 ^{a1}

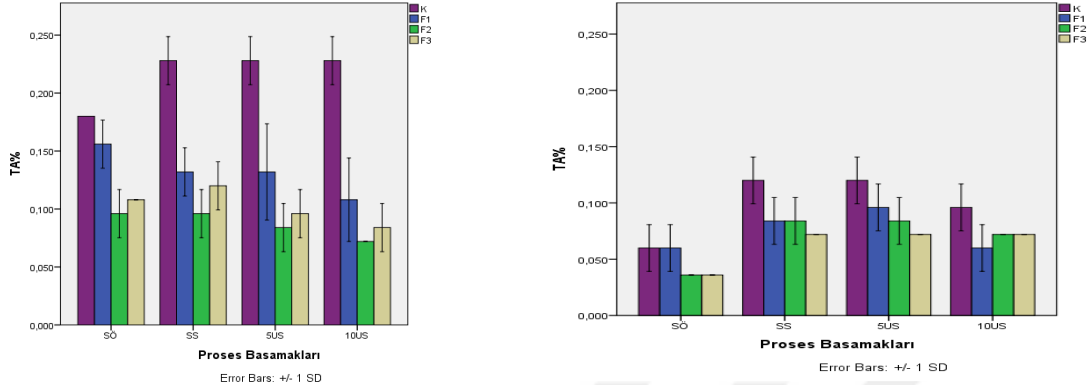
Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c...) uygulanan işleme göre natürel findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) natürel findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1’ e göre hazırlanmış findık sütü örneği, F2: Formül 2’ye göre hazırlanmış findık sütü örneği, F3: Formül 3’ e göre hazırlanmış findık sütü örneğini ifade etmektedir.

Tablo 4.4 Kavrulmuş findık findık sütlerinin % titrasyon asitliği değişimi (g laktik asit/100ml)

Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	0,060±0,02 ^{a1}	0,060±0,02 ^{a1}	0,036±0,00 ^{a1}	0,036±0,00 ^{a1}
S.S	0,120±0,02 ^{b1}	0,084±0,02 ^{a12}	0,084±0,02 ^{b12}	0,072±0,00 ^{a2}
5US	0,120±0,02 ^{b3}	0,096±0,03 ^{a12}	0,084±0,00 ^{b12}	0,072±0,00 ^{a1}
10US	0,096±0,03 ^{ab2}	0,060±0,02 ^{a1}	0,072±0,00 ^{ab12}	0,072±0,00 ^{a12}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c...) uygulanan işleme göre kavrulmuş findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) kavrulmuş findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason

uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.



Şekil 4.2 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındıktan üretilen fındık sütlerinin % TA değerlerinde meydana gelen değişimi gösteren grafikler

4.2. Briks, Özgül ağırlık ve Yoğunluk Tayini Sonuçları

Numunelerin çözünür katı (Briks) miktarı natürel fındıktan elde edilen sütler için 3,50 ile 3,68 arasında iken, kavrulmuş fındıktan elde edilen numunelerinde Briks değerleri 3,44 ile 3,68 arasında değişmektedir. İç fındık çeşitlerinden bağımsız olarak, şeker, hidrokolloidler ve ultrason uygulamalarının fındık örneklerinin Briks değerlerini önemli ölçüde ($p<0,05$) arttırdığı görülmüştür. Tablo 4.5' te natürel fındıktan üretilen sütler için Tablo 4.6 da ise kavrulmuş fındıktan üretilen sütler için proses basamaklarında meydana gelen değişim görülmektedir. Natürel fındık ve kavrulmuş fındıktan elde edilen sütlerde kontrol grubu ile diğer formüller arasındaki fark şekil 4.3'de verilen grafikte net bir şekilde gözükmemektedir.

Mevcut çalışmanın sonuçları, ksantan zımkı, arap zımkı, guar zımkı, LBG ve CMC gibi farklı hidrokolloid konsantrasyonlarının (%0,2 ila %1,0) bazı fizikokimyasal maddeler üzerindeki etkisini araştıran Razak ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan bir araştırmaya benzerdir. Çalışmada mango dolgularının özelliklerini ve viskozitesini saptamışlar ve mango dolgularına CMC ve LBG

ilavesinin %0,2' ye kadar hidrokolloid solüsyonları içeren numunelerin pH ve Briks değerlerini arttırdığını belirlemişlerdir.

Tablo 4.5 Natürel fındık sütlerinin % Briks değerleri

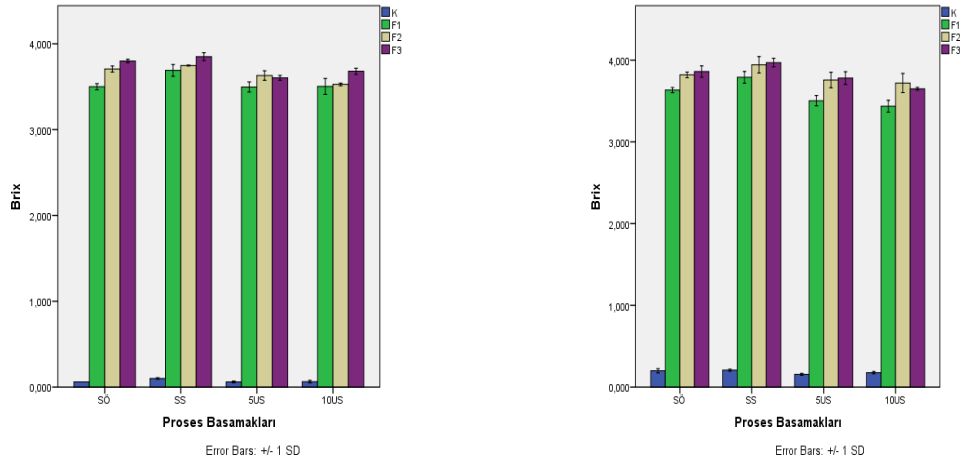
Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	0,07±0,01 ^{a1}	3,50±0,03 ^{a2}	3,71±0,03 ^{bc3}	3,80±0,02 ^{b4}
S.S	0,10±0,01 ^{b1}	3,69±0,07 ^{b2}	3,75±0,01 ^{c23}	3,85±0,04 ^{b3}
5US	0,06±0,01 ^{a1}	3,50±0,14 ^{a2}	3,63±0,05 ^{b23}	3,60±0,05 ^{a3}
10US	0,06±0,01 ^{a1}	3,50±0,09 ^{a2}	3,53±0,01 ^{a23}	3,68±0,05 ^{a3}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre natürel fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) natürel fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US:10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.

Tablo 4.6 Kavrulmuş fındık sütlerinin % Briks değerleri

Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	0,20±0,02 ^{a1}	3,63±0,03 ^{c2}	3,82±0,03 ^{a3}	3,86±0,07 ^{bc3}
S.S	0,21±0,01 ^{b1}	3,79±0,07 ^{bc2}	3,94±0,10 ^{a23}	3,97±0,05 ^{c3}
5US	0,16±0,01 ^{ab1}	3,50±0,06 ^{ab2}	3,76±0,09 ^{a3}	3,78±0,08 ^{ab3}
10US	0,18±0,02 ^{ab1}	3,44±0,07 ^{a2}	3,72±0,07 ^{a3}	3,65±0,02 ^{a3}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre kavrulmuş fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) kavrulmuş fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.



Şekil 4.3 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındık kullanılarak elde edilen sütlerin brix değerlerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişim.

Natürel fındıktan üretilen sütlerinin yoğunluğu ve özgül ağırlığı sırasıyla 0,9983 ile 1,0124 g cm³ ve 1,0010 ile 1,0142 arasında değişmektedir. Kavrulmuş fındık sütü formülleri için de benzer yoğunluk ve özgül ağırlık değerleri tespit edilmiştir. Farklı gruplardan alınan tüm numunelerin yoğunluğu ve özgül ağırlığı, hidrokolloid ilavesiyle orantılı olarak önemli ölçüde artmıştır ($p < 0,05$). Natürel fındık sütleri yoğunluk ölçüm sonuçları Tablo 4.7’ de, özgül ağırlık sonuçları Tablo 4.9’da; Tablo 4.8’de kavrulmuş fındık sütü için yoğunluk ölçüm sonuçları yer alırken Tablo 4.10’ da özgül ağırlık sonuçları bulunmaktadır. Hidrokolloid ilavesiyle orantılı olarak artan yoğunluk sonuçları Şekil 4.4’ te özgül ağırlık sonuçları ise Şekil 4.5’teki grafikte görülmektedir. İkili ve üçlü sulu çözeltilerin (NaCl, CMC veya ksantan gam gibi hidrokolloidler içeren) kinematik viskozitesinin ve yoğunluğunun, ortamdaki hidrokolloidlerin konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak arttığı bulunmuştur (Assis ve ark., 2010). Nitekim çalışmada fındık sütü formülasyonlarının tamamı %0,2 NaCl ve CMC içermiş ve her iki gruba ait olanlar için F2 ve F3 numunelerinde gellan gam konsantrasyonu artırılmıştır. Bu nedenle, bunların daha yüksek yoğunluk ve özgül ağırlık sonuçları, formüllerde kullanılan daha yüksek hidrokolloid konsantrasyonlarından kaynaklanabilir. Ayrıca, F2 numunelerinin yoğunluğu dışında, kavrulmuş fındık sütlerinin yoğunluk ve özgül ağırlık değerleri arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Bernat ve arkadaşları (2015), ultrasound işlemi yerine yüksek basınçlı homojenizasyon ile üretilen fındık sütleri için benzer

yoğunluk sonuçları bildirmiştir. Bu çalışma sonuçları literatürle uyumluluk arz etmektedir.

Tablo 4.7 Natürel findık sütlerinin yoğunluk ölçüm değerleri (g/cm³)

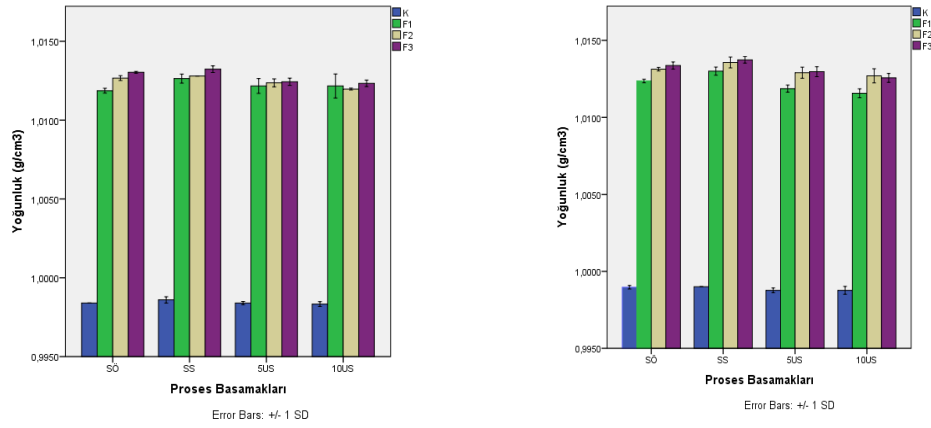
Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	0,9984±0,0001 ^{a1}	1,0119±0,0001 ^{a2}	1,0127±0,0001 ^{bc3}	1,0134±0,0001 ^{b4}
S.S	1,0119±0,0001 ^{a1}	1,0126±0,0001 ^{a2}	1,0128±0,0001 ^{c23}	1,0155±0,0002 ^{b3}
5US	1,0127±0,0002 ^{a1}	1,0122±0,0002 ^{a2}	1,0124±0,0001 ^{b2}	1,0148±0,0003 ^{a2}
10US	1,0130±0,0001 ^{a1}	1,0122±0,0003 ^{a2}	1,0120±0,0001 ^{a2}	1,0144±0,0003 ^{a2}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c...) uygulanan işleme göre natürel findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını (p<0,05), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) natürel findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını (p<0,05) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış findık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış findık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış findık sütü örneğini ifade etmektedir.

Tablo 4.8Kavrulmuş findık sütlerinin yoğunluk ölçüm değerleri (g/cm³)

Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	0,9990±0,0001 ^{a1}	1,0124±0,0001 ^{b2}	1,0131±0,0001 ^{a3}	1,0134±0,0002 ^{bc3}
S.S	0,9990±0,0001 ^{a1}	1,0130±0,0003 ^{c2}	1,0136±0,0004 ^{a23}	1,0137±0,0002 ^{c3}
5US	0,9988±0,0002 ^{a1}	1,0119±0,0002 ^{ab2}	1,0129±0,0004 ^{a3}	1,0130±0,0003 ^{ab3}
10US	0,9988±0,0002 ^{a1}	1,0116±0,0003 ^{a2}	1,0127±0,0005 ^{a3}	1,0126±0,0003 ^{a3}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c...) uygulanan işleme göre kavrulmuş findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını (p<0,05), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) kavrulmuş findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını (p<0,05) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış findık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış findık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış findık sütü örneğini ifade etmektedir..



Şekil 4.4 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındık kullanılarak elde edilen fındık sütlerinin yoğunluk değerlerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişim grafikleri

Tablo 4.9 Natürel fındık sütlerinin özgül ağırlık ölçüm değerleri (g/cm³)

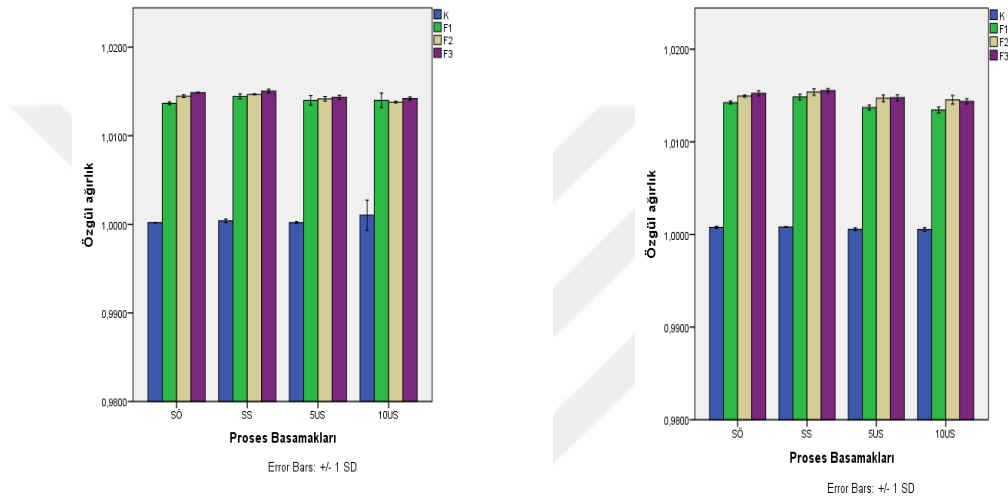
Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	1,0002±0,0001 ^{a1}	1,0137±0,0002 ^{a2}	1,0145±0,0001 ^{c3}	1,0149±0,0001 ^{b4}
S.S	1,0004±0,0002 ^{a1}	1,0144±0,0002 ^{a2}	1,0147±0,0003 ^{bc23}	1,0150±0,0002 ^{b3}
5US	1,0002±0,0001 ^{a1}	1,0140±0,0005 ^{a2}	1,0142±0,0002 ^{ab2}	1,0143±0,0002 ^{a2}
10US	1,0010±0,0008 ^{a1}	1,0140±0,0008 ^{a2}	1,0138±0,0001 ^{a2}	1,0142±0,0001 ^{a2}

Sonuçlar 3 tekrerrün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre natürel fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) natürel fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US:10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.

Tablo 4.10 Kavrulmuş fındık sütlerinin özgül ağırlık ölçüm değerleri (g/cm³)

Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	1,0008±0,0001 ^{a1}	1,0142±0,0001 ^{ab2}	1,0149±0,0001 ^{a3}	1,0152±0,0003 ^{ab3}
S.S	1,0008±0,0001 ^{a1}	1,0148±0,0003 ^{a2}	1,0154±0,0004 ^{a23}	1,0155±0,0002 ^{a3}
5US	1,0006±0,0002 ^{a1}	1,0137±0,0003 ^{bc2}	1,0147±0,0004 ^{a3}	1,0148±0,0003 ^{c3}
10US	1,0005±0,0002 ^{a1}	1,0134±0,0003 ^{c2}	1,0145±0,0004 ^{a3}	1,0144±0,0002 ^{bc3}

Sonuçlar 3 tekrarrün ortalaması $\pm$ Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre kavrulmuş fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) kavrulmuş fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.



Şekil 4.5 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındıktan üretilen fındık sütlerinin proses basamaklarında meydana gelen özgül ağırlık değerlerindeki değişim grafikleri

4.3. Su Aktivitesi (aw)

Her iki gruptaki fındık sütü numuneleri arasında kontrol ve diğer formülasyonlar arasında önemli bir aw farkı tespit edilmemiştir. Tablo 4.11' de natürel fındıktan elde edilen sütlerin Tablo 4.12'de ise kavrulmuş fındıktan elde edilen sütlerin ölçüm sonuçları yer almaktadır. t-testi sonuçlarına göre, natürel fındıktan elde edilen fındık sütü formülasyonları, kavrulmuş fındıktan yapılan numunelere göre daha düşük ($p<0.05$) aw sonuçlarına sahip olduğu görülmüştür. Şekil 4.6' da bulunan grafikte bu sonuç gözlenmektedir. Bu sonucun nedeni olarak, natürel ve kavrulmuş iç fındık arasındaki protein yapı farklılıklarından kaynaklanıyor olabileceği

düşünülmüştür. Kavurma işlemi sırasında fındık proteinleri denatüre olmuş ve su bağlama kapasitesi azalmıştır. Kavurma işlemi, fındık, badem veya soya proteini gibi bitkisel proteinlerin protein yapısında geri dönüşü olmayan değişikliklere neden olabilecek aşırı ısı işlemi olarak adlandırılabilir (Nasrabadi ve ark., 2021).

Tablo 4.11 Natürel fındık sütlerinin su aktivitesi (aw) ölçüm değerleri

Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	0,9905±0,0025 ^{a1}	0,9912±0,0019 ^{a1}	0,9894±0,0013 ^{a1}	0,9910±0,0003 ^{a1}
S.S	0,9907±0,0022 ^{a1}	0,9915±0,0014 ^{a1}	0,9931±0,0014 ^{b1}	0,9903±0,0008 ^{a1}
5US	0,9900±0,0028 ^{a1}	0,9909±0,0022 ^{a1}	0,9911±0,0006 ^{ab1}	0,9900±0,0009 ^{a1}
10US	0,9909±0,0022 ^{a1}	0,9896±0,0017 ^{a1}	0,9910±0,0009 ^{ab1}	0,9902±0,0008 ^{a1}

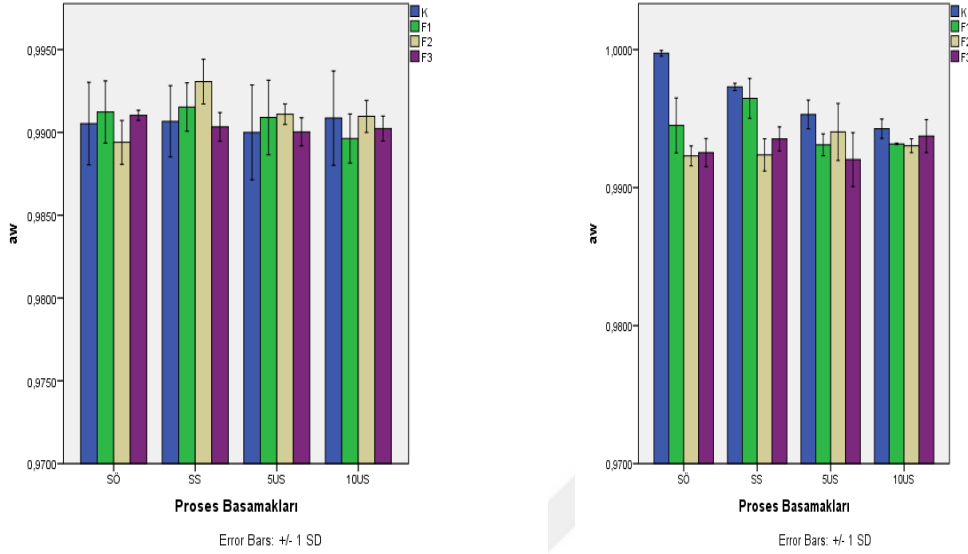
Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre natürel fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3,...) natürel fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.

Tablo 4.12 Kavrulmuş fındık sütlerinin su aktivitesi (aw) ölçüm değerleri

Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	0,9997±0,002 ^{a1}	0,9945±0,0020 ^{a2}	0,9923±0,0007 ^{a2}	0,9925±0,0010 ^{a2}
S.S	0,9973±0,003 ^{b1}	0,9965±0,0014 ^{a1}	0,9924±0,0011 ^{a2}	0,9935±0,0008 ^{a2}
5US	0,9953±0,010 ^{c1}	0,9931±0,0007 ^{a1}	0,9940±0,0021 ^{a1}	0,9920±0,0019 ^{a1}
10US	0,9943±0,007 ^{c1}	0,9932±0,0001 ^{a1}	0,9930±0,0013 ^{a1}	0,9937±0,0012 ^{a1}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre kavrulmuş fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3,...) kavrulmuş fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2:

Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.



Şekil 4.6 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındık kullanılarak elde edilen fındık sütlerinin su aktivitesi (aw) değerlerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişimi gösteren grafikler

4.4. % Kuru madde

Natürel fındıktan üretilen fındık sütü örneklerinin %KM içeriği (%2,17-5,69), kavrulmuş fındıktan üretilen sütlerden (%2,50 ila %6,35) önemli ölçüde düşük olduğu görülmüştür. Hesaplanan %KM değerleri natürel fındık için Tablo 4.13'te kavrulmuş fındık için ise Tablo 4.14' te verilmiştir. Bunun nedeninin kavrulmuş fındıktan elde edilen sütlerin üretiminde kullanılan hammaddedenin kavurma prosedürünün olmasıdır. Kavurma işlemi, fındık zarının çıkarılması, nem içeriğinin azaltılması, ürünün raf ömrünün uzatılması ve arzu edilen lezzet ve duyu özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla fındıklara uygulanan geleneksel bir işlemdir (Belviso ve ark., 2017). Kavurma işlemi, kavrulmuş malzemenin birim kütlesi başına nem içeriğini azaltmakta, diğer bir deyişle kuru madde içeriğini artırmaktadır. Hidrokolloid ilavesi örneklerin % KM içeriğinin artmasına neden olmuştur ve bu artış kavrulmuş fındık sütü örneklerinde çok daha belirgindir. ($p < 0,05$). Bunun nedeni, formülasyona fazladan CMC eklenmesi olabilir. Tablo 4.15' te de natürel ve kavrulmuş fındığın karşılaştırılmalı sonuçlarına yer verilmiştir.

4.5. Kül Miktarı

Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında, formülasyonlara trikalsiyum fosfat ve hidrokolloid ilavesinden sonra fındık sütü örneklerinin kül içeriği önemli ölçüde artmıştır ($p<0,05$). Hidrokolloid ilavesinin fındık sütü örneklerinin mineral içeriğini önemli ölçüde artırdığı ve hem natürel fındıktan elde edilen hem de kavrulmuş fındıktan elde edilen sütler için en yüksek kül içeriği F3 örneklerinde tespit edilmiştir. Bu değerler natürel fındık için Tablo 4.13'te kavrulmuş fındık için ise Tablo 4.14'te yer almaktadır. F3 formüllerinde fazladan CMC'nin varlığının daha yüksek olan sonuçları açıklayabileceği tahmin edilmektedir. Tablo 4.15' te de natürel ve kavrulmuş fındığın karşılaştırılmalı sonuçları bulunmaktadır.

4.6. Protein Tayini Sonuçları

Natürel ve kavrulmuş fındıklardan üretilen fındık sütlerinin protein içerikleri natürel fındıktan üretilen sütlerde %0,47 ile %0,51 arasında, kavrulmuş fındıktan üretilen sütlerde ise %0,48 ile %0,53 arasında değişmektedir. Kontrol numunelerinde minimum protein içeriği tespit edilirken, natürel fındıktan üretilen sütlerin F1 ve F3 numuneleri tüm numuneler arasında maksimum değeri göstermiştir. Natürel ve kavrulmuş fındıktan üretilen sütlerin farklı formülasyonlarının protein içerikleri arasında kontrol numuneleri dışında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ($p<0,05$). Öte yandan, kavrulmuş fındıktan üretilen sütlerin F2 ve F3 numuneleri için, natürel fındıktan üretilen sütlerin aynı formülasyonlarda üretilenlere göre biraz daha yüksek değerler ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Gözlemlenen değerler natürel fındık için Tablo 4.13'te kavrulmuş fındık için ise Tablo 4.14' de yer almaktadır. Yine Tablo 4.15' te de natürel ve kavrulmuş fındığın karşılaştırılmalı sonuçları bulunmaktadır.

Piyasalarda ticari olarak satılan bitkisel bazlı sütlerin besin kompozisyonu ile ilgili çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Jeske ve arkadaşları, (2017) tarafından 17 farklı ticari

bitki bazlı süt ikamesinde araştırma yapılan ve soya bazlı süt hariç (markaya göre %2,61-3,70 protein içeren), badem, keçiyoynuzu, pirinç ve fındık bazlı sütler gibi diğer bitki bazlı süt ikamelerinin sığır sütünden çok daha düşük protein içerdiğini tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada, İtalya'da satılan 330 bitki bazlı sütün besin kompozisyonu araştırılmış ve tüm bitki bazlı sütlerin ortalama protein içeriği %0,7 olarak bulunmuştur (Angelino ve ark., 2020). Bernat ve arkadaşlarının (2015) örnekte %8 fındık dahil olmak üzere fındık sütü için %0,65 protein içerdiğini (n=3) bildirmiştir. Sığır sütünün, literatürde ineğin cinsi, yağ içeriği ve beslenme koşulları gibi bazı faktörlere bağlı olarak 3,0 ila 3,7 g 100 mL protein (pastörize tam yağlı süt) içeren iyi bir protein kaynağı olduğu bilinmektedir (Haug ve ark., 2007; Jeske ve ark., 2017; Chalupa-Krebzdak ve ark., 2018). Dolayısıyla soya dışında bitkisel kaynaklı sütlerin çoğunlukla daha düşük protein içeriğine sahip olduğu ve fındıktan üretilen sütlerin de bir istisna oluşturmadığı sonucuna varılabilir.

Tablo 4.13 Natürel fındıktan üretilen fındık sütlerinin protein (%), kül (%), kuru madde (%KM) ve KM' de kül (%) değerleri

Formülasyon	Protein (%)	Kül (%)	Kuru madde (%)	KM' de kül (%)
K	0,47±0,02 ^a	0,03±0,05 ^a	2,17±0,01 ^a	1,40±0,03 ^a
F1	0,51±0,01 ^b	0,30±0,05 ^b	5,64±0,03 ^b	5,02±0,05 ^b
F2	0,50±0,01 ^b	0,35±0,01 ^c	5,78±0,10 ^{bc}	5,74±0,30 ^c
F3	0,51±0,01 ^b	0,40±0,02 ^d	5,69±0,10 ^c	6,31±0,40 ^c

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) formülasyonlar arasındaki farklılıkları temsil etmektedir.

Tablo 4.14 Kavrulmuş fındıktan üretilen fındık sütlerinin protein (%), kül (%), kuru madde (%KM) ve KM' de kül (%) değerleri

Formülasyon	Protein (%)	Kül (%)	Kuru madde (%)	KM' de kül (%)
K	0,48±0,01 ^a	0,02±0,001 ^a	2,50±0,09 ^a	0,96±0,06 ^a
F1	0,52±0,01 ^b	0,32±0,02 ^b	6,03±0,03 ^b	5,69±0,21 ^b
F2	0,53±0,01 ^b	0,38±0,01 ^c	6,15±0,09 ^b	6,64±0,16 ^c
F3	0,53±0,01 ^b	0,46±0,02 ^d	6,35±0,14 ^b	8,09±0,13 ^d

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) formülasyonlar arasındaki farklılıkları (p<0,05) temsil etmektedir.

Tablo 4.15 Natürel ve kavrulmuş fındıktan hazırlanan fındık sütü formülasyonlarının protein (%), kül (%), KM (%) ve KM' de kül değerlerinin fındık türüne göre karşılaştırma tablosu (t-testi)

Formülasyon				
Fındık Türü	K	F1	F2	F3
Protein				
Natürel	0,47±0,02 ¹	0,51±0,01 ¹	0,50±0,01 ¹	0,51±0,01 ¹
Kavrulmuş	0,48±0,01 ²	0,52±0,01 ¹	0,53±0,01 ²	0,53±0,01 ²
Kül				
Natürel	0,03±0,05 ²	0,30±0,05 ¹	0,35±0,01 ¹	0,40±0,02 ¹
Kavrulmuş	0,02±0,001 ¹	0,32±0,02 ¹	0,38±0,01 ¹	0,46±0,02 ²
Kuru Madde				
Natürel	2,17±0,09 ¹	5,64±0,03 ¹	5,78±0,09 ¹	5,69±0,14 ¹
Kavrulmuş	2,50±0,01 ²	6,03±0,03 ²	6,15±0,10 ²	6,35±0,10 ²
KM de Kül				
Natürel	1,40±0,03 ²	5,02±0,05 ¹	5,74±0,30 ¹	6,31±0,40 ¹
Kavrulmuş	0,96±0,06 ¹	5,69±0,21 ¹	6,64±0,16 ²	8,09±0,13 ²

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütundaki farklı rakamlar (1,2,3,...) fındık türlerine göre fındık sütü formülasyonları arasındaki farklılıkları temsil etmektedir.

4.5. Renk Ölçüm Sonuçları

Fındık sütü üretim formülasyonlarında kullanılan fındık çeşidine göre fındık sütü örneklerinin işleme aşamalarındaki renk değeri değişimleri natürel fındıktan üretilen sütler için Tablo 4.16' da kavrulmuş fındık için Tablo 4.17' de verilmiştir. Nihai ürünün renk özelliklerini hangi koşulların etkileyeceğini bulmak için bu çalışmada tüm renk parametreleri gözlemlenmiştir. Fındık sütü üretimi için kullanılan fındık türü ve hidrokolloid konsantrasyonları ne olursa olsun, ısıtılmanın örneklerin L* değerlerini ve WI'sini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Öte yandan ısıtılma işlemi sonrası US uygulamaları fındık sütlerinin L* değerlerini ve WI'sini önemli ölçüde artırmıştır. Açıkça US uygulama süresinin daha uzun olmasının fındık sütü ürünlerinin L* değerini ve WI'sini iyileştirebileceği sonucuna varılmıştır. Şekil 4.7' de natürel fındıktan elde edilen sütler ile kavrulmuş fındıktan elde edilen sütlerin L*, a*, b* değerlerine ait grafikler, Şekil 4.8'de ise natürel fındıktan elde edilen sütler ile kavrulmuş fındıktan elde edilen sütlerin C*, h° ve WI değerlerine ait grafikler karşılaştırmalı olarak yer almaktadır.

Kapiler yüzey dalgaları, sıvı mikrojetler ve akustik kavitasyonun, ultrason uygulamasının emülsiyonlar üzerinde fiziksel etkileri olduğu ve bu etkilerin bir emülsiyondaki damlacıkların boyutunun en aza indirilmesini destekleyebileceği bilinmektedir (Taha ve ark., 2020). Hazırlanan fındık sütü formülasyonları fındık, şeker, tuz ve hidrokolloidlerden oluşmakta olup, su içinde yağ (O/W) emülsiyonları olarak tanımlanabilmektedir. Bu nedenle, bitki bazlı bir ürün üretilirken, kolloidal madde ve yağ kütlelerini çıkarmak için bitki materyallerinin yapılarının parçalanması ve bitki bazlı içeriklerden simüle edilmiş yağ küreciklerinin oluşumu iki ana yaklaşım olarak dikkate alınmıştır.

Bu yaklaşımlara göre ultrason işlemi yalnızca fındık tanecik boyutunun küçültülmesini desteklemekle kalmaz, aynı zamanda emülsiyonun damlacık boyutunu da en aza indirebilmektedir. Ultrason uygulama süresi arttıkça fındık sütlerinin L^* değerleri ve WI değerleri de artmıştır. Çalışma sonuçları, ultrason işleminin emülsiyonun stabilitesini iyileştirdiğini, damlacık boyutunu en aza indirdiğini, çözeltinin şeffaflığını azalttığını ve ısıl işlem aşamasından sonra numunelerin L^* değerlerini ve WI değerini arttırdığını göstermiştir. Bu nedenle fındık sütü numunelerinin L^* ve WI değeri ışığı saçan partiküllerin partikül boyutuna ve konsantrasyonuna bağlıdır. Yüksek basınçlı homojenizasyon veya ultrason gibi homojenleştirme işlemlerinin, bileşenlerin partikül boyutunu küçülterek ve daha yoğun ışık saçılımına yol açarak bitki bazlı süt ikamelerinin parlaklığını arttırdığı tahmin edilmektedir (McClements, 2020).

Chroma (C^*), insan gözünün algıladığı örneklerin renk yoğunluğunun nicel bir değeri olarak kabul edilebilir (Pathare ve ark., 2013). C^* değerlerinin yüksek olması, kişilerin algıladığı renk yoğunluğunu göstermektedir. Natürel fındıklardan üretilen fındık sütü örneklerinin başlangıç C^* değerleri kavrulmuş olanlardan daha düşük bulunmuştur. Bu durum, proteinlerin yapısal farklılığından ve proteinlerin, yağın ve hidrokolloidlerin sulu çözeltideki etkileşim farklılıklarından kaynaklanabilir. Fındık sütü numunelerinin başlangıç hali, ısıl işlemler ve homojenizasyon işlemleri uygulanmadığı için diğer bir deyişle fındık parçacıklarının tane boyutunun

küçültülmemiş olması ve hidrokolloid etkileşimlerinin henüz aktif hale gelmemiş olması nedeniyle kaba emülsiyonlar olarak tanımlanabilir. Isıl işlem, natürel fındıklardan üretilen fındık sütü örneklerinin C* değerlerini artırıyor gibi görünse de proteinleri pıhtılaştırmış ve faz ayrımı meydana getirmiştir. Daha sonra uygulanan ultrason uygulama süresi arttıkça numunelerin C* değerleri giderek azalmıştır. Kavrulmuş fındık sütü örneklerinin C* değeri değişiklikleri natürel fındıktan üretilen fındık sütü örneklerinden farklı bir model izlemiştir. US işlemi sırasında tüm numune türleri için önemli düşüşler ve artışlar gözlemlenmiştir ($p<0,05$) ve emülsiyon stabilizasyonu gerçekleşene kadar C* değer değişiklikleri çözülememiştir.

Ton açısı (h°) genel olarak rengin nitel bir özelliği olarak kabul edilir ve bir nesne hakkında kırmızımsı, yeşilimsi, sarımsı, mavimsi vb. yargılarda bulunmak için kullanılmaktadır. h° 0/ 360° kırmızıyı, 90° sarıyı, 180° yeşili ve 270° maviyi temsil etmektedir. İşlem aşamaları, natürel ve kavrulmuş fındıktan elde edilen sütlerin tüm işlem basamaklarının numunelerin h° 'sini önemli ölçüde ($p<0,05$) etkilemiştir. Natürel fındıktan üretilen numunelerin h° 'si, kavrulmuş fındıktan üretilen numunelerin h° 'sinden önemli ölçüde yüksektir. Negatif a^* değerleri nedeniyle, tüm natürel fındıktan üretilen fındık sütleri için örneklerin h° , h° diyagramının ikinci çeyreğine düşmüştür. Bu nedenle, natürel fındık sütü örneklerinin renginin yeşilimsi sarı olarak tanımlanabileceği sonucuna varılabilir. Öte yandan, kavrulmuş fındıktan üretilen fındık sütü formülasyonları için pozitif a^* değerleri tespit edilmiştir ve tüm sonuçlar h° diyagramının ilk çeyreğine düşmüştür.

Çalışma sonuçları, işleme tipi ve formülasyonları ne olursa olsun, fındık tipinin nihai ürünün renk özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Natürel ve kavrulmuş fındıktan elde edilen sütlerin tüm formülasyonları için fındık sütü örneklerinin h° sonuçlarının işleme aşamalarına göre önemli ölçüde düştüğü gözlemlenmiştir. Tüm formülasyonlar için ısıtılma işleminin numunelerin h° 'sini önemli ölçüde etkilediği, buna karşın US işlem süresinin numunelerin h° 'sinde herhangi bir değişikliğe yol açmadığı bulunmuştur.

Tablo 4.16 Natürel findıktan üretilen findık sütlerinin renk ölçüm değeri

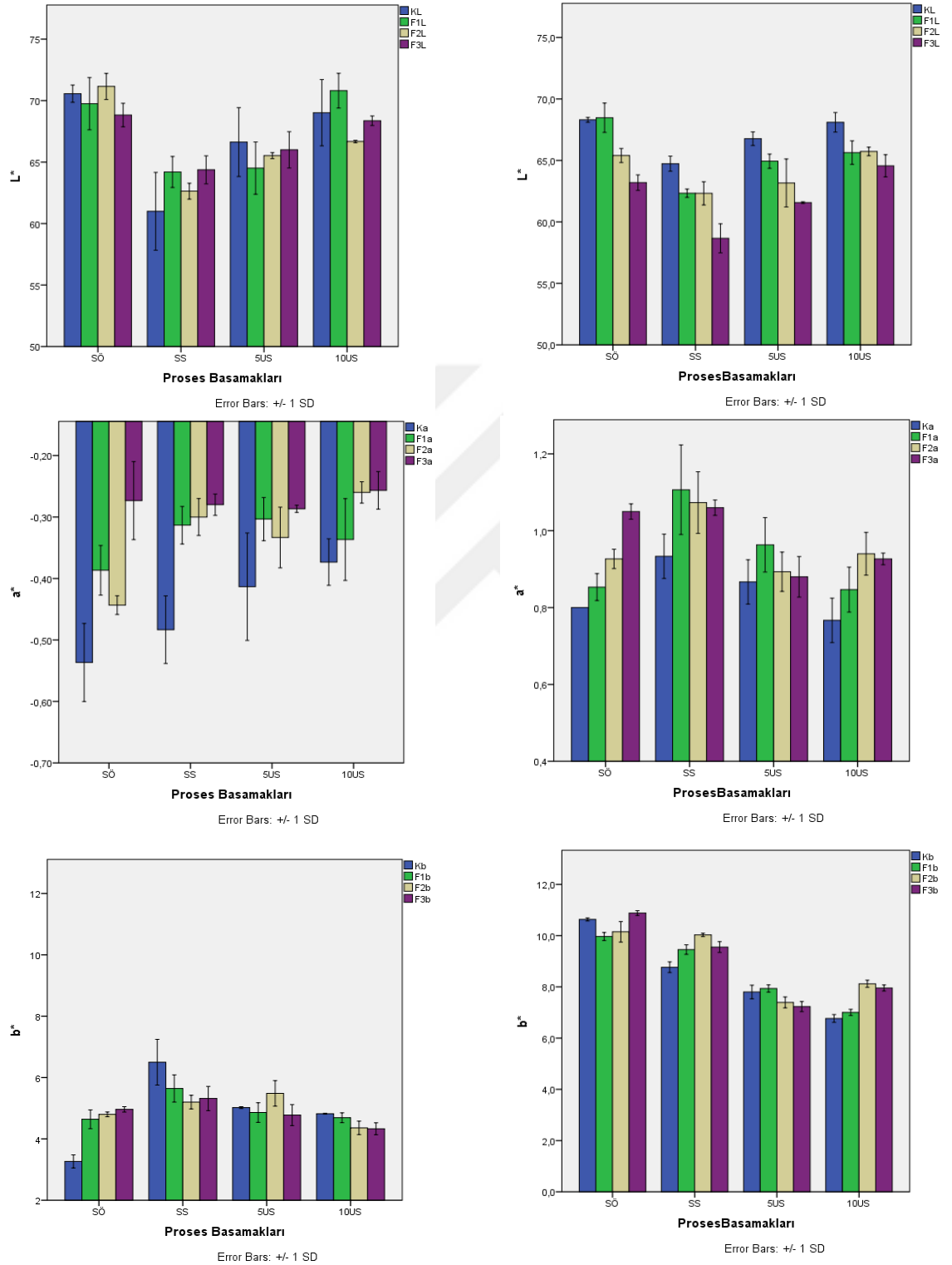
NATÜREL FINDIK												
Proses Basamağı	L*				a*				b*			
	K	F1	F2	F3	K	F1	F2	F3	K	F1	F2	F3
S.Ö	70,6±0,7 ^{b1}	69,7±2,1 ^{b1}	71,2±1,1 ^{c1}	68,8±0,9 ^{c1}	-0,5±0,1 ^{a3}	-0,4±0,0 ^{a12}	-0,4±0,0 ^{b12}	-0,3±0,0 ^{a1}	3,3±0,2 ^{a1}	4,6±0,3 ^{b2}	4,8±0,1 ^{ab2}	5,0±0,1 ^{ab2}
S.S	61,0±3,2 ^{a1}	64,2±1,3 ^{a1}	62,6±0,7 ^{a1}	64,4±1,1 ^{a1}	-0,5±0,1 ^{a2}	-0,3±0,0 ^{a1}	-0,3±0,0 ^{a1}	-0,3±0,0 ^{a1}	6,5±0,7 ^c	5,6±0,4 ^a	5,2±0,2 ^{b1}	5,3±0,4 ^{c12}
5US	66,6±2,8 ^{ab1}	67,1±2,1 ^{a1}	65,5±0,2 ^{b1}	66,0±1,5 ^{ab1}	-0,4±0,1 ^{a2}	-0,3±0,0 ^{a1}	-0,3±0,0 ^{a1}	-0,3±0,0 ^{a1}	5,0±0,0 ^{b12}	4,9±0,3 ^{ab1}	5,5±0,4 ^{b2}	4,8±0,3 ^{ab1}
10US	69,0±2,7 ^{b12}	70,8±1,4 ^{b2}	66,7±0,2 ^{b1}	68,4±0,4 ^{bc12}	-0,4±0,0 ^{a2}	-0,3±0,0 ^{a1}	-0,3±0,1 ^{a1}	-0,3±0,0 ^{a1}	4,8±0,0 ^{b2}	4,7±0,2 ^{b2}	4,4±0,2 ^{a1}	4,3±0,2 ^{a1}
	C				h				WI			
	K	F1	F2	F3	K	F1	F2	F3	K	F1	F2	F3
S.Ö	3,3±0,2 ^{a1}	4,7±0,3 ^{a2}	4,8±0,1 ^{ab2}	5,0±0,1 ^{ab2}	-80,6±1,7 ^{a1}	-85,2±0,3 ^{a2}	-84,7±0,2 ^{a2}	-86,8±0,8 ^{a2}	70,3±0,7 ^{b12}	66,9±2,4 ^{ab1}	70,8±1,0 ^{a2}	67,4±2,4 ^{ab12}
S.S	6,5±0,7 ^{c2}	5,7±0,4 ^{b12}	5,2±0,2 ^{b1}	5,3±0,4 ^{b12}	-85,7±0,9 ^{b1}	-86,8±0,3 ^{b2}	-86,7±0,5 ^{b12}	-87,0±0,4 ^{a2}	60,4±3,0 ^{a1}	63,8±1,2 ^{a12}	62,3±0,6 ^{c12}	64,0±1,1 ^{a2}
5US	5,0±0,2 ^{b12}	4,9±0,3 ^{ab1}	5,50±0,4 ^{b2}	4,8±0,3 ^{ab1}	-85,3±1,0 ^{b1}	-86,4±0,6 ^{ab1}	-86,5±0,6 ^{b1}	-86,6±0,2 ^{a1}	66,3±2,8 ^{ab1}	66,7±4,8 ^{ab1}	65,1±0,2 ^{b1}	66,2±2,6 ^{ab1}
10US	4,8±0,0 ^{b2}	4,7±0,2 ^{a12}	4,4±0,2 ^{a1}	4,3±0,2 ^{a1}	-85,6±0,4 ^{b1}	-85,9±0,9 ^{ab1}	-86,6±0,4 ^{b1}	-86,6±0,3 ^{a1}	68,6±2,7 ^{b12}	70,4±1,4 ^{b2}	66,4±0,1 ^{b1}	68,1±0,4 ^{b12}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre çiğ findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) çiğ findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış findık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış findık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış findık sütü örneğini ifade etmektedir.

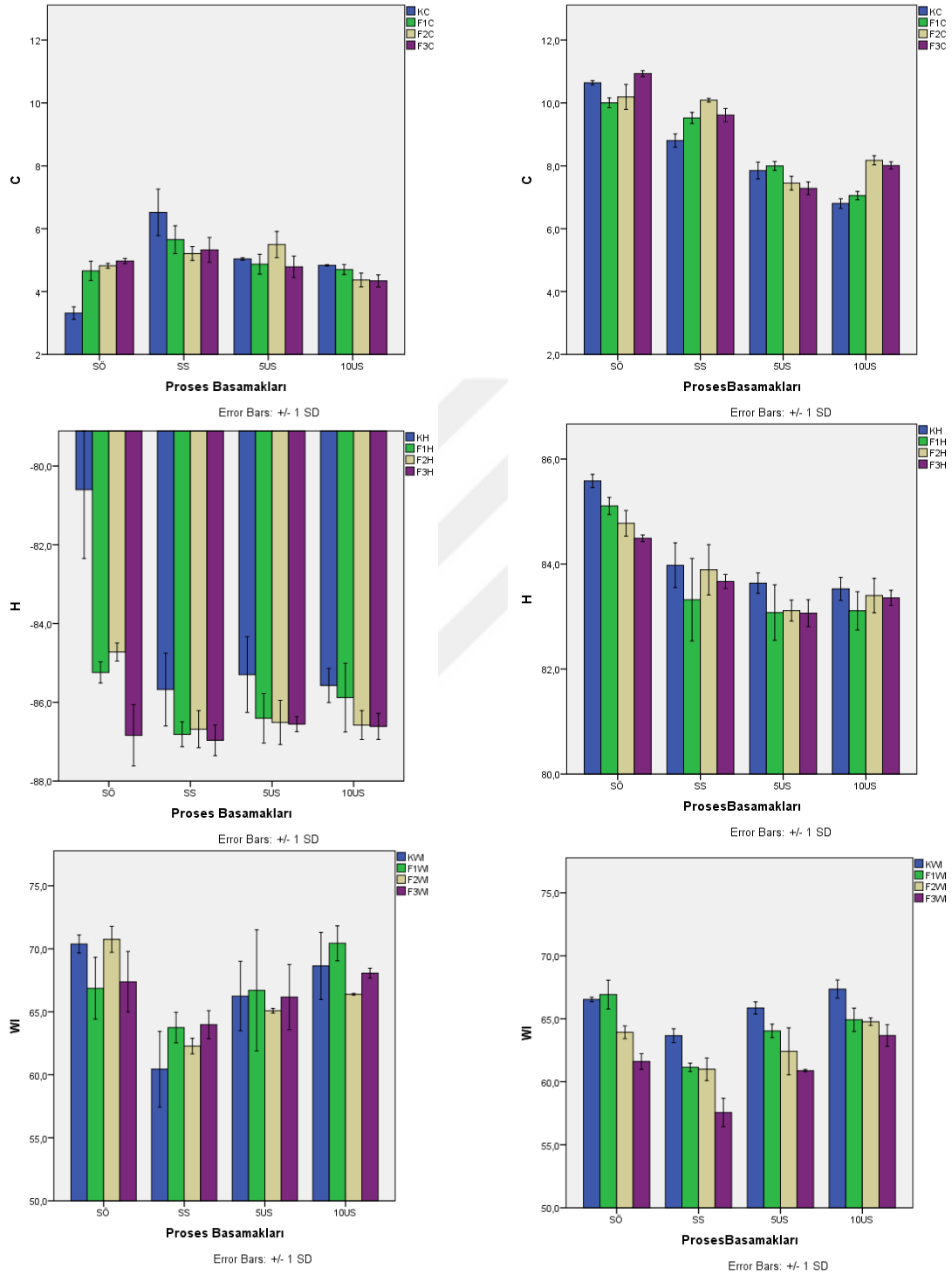
Tablo 4.17 Kavrulmuş fındıktan üretilen fındık sütlerinin renk ölçüm değerleri

KAVRULMUŞ FINDIK												
Proses Basamağı	L*				a*				b*			
	K	F1	F2	F3	K	F1	F2	F3	K	F1	F2	F3
S.Ö	68,3±0,2 ^{c3}	68,5±1,2 ^{c3}	65,4±0,6 ^{b2}	63,2±0,6 ^{bc1}	0,8±0,0 ^{a1}	0,9±0,0 ^{a2}	0,9±0,0 ^{a2}	1,1±0,0 ^{b3}	10,6±0,1 ^{d2}	10,0±0,2 ^{d1}	10,2±0,3 ^{c1}	10,9±0,1 ^{d2}
S.S	64,7±0,6 ^{a3}	62,3±0,3 ^{a2}	62,3±0,9 ^{a2}	58,7±1,2 ^{a1}	0,9±0,1 ^{b1}	1,1±0,1 ^{b2}	1,1±0,1 ^{b2}	1,1±0,0 ^{b2}	8,8±0,2 ^{c1}	9,5±0,2 ^{c2}	10,0±0,1 ^{c3}	9,6±0,2 ^{c2}
5US	66,8±0,6 ^{b3}	64,9±0,6 ^{b2}	63,2±1,9 ^{ab12}	62,8±0,2 ^{b1}	0,9±0,1 ^{b1}	1,0±0,1 ^{ab1}	0,9±0,1 ^{a1}	0,9±0,1 ^{a1}	7,8±0,3 ^{b2}	7,9±0,1 ^{b2}	7,4±0,2 ^{a1}	7,2±0,2 ^{a1}
10US	68,1±0,8 ^{c2}	65,6±0,9 ^{b1}	65,7±0,3 ^{b1}	64,6±1,0 ^{c1}	0,8±0,1 ^{a1}	0,8±0,1 ^{a1}	0,9±0,1 ^{a2}	0,9±0,0 ^{a2}	6,8±0,2 ^{a1}	7,0±0,1 ^{a1}	8,1±0,1 ^{b2}	8,0±0,1 ^{b2}
	C				H				WI			
	K	F1	F2	F3	K	F1	F2	F3	K	F1	F2	F3
S.Ö	10,6±0,1 ^{d2}	10,0±0,2 ^{d1}	10,2±0,4 ^{c1}	10,9±0,1 ^{d2}	85,6±0,1 ^{b3}	85,1±0,1 ^{b2}	84,8±0,2 ^{b1}	84,5±0,1 ^{c1}	66,5±0,2 ^{bc3}	66,9±1,1 ^{c3}	63,9±0,5 ^{b2}	61,6±0,6 ^{b1}
S.S	8,8±0,2 ^{c1}	9,5±0,2 ^{c2}	10,1±0,1 ^{c3}	9,6±0,2 ^{c2}	84,0±0,4 ^{a1}	83,3±0,8 ^{a1}	83,9±0,5 ^{a1}	83,7±0,1 ^{b1}	63,7±0,5 ^{a3}	61,1±0,3 ^{a2}	61,0±0,9 ^{a2}	57,6±1,1 ^{a1}
5US	7,8±0,3 ^{b2}	8,0±0,1 ^{b2}	7,4±0,2 ^{a1}	7,3±0,2 ^{a1}	83,6±0,2 ^{a1}	83,1±0,5 ^{a1}	83,1±0,2 ^{a1}	83,1±0,3 ^{a1}	65,9±0,5 ^{b3}	64,0±0,5 ^{b2}	62,4±1,8 ^{ab12}	60,1±0,1 ^{b1}
10US	6,8±0,2 ^{a1}	7,1±0,1 ^{a1}	8,2±0,1 ^{b2}	8,0±0,1 ^{b2}	83,5±0,2 ^{a1}	83,1±0,4 ^{a1}	83,4±0,3 ^{a1}	83,4±0,2 ^{ab1}	67,4±0,7 ^{c2}	64,9±0,9 ^{bc1}	64,8±0,3 ^{b1}	63,7±0,9 ^{c1}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre çiğ fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) çiğ fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1'e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3'e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.



Şekil 4.7 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındıktan üretilen fındık sütlerinin renk parametrelerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişim grafikleri (L^* , a^* , b^*)



Şekil 4.8 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fıındıktan üretilen fıındık sütlerinin renk parametrelerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değışimi göğteren grafikler (C, h, WI)

Bazı fındık sütü örneklerinin renk özellikleri üzerine yapılmış birtakım çalışmalar bulunmaktadır. Birtakım ticari bitki bazlı süt ikameleri (badem, kaju, fındık, yulaf, pirinç ve soya sütleri gibi) üzerinde yapılan renk ölçümlerinde, bitki bazlı sütlerin WI değerlerinin (52 ile 76 arasında değiştiği ve fındık sütü için 56 olarak ölçülen) inek sütünün 82 olan WI değerinden daha az olduğu bildirilmektedir (Jeske ve ark., 2017). Yüksek basınçlı homojenizasyon ve ısıtma işleminin fındık sütlerinin fiziksel özelliklerine etkisine dayalı olarak yapılan çalışmada, renk değerleri L^* için 77,1 ile 83,9, C^* için 8,24 ile 10,5, h° için 82,2 ile 90,2 ve WI için ise 76,4 ile 82,3 arasında değişmiştir (Bernat ve ark., 2015). Bu çalışmadaki renk değerleri bahsedilen çalışmalar arasındadır. Ayrıca homojenizasyon türü ve fındık türü, fındığın formülasyonlardaki konsantrasyonu ve hidrokolloid miktarı gibi işleme koşulları da doğru bir karşılaştırma yapabilmek için dikkate alınmalıdır.

Natürel ve kavrulmuş iç fındıklardan üretilen tüm fındık sütü formülasyonları arasında renk özellikleri açısından önemli farklılıklar ($p < 0.05$) tespit edilmiştir. Natürel fındıktan üretilen fındık sütünün F2 formülasyonları için en yüksek L^* ve WI değerleri tespit edilirken, kavrulmuş fındıktan elde edilen fındık sütünün F1 formülasyonları en yüksek başlangıç L^* ve WI değerlerine sahiptir. Isıtma işlem sonrası US uygulamaları, hem natürel hem de kavrulmuş fındık örneklerinden üretilen örneklerin renk özelliklerini açıkça iyileştirmiştir. Her iki fındık türünden üretilen ve 5 dk ve ardından 10 dk US uygulamaları ile muamele edilen fındık sütü örnekleri arasında önemli bir h° farkı tespit edilmemiştir. Bunun nedeni, her iki iç fındıktan üretilen fındık sütü örnekleri için a^* ve b^* değerlerinin nispeten düşük sonuçları olabilir. Bu nedenle, fındık sütü numuneleri için genel renk değerlendirmesi için h° kullanılabilir, ancak ayırt edici bir renk karakteristik faktörü olarak kullanılamaz. Araştırma sonuçlarına göre fındık sütü örnekleri arasındaki renk farklılıklarını ortaya çıkarmak için C^* , L^* ve WI^* değerlerinin kullanılması daha doğru olabilir.

4.7. Katı Parçacık Sedimentasyonu % KPS ve Protein Çözünürlüğü % PÇ

Natürel ve kavrulmuş iç fındıklardan farklı formülasyonlarla elde edilen fındık sütü örneklerinin % KPS sonuçları Tablo 4.18 natürel fındıktan üretilen sütler için Tablo 4.19 kavrulmuş fındıktan üretilen sütler için verilmiştir. Şekil 4.9' da grafik gösterimi yer almaktadır. ($p<0,05$) Natürel fındıktan üretilen fındık sütlerinin sonuçları kavrulmuş fındıktan elde edilen sütlerin örnek sonuçlarından daha fazladır (Şekil 4.9). Bunun nedeni, natürel fındık tanelerinin daha düşük kuru madde içeriğine sahip olması olabilir. Ayrıca her iki grupta da en yüksek % KPS değerleri F2 ve F3 numuneleri için tespit edilmiştir.

Fındık bazlı bitkisel süt ikameleri için gellan gam ve CMC'nin katı partikül çökeltisi üzerindeki etkisi literatürde henüz çalışılmamış olmasına rağmen, F2 ve F3 numunelerindeki yüksek % KPS değerleri CMC ve gellan gamdan kaynaklanıyor olabilir. Formülasyonlardaki içerik proteinler-polisakaritler, yüzey aktif maddeler-polisakaritler veya yüzey aktif maddeler-proteinler gibi farklı doğal emülgatörlerin kombinasyonlarının kullanılması, emülsiyon stabilizasyonunu geliştirmek için iyi bilinen bir tekniktir (McClements ve Gümüş, 2016). Birlikte adsorpsiyon, kompleks oluşturma ve katman katman biriktirme yaklaşımları, doğal emülgatör kombinasyonları ile emülsiyon stabilizasyonunu geliştirmek için kullanılan en yaygın tekniklerdendir. Emülsiyonun iki veya daha fazla bileşeni fiziksel veya fiziksel olmayan etkileşimlerle bir kompleks oluşturuyorsa buna kompleksleşme denir. Kompleksleşme, elektrostatik, hidrojen bağı, hidrofobik kuvvetler ve kovalent bağ gibi çeşitli etkileşimlerle elde edilebilir. Bu nedenle çalışmamızda fındık sütü örnekleri kompleksleştirme tekniği ile stabilize edilmeye çalışılmıştır.

Formülasyonlardan bağımsız olarak, ısıtma işlemi her iki grupta da fındık sütü örneklerinin % KPS sonuçlarını önemli ölçüde artırmıştır ($p<0,05$). % KPS sonuçları, bitki bazlı sütlerin stabilitesi ile ilişkilidir ve daha yüksek % KPS sonuçları, fındık sütünün daha

düşük stabilitesi anlamına gelir (Gül ve ark., 2017b). Böylece ısıtma işlemi, protein denatürasyonuna, çözeltinin yüzeyinde yağ damlacıklarının aglomerasiyonuna yol açabilir ve bu da faz ayrılmasına ve ortamın kararsızlığına neden olabilir. Farklı fındık türlerinden üretilen ısıtma işlemi görmüş fındık sütü örneklerinde % KPS sonuçları açısından farklı sonuçlar gözlemlenmiştir. Doğal fındık sütlerinden F2 numunelerinde en yüksek KPS ($20,8 \pm 2,5$) gözlemlenirken, F1 numunelerinde ($24,5 \pm 1,20$) en yüksek sonuçları kavurulmuş fındık sütlerinde göstermiştir. Ayrıca, çalışma sonuçları, kontrol numuneleri dışında, aynı grup içindeki farklı formülasyonlara ait ısıtma işlemi görmüş fındık sütü numuneleri arasında önemli bir fark tespit edilmediğini ($p > 0,05$) göstermiştir. US uygulamaları, formülasyonlarda kullanılan fındık tipi ve hidrokolloidlere ilişkin numunelerin %KPS sonuçlarını ($p < 0,05$) önemli ölçüde azaltmıştır. US uygulama süresinin uzamasıyla orantılı olarak örneklerin % KPS değerlerinin her iki grupta da azaldığı bulunmuştur. En yüksek % KPS düşüşü, 10 dakikalık US uygulamasından sonra doğal fındık sütü numunelerinde F2'de (başlangıç değerine göre 0,83 kat azalma) ve F3'te (0,80 kat azalma) gözlemlenmiştir. Nitekim, kavurulmuş fındık sütü F2 (0,56 kat azalma) ve F3 (0,65 kat azalma) numuneleri için de benzer sonuçlar gözlemlenmiştir. Diğer bir deyişle, kavurulmuş iç fındıklardan üretilen F2 ve F3 numunelerinde başlangıç değerleriyle orantılı olarak daha az katı tortu gözlemlenmiştir.

Fındığın kavurulması sırasında bazı şekerlerin ve amino asitlerin kaybına neden olduğu, diğer yandan Maillard reaksiyonları, şeker bozunması veya lipid oksidasyonu gibi birçok kimyasal reaksiyona neden olabileceği iyi bilinmektedir. Tüm bu reaksiyonlar, kavurma işlemi sırasında uygulanan kavurma sıcaklıkları ile orantılı olarak gerçekleşmektedir. (Göncüoğlu Taş ve Gökmen, 2017). Maillard-protein polisakarit konjugatları, mükemmel emülsifiye edici özellikler göstermektedir (Gentile, 2020). Bu nedenle, kavurulmuş fındık sütü numunelerinde daha düşük KPS sonuçları, Maillard-protein polisakarit konjugatları yoluyla fındık sütü numunelerinin emülsiyon stabilitesini iyileştiren kavurma işleminden kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca F2 ve F3 numuneleri, K ve F1 numunelerinden farklı olarak formülasyonlarında farklı konsantrasyonlarda CMC

ve gellan gam içermektedir. Gellan gam ve CMC'nin ayrı ayrı eklenmesinin, yeniden yapılandırılmış havuç suyunda KPS sonuçlarını önemli ölçüde azalttığı bulunmuştur (Liang ve ark., 2006). Öte yandan gellan gam ve CMC'nin bitki bazlı süt ikamelerinde sinerjik etkileri henüz bilinmemektedir (Li ve Nie, 2016) ve bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Çalışma sonuçlarına göre, fındık sütlerinin % KPS değerinin CMC ve gellan gum ilavesi ile azaltılabileceği tahmin edilmiştir. Bununla birlikte, CMC ile ekstra gellan gum ilavesi, fındık bazlı süt ikamelerinin protein çözünürlüğünü azaltabilir.

Tablo 4.18 Natürel fındık sütlerinin katı parçacık sedimantasyonu (g katı madde/ 100g fındık sütü) ölçüm değerleri

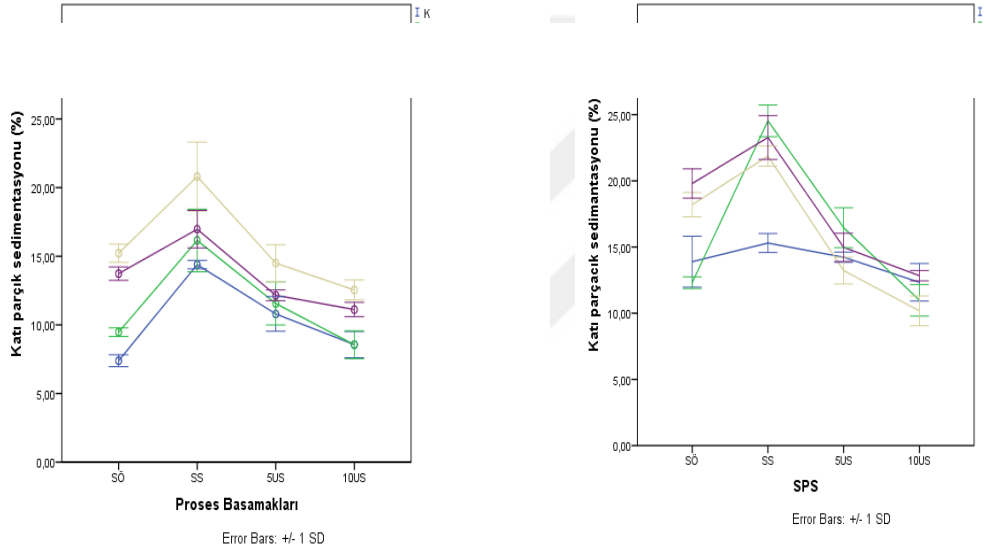
Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	7,4±0,43 ^{a1}	9,5±0,30 ^{a2}	15,2±0,65 ^{a4}	13,7±0,48 ^{b3}
S.S	14,4±0,31 ^{c1}	16,2±2,28 ^{b12}	20,8±2,50 ^{b2}	17,0±1,36 ^{c12}
5US	10,8±1,2 ^{b1}	11,6±1,56 ^{a12}	14,5±1,34 ^{a2}	12,2±0,40 ^{a12}
10US	8,6±0,95 ^{a1}	8,6±1,01 ^{a1}	12,5±0,72 ^{a2}	11,1±0,52 ^{a2}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre natüre fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) natürel fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US:10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.

Tablo 4.19 Kavrulmuş fındık sütlerinin katı parçacık sedimantasyonu (g katı madde/ 100g fındık sütü) ölçüm değerleri

Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	13,9±1,92 ^{a1}	12,3±0,44 ^{a1}	18,2±0,91 ^{c2}	19,8±1,10 ^{b2}
S.S	15,3±0,71 ^{a1}	24,5±1,20 ^{c2}	21,9±0,77 ^{d2}	23,3±1,65 ^{c2}
5US	14,2±0,38 ^{a12}	16,5±1,51 ^{b3}	13,2±1,01 ^{b1}	15,0±1,07 ^{a12}
10US	12,3±1,41 ^{a1}	11,0±1,19 ^{a1}	10,2±1,13 ^{a1}	12,8±0,40 ^{a1}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması $\pm$ Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre kavrulmuş findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) kavrulmuş findıkla hazırlanmış findık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış findık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış findık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış findık sütü örneğini ifade etmektedir.



Şekil 4.9 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) findıktan üretilen findık sütlerinin katı parçacık sedimentasyonu değerlerinde proses basamaklarına göre meydana gelen değişim grafikleri

Natürel ve kavrulmuş iç findıklardan farklı formülasyonlarla elde edilen findık sütü örneklerinin % PÇ sonuçları Tablo 4.20'de natürel fından üretilen sütler Tablo 4.21'de kavrulmuş findıktan üretilen sütler için verilmiştir. Protein çözünürlüğü, viskozite, köpürme ve emülsiyon stabilitesi gibi nihai ürünün belirli spesifik özelliklerini etkilediğinden, bitki bazlı süt ikameleri için kullanılan bitki materyalinin önemli bir fonksiyonel özelliğidir (Tatar ve ark., 2015). İşleme aşamalarının findık sütü örneklerinin % PÇ'sine etkisi Şekil 4.10 soldaki natürel findık sütü grafiği sağdaki kavrulmuş findık sütü grafiği olarak verilmiştir. Numunelerin ilk %PÇ'si, natürel findık sütü numuneleri için %25,7 ila %52,7 ve kavrulmuş findık sütü numuneleri için %26,7 ila 52,4 arasında değişmiştir. Görüldüğü gibi findık sütlerinin hazırlanmasında kullanılan

formülasyonlar ne olursa olsun, numunelerin protein çözünürlüğü ısıtılma işleminden sonra natürel ve kavrulmuş fındık sütü örneklerinde önemli ölçüde azalmıştır ($p<0,05$). Isıtılma işlemi, protein denatürasyonuna yol açmış ve böylece numunelerin %PÇ değerinin düşmesine neden olmuştur.

Kavrulmuş fındık sütü F3 numunelerinin ilk %PÇ'si dışında, her iki grupta da fındık sütleri için tüm işlem aşamalarında K ve F1 numuneleri için en yüksek %PÇ sonuçları her zaman gözlenmiştir. Bunun nedeni, numunelerdeki gellan gum ve CMC'nin daha yüksek konsantrasyonu olabilir. Araştırma sırasında kullanılan formülasyonlar dikkate alındığında, fındık sütü formülasyonlarının birden fazla polisakkarit bileşenine, bir takım iyonlara ve fındığın kendisine, dolayısıyla “protein-polisakkarit” etkileşimleri açısından oldukça karmaşık bir yapıya sahip olduğu rahatlıkla söylenebilir. Önceki bir çalışma, natürel fındıktan 11S-globulin benzeri proteinler ve 48 kDa glikoprotein öncülleri gibi başlıca küresel proteinlerin tanımlandığını göstermiştir (Prieto ve ark., 2014). Başlıca fındık proteinlerinin izoelektrik noktasının (pI) 4,5 civarında olduğu (Bernat ve ark., 2015) ve hidrokolloidler, gellan gum ve CMC'nin pKa'sının 3.0-3.5 (Wüstenberg, 2014) ve 3.91 olduğu tahmin edilmektedir. κ -karragenan ve keçiyoynuzu gamlarının pKa değerleri hakkında mevcut veri bulunmamaktadır (Vleugels ve ark., 2018). Böylece, fındık sütü örneklerinin pH'ının fındık proteinlerinin pI'sinden ve ayrıca hidrokolloidlerin pKa'sından çok daha yüksek olduğu ve proteinlerin ve hidrokolloidlerin ortamda negatif yüklü olabileceği sonucuna varılabilir.

Tablo 4.20 Natürel fındık sütlerinin çözünür protein (g/100 g süpernatant) konsantrasyon değerleri

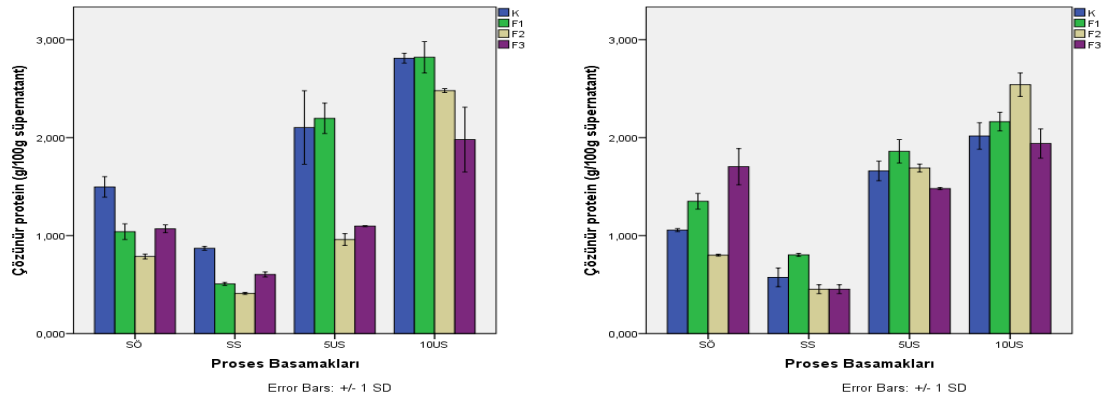
Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	1,50±0,10 ^{b3}	1,04±0,08 ^{b2}	0,79±0,03 ^{b1}	1,07±0,04 ^{b2}
S.S	0,87±0,02 ^{a2}	0,51±0,01 ^{a3}	0,41±0,10 ^{a1}	0,60±0,03 ^{a4}
5US	2,10±0,38 ^{c2}	2,20±0,16 ^{c2}	0,96±0,06 ^{c1}	1,10±0,01 ^{b1}
10US	2,81±0,05 ^{d2}	2,82±0,16 ^{d2}	2,48±0,02 ^{d2}	1,98±0,30 ^{c1}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması $\pm$ Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre natürel fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) natürel fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.

Tablo 4.21 Kavrulmuş fındık sütlerinin çözünür protein (g/100 g süpernatant) konsantrasyon değerleri

Proses Basamağı	Kontrol	F1	F2	F3
S.Ö	1,06 $\pm$ 0,02 ^{b2}	1,35 $\pm$ 0,04 ^{b3}	0,80 $\pm$ 0,01 ^{b1}	1,70 $\pm$ 0,18 ^{b4}
S.S	0,57 $\pm$ 0,10 ^{a1}	0,80 $\pm$ 0,01 ^{a2}	0,45 $\pm$ 0,05 ^{a1}	0,66 $\pm$ 0,05 ^{a1}
5US	1,66 $\pm$ 0,10 ^{c2}	1,86 $\pm$ 0,12 ^{c3}	1,69 $\pm$ 0,04 ^{c2}	1,48 $\pm$ 0,01 ^{b1}
10US	2,02 $\pm$ 0,10 ^{d2}	2,16 $\pm$ 0,10 ^{d2}	2,54 $\pm$ 0,12 ^{d1}	1,94 $\pm$ 0,15 ^{c2}

Sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması $\pm$ Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler (a,b,c,...) uygulanan işleme göre kavrulmuş fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonlarında meydana gelen değişimin anlamlı olup olmadığını ($p<0,05$), aynı satırdaki farklı rakamlar (1,2,3...) kavrulmuş fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. S.Ö: Sterilizasyon öncesi, S.S: Sterilizasyon sonrası, 5US: 5 dakika ultrason uygulaması sonrası, 10 US: 10 dakika ultrason uygulaması sonrası. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.



Şekil 4.10 Natürel (soldaki) ve kavrulmuş (sağdaki) fındıktan üretilen sütlerin çözünür protein konsantrasyonunda proses basamaklarına göre meydana gelen değişim grafikleri

Zıt yüklü “protein-polisakkarit” sistemleri arasındaki etkileşimlere dayanan birçok araştırma yayınlanmıştır (Stone ve Nickerson, 2012). Ayrıca anyonik polisakkaritlerin ($pH > pK_a$) anyonik proteinlere ($pH > pI$) bağlanması polisakkaritin anyonik reaktif tarafları ve proteinin küçük katyonik reaktif tarafları tarafından kontrol edilmektedir. Böylece, bu tip bağlanmalar, çözünür anyonik “protein-polisakkarit” agregatlarının oluşumu ile sonuçlanmaktadır (Gosh ve Bandyopadhyay, 2012).

Fındık örneklerinde anyonik ve çözünür “protein-polisakkarit” agregatlarının yanında, protein-polisakkarit etkileşimleri arasında Na^+ ve Ca^{++} gibi bazı katyonların rolünden de rahatlıkla söz edebilmektedir. Fındık sütlerinin pH'larının nötr veya kısmen bazik pH'a yakın olduğu göz önüne alındığında, gellan zamkı molekülleri üzerindeki karboksil grupları, sodyum ve kalsiyum iyonu ile etkileşime girebilmektedir (Armisen ve Gaiatas, 2009). Ayrıca, iyi bilinmektedir ki sülfatlanmış polisakaritler (karagenan zamkı gibi) ve proteinin izoelektrik noktalarından daha yüksek pH derecelerine tabi tutulan proteinler, Ca^{++} katyonlarının varlığında bir dissosiyatif kompleks oluşturabilmektedir (Benichou ve ark., 2002). Başka bir deyişle, başarılı bir bitki bazlı ürün üretmek için uygun emülgatörlerin seçimi esastır.

10 dakika boyunca ultrason uygulaması, her iki grupta da kontrol numuneleri dahil olmak üzere fındık sütü formülasyonlarının %PÇ'sinde en büyük artışı göstermiştir. Jambrak ve arkadaşları, (2009), ultrason uygulamasının süresi arttıkça soya proteini çözeltileri örneklerinin protein çözünürlüğünü önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Mevcut sonuçlar bu bulgu ile uyumludur. Ayrıca 10 dakikalık ultrason uygulamasından sonra natürel fındık sütü örneklerinin %PÇ'sinin ($p < 0,05$) kavrulmuş fındık sütü örneklerinden çok daha yüksek olduğunu gözlenmiştir. Bu sonuçlar, fındık sütü üretiminde kullanılan iç fındık türü ile ilgili olabilir.

De Angelis ve arkadaşlarının (2018), ısıl işlemin fındıkların protein profiline etkisini araştırmış ve kavurma işlemi ile protein çözünürlüğünün azaldığını bulmuşlardır. Bizim çalışma sonuçlarımız da bulgularla benzerlik göstermektedir. K ve F1 numune sonuçları ile karşılaştırıldığında, 5 ve 10 dakikalık US uygulamaları için her iki grupta da F2 ve F3 numunelerinde önemli ölçüde düşük %PÇ sonuçları ($p<0,05$) gözlenmiştir. Başka bir deyişle, çalışma sonuçları, CMC ilavesinin fındık sütü örneklerinin %PÇ'sini olumsuz etkilediğini göstermiştir. CMC'nin sulu ortam çözeltiğinde bezelye proteini ve maş fasulyesi proteini izolatlarının protein çözünürlüğü üzerine etkisi ile yapılan çalışmalar, orta sıcaklıklarda nötre yakın pH değerlerinde CMC'nin konsantrasyonunun artmasıyla protein çözünürlüğünün azalabileceğini göstermiştir (Ren ve ark., 2020; Yue ve ark., 2021). Çalışma sonuçlarımız bu bulgu ile uyumludur.

4.8. Partikül boyutu dağılımı (PBD) ve ζ -Potansiyel

Numunelerin PBD sonuçları Şekil 4.11'de gösterilmektedir. Numunelerin farklı işleme aşamalarına göre PBD sonuçları Şekil 4.11'de kümülatif yüzdelikler ($d_{0,5}$, $d_{0,9}$), hacim ağırlıklı ortalama çap ($d_{4,3}$) ölçümleri gösterilmiştir. Numunelerin yüzey ağırlıklı ortalama çapı ($d_{3,2}$) ve ζ -potansiyelleri ek bulgu olarak verilmiştir (Tablo 4.22). Şekil 4.11'de görüldüğü gibi, PBD dağılım sonuçları fındık türü, hidrokolloid ilavesi, ısıl işlem ve US uygulama sürelerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Fındık sütü formülasyonlarına CMC ve gellan gam ilavesi her iki grupta da başlangıç hacim ağırlıklı ortalama çapları ($D_{4,3}$) ve yüzey ağırlıklı ortalama çap ($D_{3,2}$) değerlerini önemli ölçüde artırmıştır ($p<0.05$). Isıl işlem ile natürel fındık sütü örneklerinin protein yapıları kavrulmuş fındık sütü örneklerine göre çok daha fazla değişmiş ve örneklerin $D_{4,3}$ ve $D_{3,2}$ değerleri formülasyonların başlangıç değerlerine göre 1,5-13 kat artmıştır.

Isıl işlem sonrası natürel fındık sütü örneklerinin $D_{4,3}$ ve $D_{3,2}$ değerleri sırasıyla 27,01-48,22 μm ve 17,05-27,04 μm aralığındaydı. Kavrulmuş fındık sütü örneklerinin $D_{4,3}$ ve $D_{3,2}$ değerleri ise sırasıyla 10,79-28,55 μm ve 3,32-16,29 μm arasındadır. Bir

emülsiyonda büyük olan dağılabilir partiküllerin D4,3 değerlerini etkilediği, daha küçük partiküllerin ise D3,2 değerlerini etkilediği bilinmektedir (Bengtsson ve Tornberg, 2011). Bu nedenle, her iki grup için daha yüksek D4,3 değerleri, ısıtma işlem sonrası numunelerde daha büyük protein agregatlarının ortaya çıkması ve birleşmesi ile açıklanabilir.

Fındık sütü için kullanılan hidrokolloid tipleri her iki gruba ait örneklerde D4,3 ve D3,2 değerlerini önemli ölçüde etkilemiştir. En yüksek D4,3 ve D3,2 sonuçları hem natürel hem de kavrulmuş fındık sütüne (F2 ve F3 formülleri) CMC ve gellan gum ilaveli fındık sütü formülasyonlarında gözlenmiştir. Bu, ısıtma işleminden sonra proteinlerin toplanması için her iki hidrokolloidin sinerjistik etkilerinden dolayı olabilir. Bununla birlikte hacim yüzdeleri dikkate alındığında, natürel fındık sütü formülasyonları nispeten monomodal ve bimodal dağılımlar gösterirken, kavrulmuş fındık sütü formülasyonları ısıtma öncesi bimodal ve polidispers dağılım göstermiştir.

Bitki bazlı süt formülasyonlarındaki en ince partikül fraksiyonlarının proteinlerden oluşabileceği, buna karşın yağ damlacıklarının ve bitki dokusu kalıntılarının en büyük partikülleri oluşturabileceği tahmin edilmektedir (Bernat ve ark., 2015). Bu çalışmada, fındık sütlerinin içeriği ısıtma aşamasına geçmeden önce bir blender ile karıştırılmış, protein fraksiyonları ve yağ damlacıkları hafif ve yetersiz karıştırma işlemi ile fındık dokularından uzaklaştırılmıştır. Bu nedenle, iki modlu ve polimodal dağılımlar, bu yetersiz harmanlama işleminden kaynaklanıyor olabilir. Isıtma işlemi, her iki grup için numunelerin faz ayrılmasına ve partikül boyutunun artmasına neden olmuştur. Görüldüğü gibi kavrulmuş fındık sütlerine ait kontrol numunesi dışında tüm işlemler ısıtma işlemi sonrası monomodal dağılımlar göstermiştir.

Ultrason uygulamaları, numunelerin D4,3 ve D3,2 değerlerini uygulama süresine göre önemli ölçüde ($p<0,05$) düşürmüştür. Fındık sütü üretimi için kullanılan

formülasyonlardan bağımsız olarak natürel fındık sütü örnekleri çok yakın monomodal dağılım gösterirken, kavrulmuş fındık sütü örnekleri homojenizasyon sonrası polimodal dağılım göstermiştir. Bu durum fındık sütü üretiminde kullanılan fındığın cinsi ile açıklanabilir. Natürel fındık sütleri, kavrulmuş fındıklardan üretilenlere göre daha homojen tane boyutu dağılım değerleri sunmuş ve bu sonuçlar, üniform tane boyutlarına sahip fındık sütü üretimi açısından natürel iç fındıkların kavrulmuş iç fındıklara göre daha uygun olacağını göstermiştir. Bunun nedeni, kavurma işlemi sırasında fındık tanelerinin protein yapılarının değişmesi olabilir.

Daha önce yapılan çalışmalar, yağların lipid gövdelerinden serbest bırakıldığını, bazı protein gövdelerinin kavrulmuş hücrelerde toplandığını ve bazılarının kavurma işlemi sırasında yağ ile birleştiğini göstermiştir. Saklar ve arkadaşları (2003), kavurma işlemi sırasında fındık taneleri üzerindeki mikroyapısal değişiklikleri araştırmışlar ve kavurmanın, fındığın iç yapısında ekstra hücre içi boşluklar ve şişmiş agregre protein cisimleri oluşturarak hücre duvarı ayrılmasına neden olduğunu bulmuşlardır. Bu nedenle, kavrulmuş fındık sütü numunelerin PBD grafiklerinde gözlenen bimodal veya polimodal dağılımlar, kavrulmuş fındıkların yağ içeren bu agregre protein gövdeleri aracılığıyla homojenleştirilmiş numunelerin partikül boyutunun artmasından kaynaklanabilir. Ayrıca kavrulmuş iç fındıkların daha sert yapısı onları ultrasonun ezici etkisine karşı daha güçlü kılmış gibi görünmüş ve bu da bimodal polimodal dağılım ve daha yüksek açıklık değerleri ile sonuçlanmıştır.

Span (yayılma) değeri, numunelerin partikül boyutu homojenliğini belirtmek için uygun bir dağılım parametresidir (Tan ve Nakajima, 2005). Dar aralık değerleri, dar partikül boyutu dağılımından kaynaklanmaktadır (Gül ve ark., 2018). Çalışmada natürel fındık sütü örneklerinin yayılma değerleri 5 dakikalık US uygulaması sonrası 1,29 ile 2,90 arasında, 10 dakikalık US uygulaması sonrası 1,15 ile 2,56 arasında saptanmıştır. Bununla birlikte, natürel fındık sütleri ile karşılaştırıldığında, kavrulmuş fındık sütü numuneleri için önemli ölçüde daha yüksek yayılma sonuçları ($p<0,05$)

gözlenmiştir. Daha dar bir aralık elde etmek için (kavrulmuş fındık sütü numuneleri için daha düşük D4,3 ve D3,2 değerleri) US uygulama süresi uzatılabilir.

ζ -Potansiyel, emülsiyonların stabilitesini değerlendirmek için kullanılan önemli ve ölçülebilir bir parametredir. ζ -Potansiyel, hareketli dispersiyon ortamı ile dağılan partiküle bağlı dispersiyon ortamının sabit tabakası arasındaki elektriksel potansiyel farkı hakkında faydalı bir bilgi vermektedir (Salve ve ark., 2019). Böylece, ζ -potansiyel değerleri, damlacıklar arasındaki itme kuvvetinin gücünü gösterir, dolayısıyla daha yüksek negatif veya pozitif ζ -potansiyel değerleri, daha kararlı emülsiyonları tanımlamaktadır.

Fındık sütü üretimi için kullanılan formül ve fındık cinsi ne olursa olsun, ısıtılma işleminden önce tüm numune türleri için negatif ζ -potansiyel değerleri gözlemlenmiştir. Natürel fındık sütleri ve kavrulmuş fındık sütlerinde K ve F1 örnekleri arasında anlamlı bir fark saptanmazken ($p>0,05$), kavrulmuş fındık sütlerinde F2 ve F3 örnekleri için natürel fındık sütleri ile eşdeğer formüller olduğu halde daha düşük sonuçlar ($p<0,05$) gözlenmiştir. Isıl işlem her iki grupta da fındık sütü numunelerinin negatif ζ -potansiyel değerlerini önemli ölçüde azaltmıştır ($p<0,05$). Bunun nedeni, ısıtılma işleminden sonra protein denatürasyonu ve dağılmış faz moleküllerinin itilmesinin azalması, dolayısıyla parçacıkların aglomerasyonu ve ardından faz ayrılması olabilir.

US uygulaması, ısıtılma işlem sonrası örneklerin ζ -potansiyelini önemli ölçüde artırmıştır ($p<0,05$), ancak fındık sütü formülasyonları arasında 5 ve 10 dak. US uygulanmış örnekleri arasında, aynı formülasyonlarda farklı gruplarda işlemler arasında herhangi bir fark saptanmamıştır. Negatif veya pozitif olarak yüksek ζ -potansiyel değerlerinin (60 mV'a kadar) mükemmel stabiliteyi gösterdiği, 5 mV'nin altında zayıf stabilite ve 20 mV'nin altında Alümina-su nanoakışkanları için sınırlı stabiliteye sahip olduğu tahmin edilmiştir (Mahbubul ve ark., 2014).

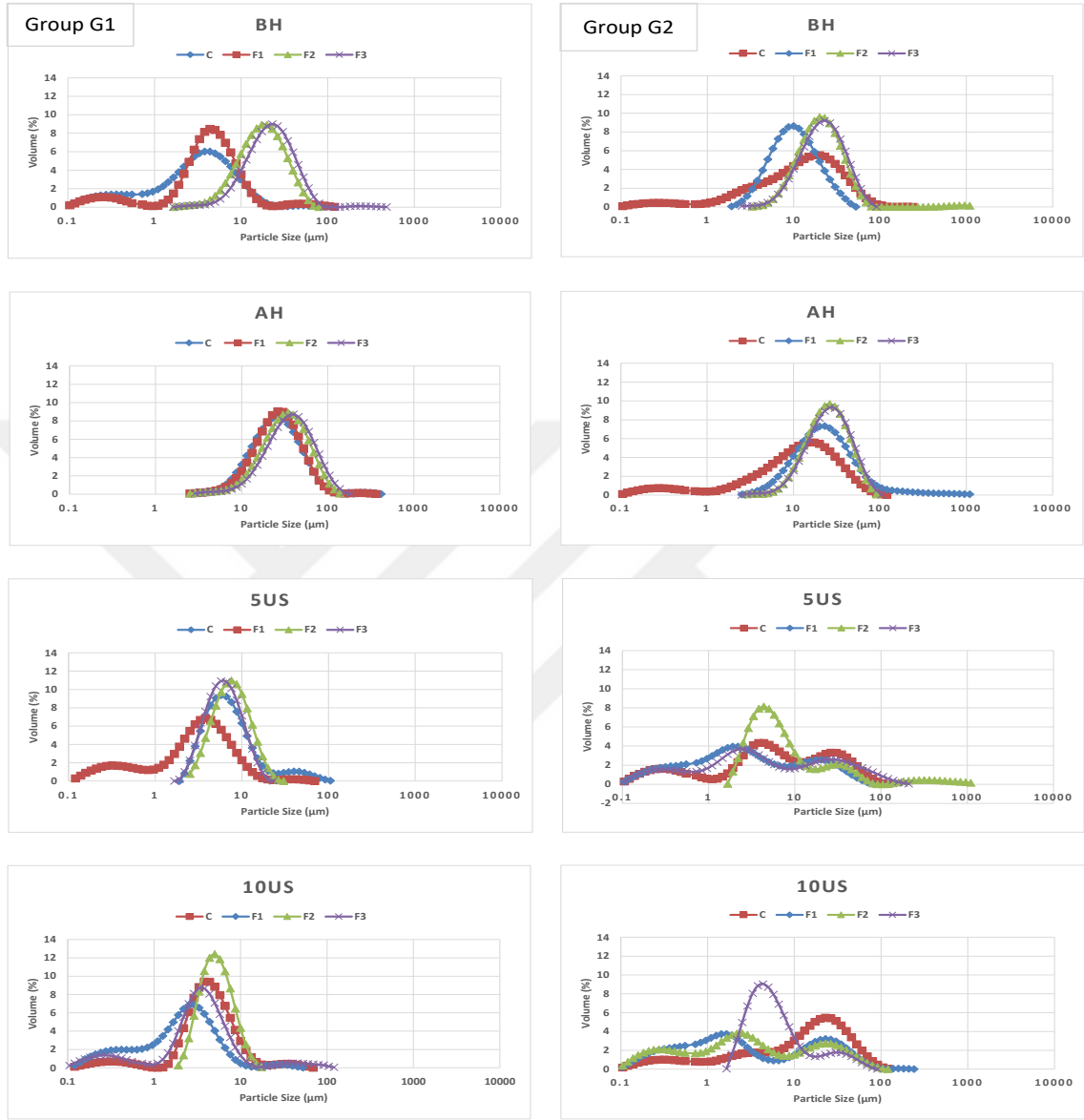
Ayrıca gıda matrisi, Alümina-su nanoakışkan karışımlarından daha karmaşıktır ve farklı şekilde değerlendirilmelidir.

Salve ve arkadaşları (2019) tarafından rapor edilen fıstık sütü ζ -potansiyel değerleri üzerindeki yüksek dinamik kavitasyon ve US uygulama etkisi üzerine yapılan bir çalışmada, fıstık sütü örneklerinin (işlenmemiş-) ζ -potansiyeli -27,6 mV'den US uygulaması ile sırasıyla 200 ve 300 W uygulamalarda 28,2 ve 30,1, ancak 400 W uygulamalar keskin bir düşüşe (-11 mV) yol açmış, süper kavitasyon ile agrega oluşumu ile sonuçlanmıştır. Çalışma sonuçlarımız bu bulgularla uyumludur.

Çalışmada, kontrol örnekleri dışında, süt formülasyonlarının başlangıç ζ -potansiyel sonuçları bu bulgulardan daha yüksektir (natürel fındık sütü için -31,12 ile -33,11 mV ve kavrulmuş fındık sütü için -29,35 ile -31,80). Öte yandan, ısıtma işlemi ζ -potansiyel sonuçlarını olumsuz etkilerken, US uygulamaları parçacıkların agregasyonunu engelleyerek parçacıkların stabilitesini iyileştirmiş ve daha yüksek negatif ζ -potansiyel değerlerinin gözlenmesine neden olmuştur.

4.9. Mikroyapı

Fındık sütü örneklerinin mikrografları Şekil 4.12' de gösterilmiştir. Mikrograflar, her iki grupta da kontrol ve ısıtma işlemi görmüş numuneler ve US işlemi görmüş numuneler arasında açık bir fark olduğunu göstermiştir. Ayrıca, üretimin her aşamasında natürel ve kavrulmuş fındık sütü numune mikrografları arasında açık bir fark vardır. Görülebileceği gibi, kontrol numuneleri esas olarak floküle proteinler olduğu düşünülen, homojen olmayan şekillere sahip deforme olabilen parçacıklardan oluşmaktadır. Ek olarak, sulu fazdaki yağ damlacıkları ve protein fragmanları Şekil 4.12' de açıkça ayırt edilmektedir.



Şekil 4.11 Farklı formüllerden üretilen fındık sütlerinin üretim aşamalarındaki PSD değişimleri grafikleri

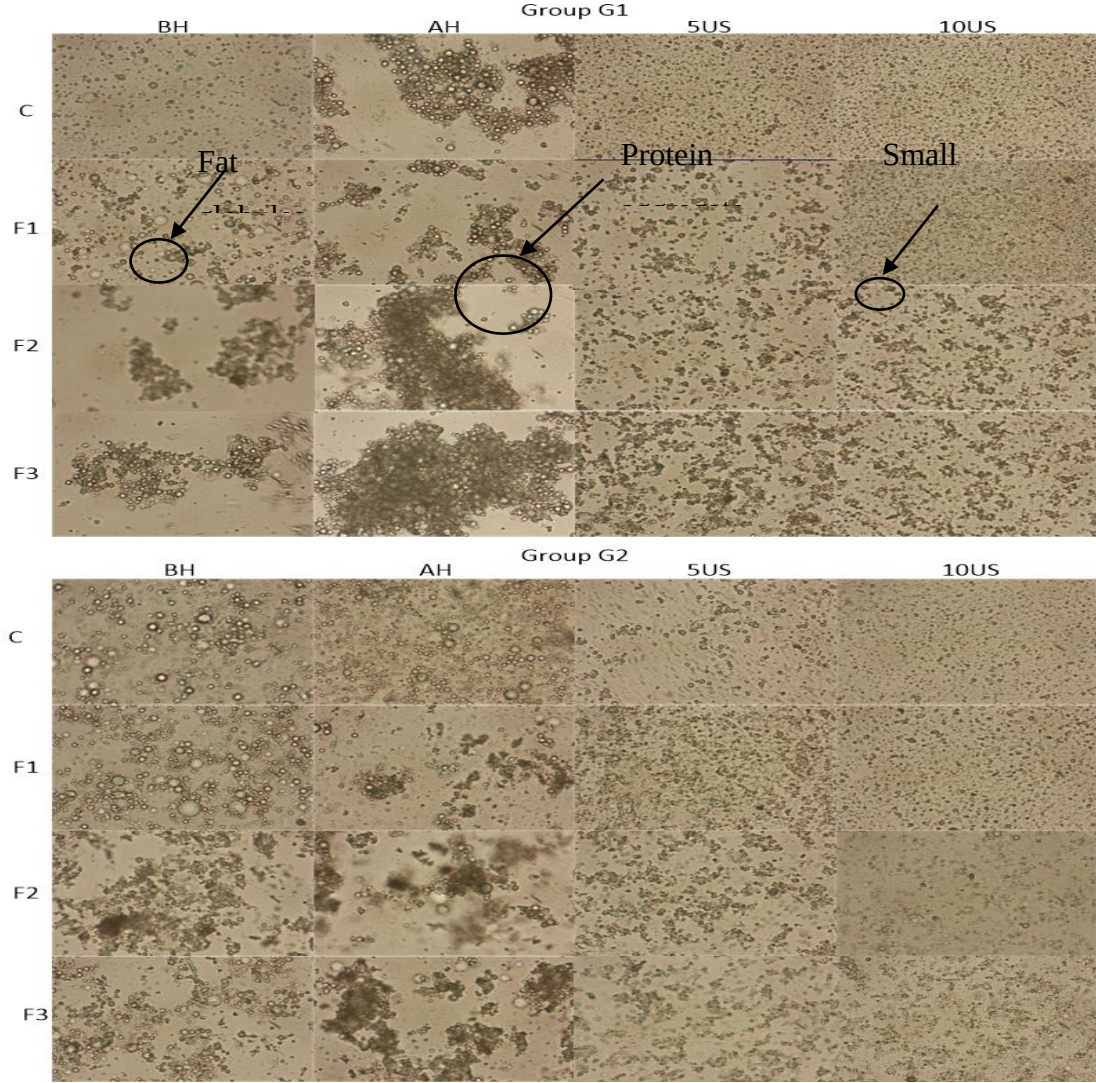
Sol sütundaki (Grup G1) şekiller, natürel fındıklardan üretilen fındık sütü formülasyonlarını temsil etmektedir; Sağ sütundaki rakamlar (Grup G2), kavrulmuş fındıklardan üretilen fındık sütü formülasyonlarını temsil etmektedir. PBD sonuçları C: Kontrol numuneleri, F1: Formül I'den fındık sütü, F2: Formül II'den fındık sütü, F3: Formül III'ten fındık sütü için verilmiştir. BH: Isıl işlemlemeden önce, AH: Isıl işlemlemeden sonra, 5 US: 5 dakikalık US uygulamasından sonra ve 10 US: 10 dakikalık US uygulamasından sonra.

Tablo 4.22 Fındık sütü üretiminde kullanılan fındık çeşitlerinin işlem aşamalarına göre PBD ve ζ - potansiyel değerleri

		ζ -potential (mV)				$d_{0.5}$ (μ m)				$d_{0.9}$ (μ m)			
	Proses samakları	Kontrol	Formül 1	Formül 2	Formül 3	Kontrol	Formül 1	Formül 2	Formül 3	Kontrol	Formül 1	Formül 2	Formül 3
Natürel	Sterilizasyon öncesi	13.33±0.96 ^{a1}	31.12±1.32 ^{c2}	33.11±0.63 ^{c3}	33.05±1.46 ^{b3}	3.09±0.01 ^{a1}	4.18±0.16 ^{b2}	21.02±0.95 ^{d4}	19.54±1.06 ^{c3}	9.00±0.1 ^{a1}	9.49±0.27 ^{b1}	45.44±2.31 ^{c2}	40.12±2.82 ^{b2}
	Sterilizasyon sonrası	12.27±0.71 ^{a1}	22.68±0.87 ^{a2}	20.65±2.26 ^{a2}	22.25±1.52 ^{a2}	21.52±2.64 ^{c1}	25.86±1.54 ^{c2}	36.29±2.32 ^{c3}	34.77±0.92 ^{d3}	47.93±6.25 ^{c1}	60.77±2.45 ^{c2}	87.31±5.80 ^{d4}	73.40±1.50 ^{c3}
	5US	15.18±1.18 ^{b1}	24.58±0.85 ^{b2}	26.08±1.34 ^{b2}	25.20±2.70 ^{a2}	6.21±0.15 ^{b2}	3.46±0.73 ^{b1}	7.53±0.79 ^{b3}	5.60±0.10 ^{b2}	27.18±0.87 ^{b4}	8.06±0.62 ^{b1}	13.79±1.25 ^{b3}	10.42±0.06 ^{a2}
	10US	15.38±1.09 ^{b1}	25.02±0.69 ^{b2}	25.93±1.37 ^{b2}	25.93±1.37 ^{a2}	4.37±0.61 ^{a2}	1.84±0.23 ^{a1}	4.58±0.05 ^{a2}	4.06±0.12 ^{a2}	8.56±0.16 ^{a23}	4.96±0.24 ^{a1}	8.00±0.11 ^{a2}	8.89±0.85 ^{a3}
fındık													
		$D_{3,2}$ (μ m)				$D_{4,3}$ (μ m)				Span			
	Proses basamakları	Kontrol	Formül 1	Formül 2	Formül 3	Kontrol	Formül 1	Formül 2	Formül 3	Kontrol	F1	Formül 2	Formül 3
Natürel	Sterilizasyon öncesi	1.26±0.08 ^{a1}	1.68±0.16 ^{b1}	16.83±1.12 ^{b2}	15.25±1.13 ^{c2}	4.29±0.17 ^{a1}		18.50±0.34 ^{b2}	23.16±1.76 ^{b2}	2.76±0.01 ^{a4}	1.90±0.02 ^{a3}	1.73±0.01 ^{c2}	1.65±0.01 ^{b1}
	Sterilizasyon sonrası	17.05±2.48 ^{c1}	19.88±0.32 ^{c1}	27.04±3.28 ^{c2}	26.20±0.60 ^{d2}	27.01±3.65 ^{c1}	30.94±1.84 ^{c1}	48.22±5.17 ^{c3}	40.17±0.92 ^{c2}	1.85±0.04 ^{b23}	1.94±0.01 ^{a3}	1.89±0.02 ^{d2}	1.69±0.02 ^{b1}
	5US	5.57±0.03 ^{b2}	1.19±0.18 ^{a1}	6.74±0.69 ^{a3}	5.11±0.10 ^{b2}	10.33±1.22 ^{b4}	4.16±0.40 ^{a2}	8.35±0.82 ^{a3}	6.81±0.71 ^{a1}	3.90±0.06 ^{d3}	2.26±0.22 ^{b2}	1.29±0.02 ^{b1}	1.31±0.01 ^{a1}
	10US	4.22±0.35 ^{b3}	0.83±0.10 ^{a1}	4.29±0.02 ^{a3}	3.75±0.11 ^{a2}	5.26±0.05 ^{a2}	2.97±0.18 ^{a1}	5.31±0.38 ^{a2}	5.99±0.40 ^{a3}	1.46±0.30 ^{c1}	2.56±0.15 ^{c2}	1.15±0.03 ^{a1}	1.65±0.20 ^{b1}
Kavrulmuş													
		ζ -potential (mV)				$d_{0.5}$ (μ m)				$d_{0.9}$ (μ m)			
	Proses basamakları	Kontrol	Formül 1	Formül 2	Formül 3	Kontrol	Formül 1	Formül 2	Formül 3	Kontrol	Formül 1	Formül 2	Formül 3
Kavrulmuş	Sterilizasyon öncesi	12.73±0.62 ^{b1}	31.80±1.43 ^{c3}	29.35±1.46 ^{c2}	29.47±1.84 ^{c2}	12.60±0.53 ^{b2}	8.99±0.42 ^{b1}	19.91±1.40 ^{c3}	21.32±1.62 ^{c3}	35.29±2.30 ^{ab1}	20.35±1.04 ^{a1}	40.99±4.36 ^{b2}	40.54±0.82 ^{b2}
	Sterilizasyon sonrası	11.73±1.03 ^{a1}	22.25±1.19 ^{a2}	21.87±1.50 ^{a2}	23.87±1.40 ^{a2}	13.30±0.23 ^{b1}	20.40±0.63 ^{c2}	23.49±0.50 ^{d3}	24.35±0.13 ^{d4}	38.03±1.57 ^{b2}	59.21±0.20 ^{d3}	48.88±5.10 ^{c2}	45.76±4.37 ^{c2}
	5US	13.18±0.59 ^{b1}	24.50±2.14 ^{b2}	25.93±1.35 ^{b2}	26.30±1.49 ^{b2}	4.92±0.50 ^{a2}	2.45±0.09 ^{a1}	5.60±0.19 ^{b3}	5.02±0.14 ^{b2}	32.55±3.98 ^{ab2}	22.75±0.42 ^{b1}	40.95±5.81 ^{b3}	42.79±2.80 ^{b3}
	10US	18.33±0.83 ^{c1}	24.80±1.17 ^{b2}	23.41±1.28 ^{a2}	25.38±1.70 ^{b2}	4.68±0.16 ^{c3}	1.95±0.17 ^{a2}	3.93±0.43 ^{a2}	3.80±0.29 ^{a2}	30.21±0.64 ^{a2}	29.62±1.89 ^{c2}	33.02±4.69 ^{a2}	24.07±0.27 ^{a1}
fındık													
		$D_{3,2}$ (μ m)				$D_{4,3}$ (μ m)				Span			
	Proses basamakları	Kontrol	Formül 1	Formül 2	Formül 3	Kontrol	Formül 1	Formül 2	Formül 3	Kontrol	Formül 1	Formül 2	Formül 3
Kavrulmuş	Sterilizasyon öncesi	3.32±0.20 ^{b1}	7.28±0.80 ^{b2}	16.82±1.02 ^{c3}	16.29±0.28 ^{c3}	17.48±1.17 ^{b2}	10.79±0.66 ^{b1}	28.55±1.39 ^{c4}	24.18±1.66 ^{c3}	2.63±0.21 ^{a3}	1.85±0.04 ^{a2}	1.58±0.06 ^{a1}	1.44±0.09 ^{a1}
	Sterilizasyon sonrası	2.85±0.64 ^{b1}	15.57±0.70 ^{c2}	19.06±0.24 ^{d3}	18.78±1.10 ^{d3}	18.75±0.98 ^{c1}	36.83±1.11 ^{c4}	30.80±0.30 ^{d3}	26.80±1.03 ^{d2}	2.63±0.10 ^{a2}	2.53±0.06 ^{b2}	1.63±0.14 ^{a1}	1.45±0.11 ^{a1}
	5US	1.72±0.21 ^{a2}	0.85±0.22 ^{a1}	5.11±0.03 ^{b4}	4.71±0.11 ^{b3}	16.57±1.66 ^{b2}	9.58±1.17 ^{b1}	20.23±0.10 ^{b3}	21.04±0.08 ^{b3}	6.49±0.08 ^{b1}	9.15±0.10 ^{c3}	6.85±0.59 ^{b1}	8.03±0.56 ^{c2}
	10US	1.33±0.08 ^{a2}	0.91±0.05 ^{a1}	0.91±0.01 ^{a1}	1.27±0.16 ^{a2}	1.33±0.08 ^{a1}	6.80±0.77 ^{a2}	9.66±0.08 ^{a3}	9.25±0.17 ^{a3}	6.38±0.06 ^{b1}	15.01±0.25 ^{d3}	8.28±0.19 ^{c2}	6.24±0.30 ^{b1}

Natürel ve kavrulmuş fındık sütü numunelerinde protein gövdelerinde belirli derecede flokülasyon gözlemlenmiştir, ancak bu tip flokülasyon F2 ve F3 numunelerinde daha belirgindir. Benzer sonuçlar Bernat ve arkadaşları (2015) ile Gül ve arkadaşları (2017) tarafından fındık ve badem sütleri için elde edilmiştir. Emülsiyonların düşük stabilitesinin proteinlerin sulu ortamda düşük afinitesinden kaynaklanabileceği ve bu nedenle zayıf çözücü etkisi nedeniyle sterik stabilite oluşmayabilir (Bernat ve ark., 2015). Fındık proteinlerinin hidrofobik karakteri oleosin ailesine ait bir tür fındık proteinine bağlı olabilir (Zuidmeer-Jongejan ve ark., 2014). Isıl işlemden sonra her iki grupta da son derece büyük protein agregatları gözlenirken, Şekil 4.12' den de görüleceği üzere, formülasyonlarda kavrulmuş fındık sütü eşdeğerlerinden daha büyük olan natürel fındık sütü agregatları gözlenmiştir. Bu sonuçlar her iki grup için tüm örneklerin $D_{4,3}$ değerleri ile uyumludur. Her iki grup için de US uygulaması ile daha küçük partiküller oluşturulmuş ve daha uzun US uygulaması daha küçük partikül boyutlarının elde edilmesini sağlamıştır. Ayrıca, her iki grupta da F2 ve F3 formülasyonları için en büyük floküller gözlenmiştir. Bunun nedeni formülasyonlarda CMC ve gellan gum etkilerinin birlikte kullanılması olabilir. Numunelerin protein hidrofobikliği, CMC ve gellan gum ile artırılmış olabilir, bu nedenle bahsedilen formülasyonlarda düşük stabilite ile sonuçlanmıştır.

Çalışma sonuçlarından yola çıkarak, formülasyonlarda kullanılan başlangıç fındık material özellikleri (natürel ve kavrulmuş) ve hidrokolloidlerin partikül boyutu ve mikro yapı özellikleri açısından son ürün kalitesini önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılabilir.



Şekil 4.12 Farklı formüllerden üretilen fındık sütlerinin işleme aşamalarındaki mikro yapısı

Birinci sıradaki rakamlar (Grup G1), natürel fındıklardan üretilen fındık sütü formülasyonlarını temsil etmektedir; İkinci sıradaki (Grup G2) şekiller, kavrulmuş fındıklardan üretilen fındık sütü formülasyonlarını temsil etmektedir. C: Kontrol numuneleri, F1: Formül I'den fındık sütü, F2: Formül II'den fındık sütü, F3: Formül III'ten fındık sütü için mikroyapı sonuçları verilmiştir. BH: Isıl işlemden önce, AH: Isıl işlemden sonra, 5US: 5 dakikalık US uygulamasından sonra ve 10US: 10 dakikalık US uygulamasından sonra.

4.10. Mineral Madde

Bitkisel beslenmeye dayalı diyet son yıllarda fiziksel ve çevresel sağlığın teşvik edilmesinde dünyada daha popüler hale gelmeye başlamıştır. Bu nedenle, bitki bazlı diyetlerin dengeli olması ve gerekli tüm besin maddelerini sağlayabilmesi önem arz etmektedir. Süt ürünleri gibi hayvansal bazlı gıdalar doğal olarak kalsiyum (Ca) açısından zengindir ve Ca biyoyararlanımı da buna paralel olarak yüksektir. Bunun nedeni, Ca' un gıda ve bağırsak lümeninde yüksek çözünürlük sağlayan kazein misellerinde şelatlanmış olmasıdır. Ancak, çoğu sebze, meyve ve tahıl tanelerini içeren yaygın bitki kaynakları Ca' ca eksiktir (Keller ve ark., 2002). Kalsiyumun yeterli düzeyde tüketimi tüm beslenme türleri ve yaş grupları açısından önem arz etmektedir. T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri, Türkiye Özgü Beslenme Rehberi' ne göre 19-50 yaş yetişkin bireylerin günlük kalsiyum ihtiyacı 1000 mg/ gün düzeyindedir (Rakıcıoğlu 2008). Yapılan çalışmalar vegan beslenmeyi tercih eden bireylerin vejeteryan ve omnivorlara kıyasla tavsiye edilen günlük ortalama Ca alımından çok daha düşük düzeyde ortalama Ca alımı gerçekleştirdiğini ortaya koymuştur (Davey ve ark. 2003). Dolayısıyla vegan beslenmeyi tercih eden bireylerin Ca takviyelerini ya da Ca' ca zenginleştirilmiş ürünleri günlük diyetlerine almaları tavsiye edilmektedir.

Kalsiyum klorür, kalsiyum fosfat, kalsiyum sitrat ve kalsiyum glukonat gibi kalsiyum tuzları bitkisel temelli sütlerin Ca' ca zenginleştirilmesi için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda Ca' un çözünür formlarının (CaCl_2 gibi) elektrostatik itmeyi azaltarak partikül aggregasyonunu teşvik ettiğini, kolloidal Ca (CaCO_3 veya trikalsiyum fosfat) kullanımının daha fazla serbest Ca oluşturduğundan aggregasyona neden olmadığı belirlenmiştir (Zhou ve ark. 2021). Bu nedenle bu çalışmada kolloidal Ca formu olan trikalsiyum fosfat kullanımı tercih edilmiştir. Trikalsiyum fosfat kontrol örnekleri hariç bütün formülasyonlara %0,2 (w/v) düzeyinde ilave edilmiş (2000 mg/L),

Natürel ve kavrulmuş findıklardan farklı formülasyonlarda elde edilen findık sütlerine ait mineral madde sonuçları Tablo 23 ve Tablo 24' de gösterilmiştir. Çalışmada trikalsiyum fosfat findık sütlerinin Ca' ca zenginleştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Ca' ca zenginleştirme işlemi sonucunda natürel çiğ findıktan elde edilen findık sütlerinin Ca içerikleri $316,5 \pm 4,5$ ile $325,55 \pm 7,50$ mg/L arasında, kavrulmuş findıklardan üretilen findık sütlerinin Ca içerikleri ise $106,44 \pm 5,42$ ile $114,32 \pm 1,77$ mg/L arasında değişmektedir. Kontrol örneklerinin Ca içerikleri çiğ ve kavrulmuş findık sütleri için sırasıyla, 9,52 ve 10,5 mg/L olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla, Ca ile zenginleştirme işlemi çiğ findıkla üretilen findık sütlerinde yaklaşık 40 kat, kavrulmuş findıklarla üretilen findık sütlerinde ise yaklaşık 11 katlık bir Ca artışına neden olmuştur. Bununla birlikte, findık formülasyonlarının grup içi Ca içerikleri arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir ($p > 0.05$). Diğer yandan, çiğ findıkla üretilen findık sütlerinin Ca içeriklerinin kavrulmuş findıklarla üretilenlerden yaklaşık 3 kat fazla olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin Ca içeriklerinde meydana gelen bu farkın kavurma işleminin proteinlerin konformasyonel yapısını değiştirmesi ve Ca bağlama kapasitesinin düşürmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Trikalsiyum fosfatın kontrol örnekleri haricinde bütün formülasyonlara %0,2 (w/v) düzeyinde ilave edildiği (2000 mg/L) ve bileşiğin 40% düzeyinde serbest Ca (800 mg/L) içerdiği düşünüldüğünde, natürel findıklardan üretilen findık sütlerinin serbest Ca' un yaklaşık 40%' ını, kavrulmuş findıklardan üretilen findık sütlerinin ise serbest Ca' un ancak 13%' ünün içerdiği söylenebilir. Günlük Ca gereksiniminin yaklaşık 1000 mg olduğu düşünüldüğünde, araştırma sonuçlarına göre, çiğ findıktan elde edilen 200 mL (1 bardak) findık sütü günlük Ca ihtiyacının yaklaşık 6.5%' (65mg) ini karşılamaktadır. Bununla birlikte, bir litre inek sütünün ortalama 1200 mg /L Ca içerdiği düşünüldüğünde (1 bardak süt yaklaşık 240 mg Ca içermektedir) (Demirci 1981), çalışmada üretilen findık sütlerinin nispeten daha düşük kalsiyum içeriğine sahip olduğu ifade edilebilir. Ticari olarak üretilen findık sütlerinin yaklaşık 1250 mg/L Ca içerdiği ifade edilmektedir. Elde ettiğimiz findık sütlerinin görece olarak daha düşük Ca içeriğine sahip olması, Ca şelatlayıcı kullanılmamasından kaynaklanıyor olabilir. Ca zenginleştirme ile ilgili

alternatif deneme çalışmalarının yapılması daha yararlı sonuçlar elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

Tablo 4.23 Natürel fındık kullanılarak elde edilen fındık sütlerinin mineral madde içeriği (mg/L)

Mineral Tipi	Su	Kontrol	F1	F2	F3
Ca	1,14±0,03	9,52±0,64 ^a	325,55±7,50 ^b	321,50±11,50 ^b	316,5±4,5 ^b
K	2,98±0,09	116,23±3,22 ^a	324,44±12,5 ^b	325,50±12,50 ^b	318,8±0,25 ^b
Mg	1,04±0,13	29,39±1,30 ^a	30,56±0,48 ^a	42,35±0,28 ^b	42,36±0,24 ^b
Na	1,06±0,14	7,56±1,82 ^a	82,00±3,03 ^b	94,00±1,33 ^c	95,28±0,95 ^c
Fe	T.E*	0,32±0,05 ^a	0,73±0,02 ^b	0,92±0,04 ^c	0,87±0,03 ^c

Sonuçlar 2 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler (a,b,c...) çiğ fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. T.E*: Tespit Edilemedi, Su: Formülasyonlarda kullanılan suyun mineral madde içeriğini temsil eder. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.

Tablo 4.24 Kavrulmuş fındık kullanılarak elde edilen fındık sütlerinin mineral madde içeriği (mg/L)

Mineral Tipi	Su	Kontrol	F1	F2	F3
Ca	1,14±0,03	10,5±0,12 ^a	114,32±1,77 ^b	106,44±5,42 ^b	107,24±0,58 ^b
K	2,98±0,09	135,04±1,29 ^a	208,96±5,05 ^b	211,91±3,89 ^b	209,11±1,41 ^b
Mg	1,04±0,13	22,82±6,56 ^a	28,53±1,25 ^{ab}	31,79±0,49 ^{ab}	31,96±0,24 ^b
Na	1,06±0,14	7,98±1,20 ^a	94,40±0,03 ^b	95,46±4,55 ^b	92,55±3,43 ^b
Fe	T.E*	0,39±0,02 ^a	0,38±0,02 ^a	0,46±0,01 ^b	0,62±0,01 ^b

Sonuçlar 2 tekerrürün ortalaması ± Standart sapma şeklinde verilmiştir. Aynı satırdaki farklı harfler (a,b,c...) kavrulmuş fındıkla hazırlanmış fındık sütü formülasyonları arasında uygulanan işleme göre anlamlı farkın olup olmadığını ($p<0,05$) belirtir. T.E*: Tespit Edilemedi, Su: Formülasyonlarda kullanılan suyun mineral madde içeriğini temsil eder. K: Kontrol örneği, F1: Formül 1' e göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F2: Formül 2'ye göre hazırlanmış fındık sütü örneği, F3: Formül 3' e göre hazırlanmış fındık sütü örneğini ifade etmektedir.

K, fındıkta miktar olarak en çok bulunan mineral maddedir (Köksal ve ark., 2006). Fındık sütü formülasyonlarının K içerikleri kontrol örneklerinde, natürel fındıklardan üretilenlerde $116,23 \pm 3,22$ mg/L, kavrulmuş fındıklardan üretilenlerde ise $135,04 \pm 1,29$ mg/L olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, hidrokolloid ilavesi ile hem natürel hem de kavrulmuş fındıklardan üretilen fındık sütü örneklerinin K içeriklerinde önemli düzeyde artış olduğu ($p < 0,05$) gözlenmiştir. Aynı tür (natürel ve kavrulmuş) fındıklardan elde edilen fındık sütü örnekleri arasında K içerikleri açısından anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p > 0,05$). Ancak, çiğ fındıklardan üretilen fındık sütü örneklerinin kavrulmuş fındıklardan üretilen eşdeğer örneklerine göre daha yüksek düzeyde K içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. Kontrol örneklerine göre K miktarındaki önemli artışın K-karreeenan gum ilavesinden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir. Çünkü çalışmada K-karreeenan gum' ın potasyum tuzu kullanılmış ve formülasyonlara ilave edilen miktarla orantılı olarak örneklerin K içeriklerinde artış meydana gelmiştir. Fındık sütünün K içeriği ile ilgili literatürde bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bununla birlikte Vangha ve ark (2018), ticari olarak üretilen badem sütlerinin K içeriklerinin 35 ile 170 mg/100 mL arasında olduğunu belirlemişlerdir. Araştırma sonuçları, bu sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

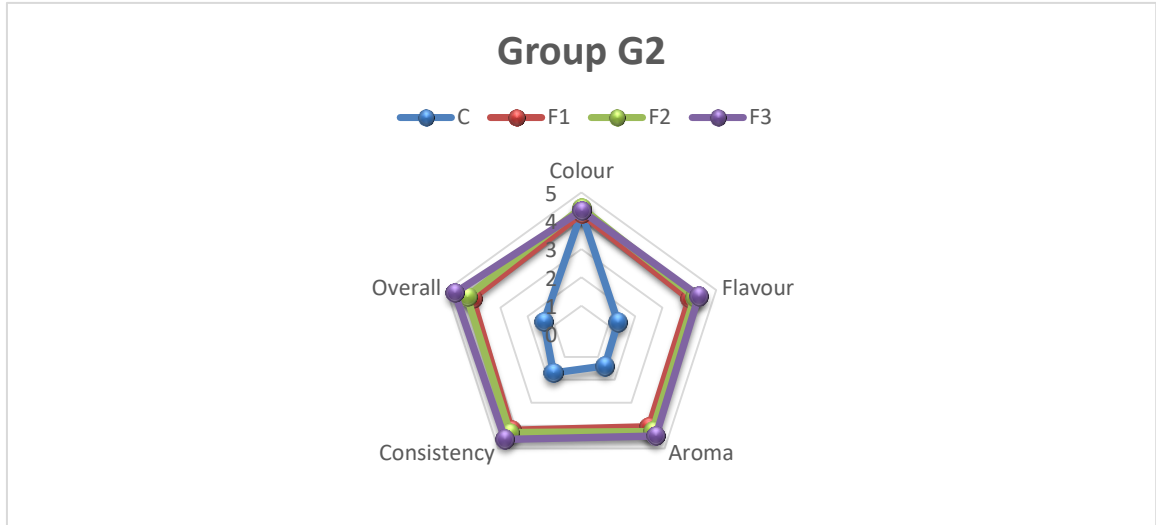
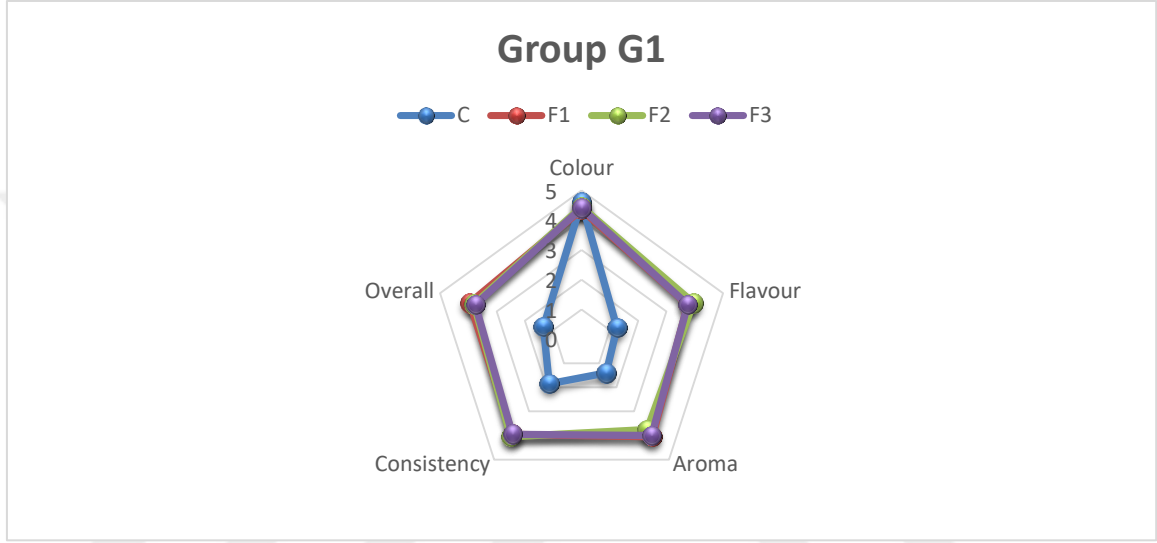
Örneklerin Na içerikleri ilave edilen NaCl miktarı ile orantılı olarak artmış, ancak örneklerin Na içerikleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). Vangha ve ark (2018), ticari olarak üretilen badem sütlerinin Na içeriklerinin 95 ile 190 mg/100 mL arasında olduğunu belirtmiştir. Araştırma sonuçları, elde edilen fındık sütlerinin daha düşük Na içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca her iki fındık türü ile üretilen fındık sütü örneklerinde F2 ve F3 örneklerinin F1 örneklerinden anlamlı derecede düşük düzeyde ($p < 0,05$) Na içerdiği belirlenmiştir. Bunun nedeninin F2 ve F3 formülasyonlarında kullanılan CMC olduğu düşünülmektedir. Formülasyonlarda kullanılan CMC, Na tuzu şeklinde ilave edildiğinden, F2 ve F3 örneklerinde Na miktarı diğer örneklere göre daha yüksek çıkmıştır.

Fe insan beslenmesi açısından önemli bir mikronutrienttir (Paul 2020). Natürel ve kavrulmuş fındıktan elde edilmiş kontrol örneklerinin Fe içeriklerinin hidrokoloid ilave edilmiş formülasyonlara kıyasla daha düşük düzeyde Fe içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda, fındık sütünün Fe içeriğini konu alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte, ticari olarak üretilen badem sütlerinin Fe içeriklerinin ortalama 0,18 (Vanga ve ark 2018) mg/100 mL Fe içerdiği bildirilmişken, başka bir çalışmada incelenen badem sütlerinin ortalama 0,33 mg/100 mL Fe içerdiği ifade edilmiştir (Jurado ve ark. 2021). Araştırma sonucu elde edilen fındık sütlerinin Fe içerikleri, araştırmacıların badem sütü için bulduğu sonuçlardan daha düşük çıkmıştır.

4.11. Duyusal Analiz

İki farklı fındık türünden (çiğ ve kavrulmuş) üretilen fındık sütlerinin duyusal puanları Şekil 4.13' te sunulmaktadır. Hedonik puanlar kavrulmuş fındık sütü için anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Kontrol numuneleri dışında tüm formülasyonlar her iki grup için de genel olarak “beğenildi” olarak değerlendirilmiştir. Natürel ve kavrulmuş fındık sütlerinin kontrol numuneleri, formülasyonlar arasında en beğenilmeyen numunelerdir. Kontrol örneklerinin rengi, muhtemelen inek sütüne benzer parlak ve beyaz renk nedeniyle her iki grupta da en çok beğenilirken, diğer tüm özellikler için en düşük puanı almışlar ve genel olarak “biraz sevilmeyen” olarak nitelendirilmişlerdir. Örneklerin lezzet, aroma, kıvam puanları kavrulmuş fındık sütü örneklerinde belirgin olarak daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$) ve renk puanları açısından iki grup arasında anlamlı bir fark saptanamamıştır. Kavrulmuş fındık sütü örneklerinde en çok F2 ve F3 örnekleri beğenilirken, natürel fındık sütü örneklerinde en çok F1 ve F2 örnekleri beğenilmiştir. Ayrıca, kavrulmuş fındık sütü F2 ve F3 örnekleri, genel kabul açısından tüm örnekler arasında en beğenilen fındık sütlerini puanlamıştır. Kavurma işleminin iç fındıkların duyusal kalitesini arttırdığı bilinmektedir. CMC ve gellan gum, formülasyonların ağızda bıraktığı hissi ve viskoziteyi arttırabilir, bu nedenle F2 ve F3 numuneleri, eğitimsiz panelistler tarafından

en yüksek puanı almıştır. Bu sonuçlara göre kavurma işlemi formülasyon duyusal özelliklerini iyileştirmiş olsa da F2 ve F3 numuneleri fiziksel stabilite açısından yetersiz bulunmuştur.



Şekil 4.13 Natürel (grup 1) ve kavrulmuş (grup 2) olarak 2 farklı fındık türünden üretilen fındık sütlerinin duyusal derecelendirilmeleri

BÖLÜM 5. SONUÇ

Son yıllarda tüketiciler beslenme alışkanlıkları ve sağlıkları arasındaki ilişkiyi gözeterek, tazesine en yakın, doğal ve duyuşal özellikler açısından kabul edilebilir ürünlerin üretimi yönünde talep oluşturmaktadır. Bu bağlamda, içecek endüstrisi de bu talebe cevap vermek amacıyla tüketicinin beğenisine meyve, sebze ve süt bazlı yeni ürünler sunmaktadır. Bu ürünler arasında dünya çapında en çok rağbet gören içecekler süt bazlı karışık içecekler ile bitkisel bazlı sütlerdir.

Bitki bazlı süt ürünleri içerisinde fındık sütü ticari olarak dünya çapında yalnızca birkaç şirket tarafından üretilmektedir, tüketimi de badem ve soya sütü kadar yaygınlaşmamıştır. Bununla birlikte fındık sütü üretimi ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmaların büyük bir kısmı fındık sütünün reolojik özelliklerine odaklanmış, fındığın bitkisel süt olarak üretim optimizasyonunu konu alan çok az araştırmaya rastlanmıştır.

Bu çalışmada hayvansal kaynaklı sütlerle alternatif olarak farklı formülasyonlarda hazırlanmış fındık bazlı sütlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal karakterizasyonu incelenmiştir. Formülasyonlar oluşturulurken, vegan beslenen bireylerin ortalama kalsiyum alım değerlerinin vejetaryen ve normal beslenen bireylere göre daha düşük olmasından yola çıkarak, örneklere kalsiyumca zenginleştirme işlemi uygulanmıştır. Fındık ticari olarak çok değerli sert kabuklu bir meyvedir. Fındık çikolata endüstrisi başta olmak üzere birçok alanda kullanılmasından dolayı, minimum fındık kullanımı ile fındık sütü formülasyonları geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca ön denemelerle belirlenen fındık sütü formülasyonları hem natürel hem de kavrulmuş fındıklardan hazırlanarak en uygun formülasyon belirlenmeye çalışılmıştır.

Natürel ve kavrulmuş fındıklardan elde edilen fındık sütü formülasyonlarından elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- 3% fındık içeren fındık sütü formülasyonlarının pH değeri 6,5-7,5 aralığında olmakta, proses basamakları pH ve %TA değerini çok fazla etkilememektedir.
- Kullanılan fındık çeşidinden bağımsız olarak, hidrokolloidler ve ultrason uygulamalarının fındık sütü örneklerinin Briks değerlerini önemli ölçüde ($p<0,05$) arttırdığı görülmüştür.
- Hidrokolloid ilavesi fındık sütlerinin yoğunluğunu, KM ve kül değerlerini arttırmıştır.
- t-testi sonuçlarına göre, natürel fındık sütü örnekleri, kavrulmuş fındıktan yapılan numunelere göre daha yüksek ($p<0,05$) aw sonuçlarına sahip olduğu görülmüştür.
- Natürel ve kavrulmuş iç fındıklardan üretilen tüm fındık sütü formülasyonları arasında renk özellikleri açısından önemli farklılıklar ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Isıl işlem sonrası US uygulamaları, hem natürel hem de kavrulmuş fındıktan üretilen örneklerin renk özelliklerini açıkça iyileştirmiştir.
- Isıl işlem sonucunda örneklerin katı parçacık sedimentasyon değerlerinde (KPS%) önemli artış olmuş, US uygulaması ise bu değerlerde önemli düzeyde azalma meydana getirmiştir. US uygulama süresinin uzamasıyla orantılı olarak örneklerin % KPS değerleri her iki grupta da azalmıştır.
- Fındık sütlerinin hazırlanmasında kullanılan formülasyonlar ne olursa olsun, numunelerin protein çözünürlüğü ısıl işlemde sonra natürel ve kavrulmuş fındık sütü örneklerinde önemli ölçüde azalmıştır ($p<0,05$). Isıl işlem, protein denatürasyonuna yol açmış ve numunelerin %PÇ değerinin düşmesine neden olmuştur.
- 10 dakika boyunca US uygulaması, her iki grupta da kontrol numuneleri dahil olmak üzere fındık sütü formülasyonlarının %PÇ' sinde en büyük artışı göstermiştir.

- Fındık sütü formülasyonlarına CMC ve gellan gam ilavesi hem natürel ham de kavrulmuş fındıklardan üretilen örneklerde başlangıç hacim ağırlıklı ortalama çapları (D4,3) ve yüzey ağırlıklı ortalama çap (D3,2) değerlerini önemli ölçüde artırmıştır ($p<0.05$).
- Ultrason uygulamaları, numunelerin D4,3 ve D3,2 değerlerini uygulama süresine göre önemli ölçüde ($p<0,05$) düşürmüştür. Fındık sütü üretimi için kullanılan formülasyonlardan bağımsız olarak natürel fındık sütü örnekleri çok yakın monomodal dağılım gösterirken, kavrulmuş fındık sütü örnekleri homojenizasyon sonrası polimodal dağılım göstermiştir. Dolayısıyla, natürel fındıklardan elde edilen fındık sütleri daha homojen parçacık iriliği dağılımı göstermiştir.
- Isıl işlem ζ -potansiyel sonuçlarını olumsuz etkilemiş, US uygulamaları parçacıkların agregasyonunu engelleyerek parçacıkların stabilitesini iyileştirmiş ve daha yüksek negatif ζ -potansiyel değerlerinin gözlenmesine neden olmuştur.
- Isıl işlemden sonra her iki grupta da son derece büyük protein agregatları gözlenirken, US uygulaması daha küçük partikül boyutlarının elde edilmesini sağlamıştır.
- Duyusal analiz sonuçlarına göre, kavrulmuş fındık sütü örneklerinde en çok F2 ve F3 örnekleri beğenilirken, natürel fındık sütü örneklerinde en çok F1 ve F2 örnekleri beğenilmiştir.
- Ca ile zenginleştirme işlemi natürel fındık sütlerinde yaklaşık 40 kat, kavrulmuş fındık sütlerinde ise yaklaşık 11 katlık bir Ca artışına neden olmuştur. Bununla birlikte, fındık formülasyonlarının grup içi Ca içerikleri arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir ($p>0.05$).
- Araştırma sonuçlarına göre, çiğ fındıktan elde edilen 200 mL (1 bardak) fındık sütü günlük Ca ihtiyacının yaklaşık 6.5%' (65mg) ini karşılamaktadır.

Sonuç olarak, Ca ile zenginleştirilmiş fındık sütü formülasyonlarından natürel ve kavrulmuş örneklerden yalnızca F1 formülasyonu endüstriyel üretime uygun bulunmuş, F2 ve F3 formülasyonlarından ürün stabilizasyonunun yetersiz olmasından dolayı başarılı sonuç elde edilememiştir.

KAYNAKLAR

- Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, C. M., & Ohshima, T. 2003. Turkish tumbled hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), 3790-3796.
- Altuğ, T. 2009. Gıda katkı maddeleri (3. Baskı). SİDAS Medya İzmir, 77-89
- Angelino, D., Rosi, A., Vici, G., Dello Russo, M., Pellegrini, N., Martini, D., & SINU Young Working Group. 2020. Nutritional quality of plant-based drinks sold in Italy: the Food Labelling of Italian Products (FLIP) study. *Foods*, 9(5), 682.
- Anil, S., Kurt, H., Akar, A., & Bulam Köse, C. 2016. Hazelnut culture in Turkey. XXX. International Horticultural Congress. *Chronica Horticulturae*, 56(4), 30-34.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists (Vol. 1, Issue Volume 1).
- AOAC. 1998. Protein (crude) in nuts and nut products.
- Armisen, R., & Gaiatas, F. 2009. Agar. In *Handbook of hydrocolloids* (pp. 82-107). Woodhead Publishing.p
- Assis, T. F., Rojas, E. E. G., Guimarães, G. C., Coelho, M. C., Ramos, A. V., Costa, B. S., & Coimbra, J. S. 2010. Kinematic viscosity and density of binary and ternary mixtures containing hydrocolloids, sodium chloride, and water. *International Journal of Thermophysics*, 31(3), 513-524.
- Barak, S., & Mudgil, D. 2014. Locust bean gum: Processing, properties and food applications—A review. *International journal of biological macromolecules*, 66, 74-80.
- Belviso, S., Dal Bello, B., Giacosa, S., Bertolino, M., Ghirardello, D., Giordano, M., ... & Zeppa, G. 2017. Chemical, mechanical and sensory monitoring of hot air-and infrared-roasted hazelnuts (*Corylus avellana* L.) during nine months of storage. *Food Chemistry*, 217, 398-408.
- Bengtsson, H., & Tornberg, E. V. A. 2011. Physicochemical characterization of fruit and vegetable fiber suspensions. I: Effect of homogenization. *Journal of Texture studies*, 42(4), 268-280.
- Benichou, A., Aserin, A., & Garti, N. 2002. Protein-polysaccharide interactions for stabilization of food emulsions. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 23(13), 93-123.
- Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. 2014a . Vegetable milks and their fermented derivative products. *International Journal of Food Studies*, 3(1).
- Bernat, N., Cháfer, M., Chiralt, A., & González-Martínez, C. 2014b. Hazelnut milk fermentation using probiotic *Lactobacillus rhamnosus* GG and inulin. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(12), 2553-2562.
- Bernat, N., Cháfer, M., Rodríguez-García, J., Chiralt, A., & González-Martínez, C. 2015. Effect of high pressure homogenisation and heat treatment on physical properties and

- stability of almond and hazelnut milks. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 488-496.
- Burdock, G. A., & Carabin, I. G. 2008. Breaking down the barriers to functional foods, nutraceuticals and claims. In *Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World* (pp. 81-108). Academic Press.
- Cemeroğlu, B. 2010. *Gıda Analizleri Genişletilmiş 2. Baskı*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. Ankara.
- 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*, 87, 84-92.
- Chen, S. (1989). Preparation of fluid soymilk. In: *Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs*, pp. 341–351. Applewhite, T. N., Ed., American Oil Chemists Society, Champaign, IL.
- Çakır, C. 2020. Aktif Karbon Ve Bentonit Uygulamasının Fındık Sütünün Aflatoksin Profili Ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Çakır, M. 2013. Farklı tuz (NaCl, KCl) ve karragenan (iota, kappa) çeşitlerinin tavuk göğüs etinin bazı emülsiyon özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Das, A., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. 2012. Cereal based functional food of Indian subcontinent: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(6), 665-672.
- Davey, G. K., Spencer, E. A., Appleby, P. N., Allen, N. E., Knox, K. H., & Key, T. J. 2003. EPIC–Oxford: lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33 883 meat eaters and 31 546 non meat-eaters in the UK. *Public Health Nutrition*, 6(3), 259–268.
- De Angelis, E., Bavaro, S. L., Monaci, L., & Pilolli, R. 2018. Effects of the Varietal Diversity and the Thermal Treatment on the Protein Profile of Peanuts and Hazelnuts. *Journal of Food Quality*, 2018.
- DEMİRCİ, M. (1981). Sütün mineral maddeleri ve insan beslenmesindeki önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1).
- Demirtaş, Ö. 2007. Keçiboynuzu (*Ceratonia Siliqua*) çekirdeklerinden gam üretim yollarının araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Dokuzlu C. 2004. *Gıda Analizleri. İçinde: Gıda Maddelerine Uygulanan Bazı Temel Kimyasal Analizler 2. Baskı* Marmara Kitapevi, Bursa, 17-18.
- Ermis, E., Güner, K. Ö., & Yilmaz, M. T. 2018b. Characterization of hazelnut milk powders: a comparison of spray-drying and freeze-drying. *International Journal of Food Engineering*, 14(11-12).
- Ermiş, E., Güneş, R., İnci, Z. E. N. T., Çağlar, M. Y., & YILMAZ, M. T. 2018a. Characterization of hazelnut milk fermented by *Lactobacillus Delbrueckii* Subsp. *Bulgaricus* and *Streptococcus Thermophilus*. *Gıda*, 43(4), 677-686.
- Ersöz, D. 2019. Fındık sütünden muhallebi üretimi ve bazı özelliklerinin araştırılması Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi

- Gentile, L. 2020. Protein–polysaccharide interactions and aggregates in food formulations. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 48, 18-27.
- Ghosh, A. K., & Bandyopadhyay, P. 2012. Polysaccharide-protein interactions and their relevance in food colloids. *The complex world of polysaccharides*, 14, 395-406..
- Gul, O., Atalar, I., Mortas, M., & Saricaoglu, F. T. 2018b. Application of TOPSIS methodology to determine optimum hazelnut cake concentration and high pressure homogenization condition for hazelnut milk production based on physicochemical, structural and sensory properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4), 2404-2415.
- Gul, O., Atalar, I., Saricaoglu, F. T., & Yazici, F. 2018a. Effect of multi-pass high pressure homogenization on physicochemical properties of hazelnut milk from hazelnut cake: An investigation by response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(5), e13615.
- Gul, O., Saricaoglu, F. T., & Atalar, I. 2021. Effect of high pressure homogenization on microstructure and rheological properties of hazelnut beverage cold-set gels induced glucono- δ -lactone. *LWT*, 143, 111154.
- Gul, O., Saricaoglu, F. T., Mortas, M., Atalar, I., & Yazici, F. 2017. Effect of high pressure homogenization (HPH) on microstructure and rheological properties of hazelnut milk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 411-420.
- Guzey, D., & McClements, D. J. 2006. Formation, stability and properties of multilayer emulsions for application in the food industry. *Advances in colloid and interface science*, 128, 227-248.
- Güner, K. 2017. Fındık hammaddesinden püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri ile fındık sütü tozu eldesi ve karakterizasyonu. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Gürsel, A. 2001. Süt esaslı ürünler. Ankara Üniversitesi Basımevi, 174-189.
- Güven, M., & Hayaloğlu, A. A. 2001. Hidrokolloidler ve süt teknolojisinde kullanımları. *Gıda Dergisi*, 7, 72-79.
- Haug, A., Høstmark, A. T., & Harstad, O. M. 2007. Bovine milk in human nutrition—a review. *Lipids in health and disease*, 6(1), 1-16.
- Jambrak, A. R., Lelas, V., Mason, T. J., Krešić, G., & Badanjak, M. (2009). Physical properties of ultrasound treated soy proteins. *Journal of Food Engineering*, 93(4), 386-393.
- Jeske, S., Zannini, E., & Arendt, E. K. 2017. Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(1), 26-33.
- Karlı, A.A. 2021 Kabak ve kavun çekirdeği bitkisel sütünün gastronomi alanında kullanımı. Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Gastronomi ve Mutfak Sanatları ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Keller, J. L., Lanou, A. J., & Barnard, N. D. 2002. The consumer cost of calcium from food and supplements. *Journal of the American Dietetic Association*, 102(11), 1669–1671.
- Kırca, L., Tuba, B. A. K., Kırca, S., & Karadeniz, T. 2018 Fındığın kullanım alanları ve insan sağlığına etkileri. *BAHÇE 47 (Özel Sayı 2: Uluslararası Tarım Kongresi: 292–299 (2018) ISSN 1300–8943 292*

- Köksal, A. İ. 2002. Türk Fındık Çeşitleri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 135 s. ISBN975-92886-0-5, Ankara.
- Köksal, A. İ. 2018. Türk fındık çeşitleri. İçinde: Fındığın insan beslenmesinde önemi.1. Baskı, Merdiven Reklam Tanıtım, Ankara,108-112
- Köksal, A. İ., Artık, N., Şimşek, A., & Güneş, N. 2006. Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, 99(3), 509-515.
- Köksal, A. İ., Artık, N., Şimşek, A., & Güneş, N. 2006. Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, 99(3), 509-515.
- Li, J. M., & Nie, S. P. 2016. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*, 53, 46-61.
- Liang, C., Hu, X., Ni, Y., Wu, J., Chen, F., & Liao, X. 2006. Effect of hydrocolloids on pulp sediment, white sediment, turbidity and viscosity of reconstituted carrot juice. *Food hydrocolloids*, 20(8), 1190-1197.
- Mağdry, E., & Fidler, E. 2010. Lactose intolerance—current state of knowledge. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 9(3).
- Maghsoudlou, Y., Alami, M., Mashkour, M., & Shahraki, M. H. 2016. Optimization of ultrasound-assisted stabilization and formulation of almond milk. *Journal of food processing and preservation*, 40(5), 828-839.
- Mahbubul, I. M., Chong, T. H., Khaleduzzaman, S. S., Shahrul, I. M., Saidur, R., Long, B. D., & Amalina, M. A. 2014. Effect of ultrasonication duration on colloidal structure and viscosity of alumina–water nanofluid. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53(16), 6677-6684.
- Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. 2016. Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(3), 339-349.
- Maleki, N., Khodaiyan, F., & Mousavi, S. M. 2015. Antioxidant activity of fermented Hazelnut milk. *Food Science and Biotechnology*, 24(1), 107-115.
- Matar, G. 2020. Gümüş nanaopartikül katkılı keçiboynuzu gamı içeren hidrojellerinin sentezi ve antibakteriyel etkinliği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kimya ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- McClements, D. J. 2020. Development of next-generation nutritionally fortified plant-based milk substitutes: Structural design principles. *Foods*, 9(4), 421.
- McClements, D. J., & Gumus, C. E. 2016. Natural emulsifiers—Biosurfactants, phospholipids, biopolymers, and colloidal particles: Molecular and physicochemical basis of functional performance. *Advances in Colloid and interface Science*, 234, 3-26.
- Nasrabadi, M. N., Doost, A. S., & Mezzenga, R. 2021. Modification approaches of plant-based proteins to improve their techno-functionality and use in food products. *Food Hydrocolloids*, 106789.
- Oliveira, J. T., Martins, L., Picciochi, R., Malafaya, P. B., Sousa, R. A., Neves, N. M., ... & Reis, R. L. 2010. Gellan gum: a new biomaterial for cartilage tissue engineering applications. *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal*

- of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials, 93(3), 852-863.
- Özata, A. 2021. Farklı Oranlarda Fındık Zarı İlaveli Sürülebilir Çikolatanın Kalite Özelliklerinin Araştırılması. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi.
- Öztürk, D., Yıldız, S., & Topsakal, E. 2017. Analysis of the Current State of Hazelnut Processing Plants in Ordu. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 5(12), 1651-1659.
- Patisaul, H. B., & Jefferson, W. 2010. The pros and cons of phytoestrogens. Frontiers in neuroendocrinology, 31(4), 400-419.
- Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., & Sharma, R. 2020. Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. Critical reviews in food science and nutrition, 60(18), 3005-3023.
- Phatare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. 2012. Colour measurement and analysis in fresh and processed food: A review. Food Bioprocess Technol, 6, 36-60.
- Prieto, N., Burbano, C., Iniesto, E., Rodríguez, J., Cabanillas, B., Crespo, J. F., ... & Cuadrado, C. 2014. A novel proteomic analysis of the modifications induced by high hydrostatic pressure on hazelnut water-soluble proteins. Foods, 3(2), 279-289.
- Razak, R. A., Karim, R., Sulaiman, R., & Hussain, N. 2018. Effects of different types and concentration of hydrocolloids on mango filling. International Food Research Journal, 25(3), 1109-1119.
- Ren, S., Liu, L., Li, Y., Qian, H., Tong, L., Wang, L., ... & Zhou, S. 2020. Effects of carboxymethylcellulose and soybean soluble polysaccharides on the stability of mung bean protein isolates in aqueous solution. LWT, 132, 109927.
- Reyes-Jurado, F., Soto-Reyes, N., Dávila-Rodríguez, M., Lorenzo-Leal, A. C., Jiménez-Munguía, M. T., Mani-López, E., & López-Malo, A. (2021). Plant-Based Milk Alternatives: Types, Processes, Benefits, and Characteristics. *Food Reviews International*, 1-32.
- Saklar, S., Ungan, S., & Katnas, S. 2003. Microstructural changes in hazelnuts during roasting. Food research international, 36(1), 19-23.
- Salve, A. R., Pegu, K., & Arya, S. S. 2019. Comparative assessment of high-intensity ultrasound and hydrodynamic cavitation processing on physico-chemical properties and microbial inactivation of peanut milk. Ultrasonics sonochemistry, 59, 104728.
- Saygın, M., Öngel, K., Çalışkan, S., Yağlı, M., Has, M., Gonca, T., & Yücel, K. U. R. T. 2011. Süleyman Demirel Üniversitesi öğrencilerinin beslenme alışkanlıkları. SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi, 18(2), 43-47.
- Sezgin, S.B. 2021. Çeşitli Bitkisel Sütlerin Mikrobiyal Ve Duyusal Özelliklerinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Sıray, E. 2010. Giresun ili merkez ilçede fındık yetiştiren işletmelerin ekonomik analizi, üretim ve pazarlama sorunlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi ABD, Yüksek Lisans Tezi

- Stone, A. K., & Nickerson, M. T. 2012. Formation and functionality of whey protein isolate-(kappa-, iota-, and lambda-type) carrageenan electrostatic complexes. *Food Hydrocolloids*, 27(2), 271-277.
- Sungur, B., & Ercan, R. 2004. Suda çözünebilir gamların gıda endüstrisinde kullanım olanakları. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 28-32.
- Sworn, G., & Stouby, L. 2021. Gellan gum. In *Handbook of hydrocolloids* (pp. 855-885). Woodhead Publishing.
- Şahin H. 2003 Bazı hidrokolloidlerin farklı formülasyonlara sahip ketçapların konsistensi ve serum ayrılması üzerine etkisi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi
- Taha, A., Ahmed, E., Ismaiel, A., Ashokkumar, M., Xu, X., Pan, S., & Hu, H. 2020. Ultrasonic emulsification: An overview on the preparation of different emulsifiers-stabilized emulsions. *Trends in Food Science & Technology*.
- Tan, C. P., & Nakajima, M. 2005. β -Carotene nanodispersions: preparation, characterization and stability evaluation. *Food chemistry*, 92(4), 661-671.
- Taş, N. G., & Gökmen, V. 2017. Maillard reaction and caramelization during hazelnut roasting: A multiresponse kinetic study. *Food chemistry*, 221, 1911-1922.
- Tatar, F., Tunç, M. T., & Kahyaoglu, T. 2015. Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.) protein concentrates: functional and rheological properties. *Journal of food science and technology*, 52(2), 1024-1031.
- Uzundumlu, A. S., Bilgiç, A., & Ertek, N. 2019. Türkiye'nin fındık üretiminde önde gelen illerin 2019-2025 yılları arasındaki fındık üretimlerinin ARIMA modeliyle tahmin edilmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(Özel Sayı), 115-126.
- Üçüncü, Y. 2009. Fındık ezmesine keten tohumu ve soya unu katılarak zenginleştirilmiş ürün eldesi (Master's thesis, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Vanga, S. K., & Raghavan, V. 2018. How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk?. *Journal of food science and technology*, 55(1), 10-20.
- Vleugels, L. F., Ricois, S., Voets, I. K., & Tuinier, R. 2018. Determination of the 'apparent pKa' of selected food hydrocolloids using ortho-toluidine blue. *Food hydrocolloids*, 81, 273-283.
- Wüstenberg, T. 2014. Cellulose and cellulose derivatives in the food industry: fundamentals and applications. John Wiley & Sons.
- www.akademik.adu.edu.tr Erişim tarihi 30.11.2021
- www.arastirma.tarimorman.gov.tr Erişim tarihi 22.11.2021
- www.fao.org Erişim tarihi: 22.11.2021
- www.kib.org.tr Erişim tarihi 05.12.2021
- www.sbu.saglik.gov.tr Erişim tarihi: 01.12.2021
- www.tmo.gov.tr Erişim Tarihi:16.06.2021
- Yang, X. H., & Zhu, W. L. (2007). Viscosity properties of sodium carboxymethylcellulose solutions. *Cellulose*, 14(5), 409-417.
- Yue, Y., Pang, S., Li, N., Tong, L., Wang, L., Fan, B., ... & Liu, L. 2021. Interactions between Pea Protein Isolate and Carboxymethylcellulose in Neutral and Acid Aqueous Systems. *Foods*, 10(7), 1560.

Zhou, H., Zheng, B., Zhang, Z., Zhang, R., He, L., & McClements, D. J. 2021. Fortification of Plant-Based Milk with Calcium May Reduce Vitamin D Bioaccessibility: An In Vitro Digestion Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(14), 4223-4233.

Zuidmeer-Jongejan, L., Fernández-Rivas, M., Winter, M. G., Akkerdaas, J. H., Summers, C., Lebens, A., ... & van Ree, R. 2014. Oil body-associated hazelnut allergens including oleosins are underrepresented in diagnostic extracts but associated with severe symptoms. *Clinical and translational allergy*, 4(1), 1-10.



ÖZGEÇMİŞ

Selma OKUR ilk, orta ve lise eğitimini Giresun'da tamamladı. 2006 yılında Giresun Anadolu İmam Hatip Lisesi'nden mezun oldu. 2009 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2018 yılında Giresun Üniversitesi Biyosüreç Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.